



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

JOÃO VITOR BARBOSA GALVÃO

**CORRELAÇÃO ENTRE SINISTROS DE TRÂNSITO E PARÂMETROS
GEOMÉTRICOS DE RODOVIAS. ESTUDO DE CASO: RODOVIA BR-156 –
TRONCO NORTE**

MACAPÁ - AP
2024

JOÃO VITOR BARBOSA GALVÃO

**CORRELAÇÃO ENTRE SINISTROS DE TRÂNSITO E PARÂMETROS
GEOMÉTRICOS DE RODOVIAS. ESTUDO DE CASO: RODOVIA BR-156 –
TRONCO NORTE**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Amapá, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador (a): Prof. Me Adenilson Costa de Oliveira

MACAPÁ - AP

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

G182c Galvão, João Vitor Barbosa.

Correlação entre sinistros de trânsito e parâmetros geométricos de rodovias. Estudo de caso: Rodovia BR-156 - tronco Norte / João Vitor Barbosa Galvão. - Macapá, 2024.
1 recurso eletrônico. 121 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Civil. Macapá, 2024.

Orientador: Adenilson Costa de Oliveira.

Coorientador: .

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Alinhamento. 2. Acidentes. 3. Rodovia. I. Oliveira, Adenilson Costa de, orientador. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 625.7

GALVÃO, João Vitor Barbosa. Correlação entre sinistros de trânsito e parâmetros geométricos de rodovias. Estudo de caso: Rodovia BR-156 - tronco Norte. Orientador: Adenilson Costa de Oliveira. 2024. 121 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Civil. Universidade Federal do Amapá. Macapá, 2024.

JOÃO VITOR BARBOSA GALVÃO

**CORRELAÇÃO ENTRE SINISTROS DE TRÂNSITO E PARÂMETROS
GEOMÉTRICOS DE RODOVIAS. ESTUDO DE CASO: RODOVIA BR-156 –
TRONCO NORTE**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Amapá, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador (a): Prof. Me Adenilson Costa de Oliveira

Data de aprovação:

Banca examinadora

Prof. Me. Adenilson de Oliveira
Orientador – UNIFAP

Prof. Dr. Jamil José Salim Neto
Examinador interno - UNIFAP

Prof. Ma. Cristina Maria Baddini Lucas
Examinadora interna – UNIFAP

Jobenson Silva Ferreira
Examinador externo - PRF

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, um agradecimento a todos os amigos e companheiros dessa longa jornada. Muito foi aprendido e conquistado, coisas essenciais para o desenvolvimento da pessoa que me tornei.

Agradeço aos profissionais que nos auxiliaram ao longo desses anos, em especial o Prof. Adenilson Oliveira pelo seu grande trabalho como Engenheiro, professor e orientador.

RESUMO

Os acidentes de trânsito representam um dos maiores desafios para a saúde pública e a segurança viária global. As chamadas "curvas da morte", termo popularmente utilizado para descrever curvas horizontais com alta incidência de acidentes fatais, são um reflexo desse problema, muitas vezes decorrente de projetos de engenharia mal planejados ou executados. Essas falhas resultam em consequências severas tanto para a saúde das pessoas envolvidas quanto para a sociedade em geral. Um exemplo dessa realidade é a BR-156, uma das principais vias de acesso para a maioria dos municípios do estado do Amapá, cuja infraestrutura está incompleta, com trechos pavimentados e outros ainda em condições precárias. Diante desse cenário, esta pesquisa visa investigar a correlação entre os parâmetros geométricos do alinhamento rodoviário e os sinistros de trânsito, com foco no tronco norte da BR-156. O estudo foi realizado através de uma análise aprofundada do alinhamento planimétrico da rodovia no software Autodesk Civil 3D, com a modelagem do alinhamento dos segmentos mais críticos, visando identificar os elementos da pista que não atendem às normas. Além disso, foram analisados os relatórios de acidentes da PRF (Polícia Rodoviária Federal) para correlacionar os sinistros registrados com possíveis falhas geométricas da pista, destacando o impacto do alinhamento viário na segurança rodoviária. Tal análise foi essencial para a identificação de Tartarugalzinho como o município com a maior taxa de gravidade de acidentes, inclusive, detectando os pontos onde o alinhamento horizontal é diretamente responsável pela ocorrência dos sinistros.

Palavras-chave: Alinhamento; Acidentes; Rodovia; PRF; Civil 3D

ABSTRACT

Traffic accidents represent one of the greatest challenges to public health and road safety globally. The so-called "curvas da morte" (death curves), a term popularly used to describe horizontal curves with a high incidence of fatal accidents, reflect this issue, often resulting from poorly planned or executed engineering projects. These failures lead to severe consequences for both the health of those involved and society. An example of this reality is BR-156, one of the main access roads for most municipalities in the state of Amapá, whose infrastructure is incomplete, with some paved sections and others still in poor condition. In this context, this research aims to investigate the correlation between the geometric parameters of road alignment and traffic accidents, focusing on the northern trunk of BR-156. The study was carried out through an in-depth analysis of the planimetric alignment of the highway using Autodesk Civil 3D software, modeling the alignment of the most critical segments to identify road elements that do not comply with norms. In addition, accident reports from the PRF ("Polícia Rodoviária Federal") were analyzed to correlate the recorded incidents with possible geometric failures of the roadway, highlighting the impact of road alignment on traffic safety. This analysis was crucial for identifying Tartarugalzinho as the municipality with the highest severity rate of accidents, even detecting the points where horizontal alignment is directly responsible for the occurrence of these incidents.

Key-words: Alignment; Accident; Roadway; PRF; Civil 3D

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fatores contribuintes para acidentes no trânsito	20
Figura 2: Elementos geométricos e parâmetros da curva circular simples	34
Figura 3: Perspectiva das curvas horizontais	37
Figura 4: Clotóide e seus parâmetros	38
Figura 5: Curva horizontal com transição	40
Figura 6: Extensão da BR-156 (em verde, BR-210 em vermelho).....	43
Figura 7: Tronco Norte BR-156	44
Figura 8: Via sem pavimento no trecho sul e com enormes crateras	45
Figura 9: Ônibus atolado na estrada para o Oiapoque	45
Figura 10: Veículo tombado na pista	46
Figura 11: Dados abertos da PRF	47
Figura 12: <i>Drawing settings</i> - Civil 3D	48
Figura 13: Fluxograma de configuração de georreferenciamento do modelo	48
Figura 14: HUD do Civil 3D com a opção <i>Geolocation</i> ativada em azul	49
Figura 15: Banco de dados Geodésicos.....	50
Figura 16: Valor fornecido X valor com as casas decimais corrigidas	51
Figura 17: Site do ProGrid.....	51
Figura 18: Import Points	52
Figura 19: Fluxograma de inserção de coordenadas no Civil 3D	52
Figura 20: Fluxograma para configurar o arquivo das coordenadas.....	52
Figura 21: Point File Format.....	53
Figura 22: Fluxograma para criação do Alignment do Civil 3D	54
Figura 23: Create Alignment - General	54
Figura 24: Create Alignment - Design Criteria	55
Figura 25: Alignment Layout Tools	55
Figura 26: Fluxograma para criação da tabela	56
Figura 27: Tangente subdivida em várias pequenas tangentes	58
Figura 28: Mapa ativado no Civil 3D	66
Figura 29: Eixo das tangentes desenhados no Civil 3D	66
Figura 30: Alinhamento da BR-156 desenhada no Civil 3D.....	67
Figura 31: Marco quilométrico final de Tartarugalzinho	68
Figura 32: Marco quilométrico da divisa entre Ferreira Gomes e Tartarugalzinho	68
Figura 33: Alinhamento entre os quilômetros 436 e 446.....	72

Figura 34: Alinhamento entre os quilômetros 456 e 466.....	73
Figura 35: Guard Rail da Curva C43 destruído por impacto (julho de 2012)	74
Figura 36: Guard Rail da Curva C43 destruído por impacto (outubro de 2022).....	74
Figura 37: Alinhamento entre os quilômetros 466 e 476.....	75
Figura 38: Acidente em 2023 no KM 462 com causa presumível a "curva acentuada"	81
Figura 39: Acidente em 2023 no KM 453 com causa presumível o excesso de velocidade.....	82
Figura 40:Acidente em 2023 no KM 410 com causa presumível o acúmulo de água no pavimento	83
Figura 41: Acidente em 2023 no KM 457 com causa presumível a pista escorregadia	84

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Taxa de mortalidade por STTs – Brasil (1996 – 2020).....	18
Gráfico 2: Total de óbitos em rodovias federais, total de óbitos em sinistros, população, PIB e veículos licenciados (2000 - 2020)	19
Gráfico 3: Ocorrências e gastos do SUS com internações das vítimas de STTs - Brasil (2010-2019)	20
Gráfico 4: Taxa de acidentes por distância viajada	21
Gráfico 5: Gravidade total dos acidentes.....	60
Gráfico 6: Gravidade dos acidentes na BR-156 em 2023.....	61
Gráfico 7: Gravidade dos acidentes na BR-156 em 2022.....	61
Gráfico 8: Gravidade dos acidentes na BR-156 em 2021.....	62
Gráfico 9: Gravidade dos acidentes na BR-156 em 2020.....	62
Gráfico 10: Gravidade dos acidentes na BR-156 em 2019.....	63
Gráfico 11: Gravidade dos acidentes na BR-156 em 2018	63
Gráfico 12: Gravidade dos acidentes na BR-156 em 2017.....	64
Gráfico 13: Gravidade dos acidentes na BR-156 em 2016.....	64
Gráfico 14: Causas dos acidentes registrados em Tartarugalzinho (2016-2023)	82
Gráfico 15: Gravidade dos acidentes no Amapá ao longo dos anos.....	90
Gráfico 16: Gravidade dos acidentes em Calçoene ao longo dos anos.....	90
Gráfico 17: Gravidade dos acidentes em Ferreira Gomes ao longo dos anos	91
Gráfico 18: Gravidade dos acidentes em Porto Grande ao longo dos anos	91
Gráfico 19: Gravidade dos acidentes em Pracuúba ao longo dos anos	92
Gráfico 20: Gravidade dos acidentes em Tartarugalzinho ao longo dos anos	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Custo de acidentes nas rodovias federais (2014)	19
Tabela 2: Tipos de acidentes segundo a NBR 10697 (2020)	24
Tabela 3: Relação entre as classes funcionais e as classes de projeto	30
Tabela 4: Classes técnicas de rodovia e suas velocidades de projeto.....	31
Tabela 5: Raios mínimos (em metros) em função das taxas máximas de superelevação	33
Tabela 6: Valores máximos admissíveis de coeficientes de atrito transversal.....	33
Tabela 7: Alignment entities.....	57
Tabela 8: Parâmetros adotados para a BR-156 no Civil 3D	65
Tabela 9: Atuais quilometragens da BR-156 sobre o município de Tartarugalzinho ..	67
Tabela 10: Quilometragens adotadas pela PRF-AP	67
Tabela 11: As curvas fora de norma em Tartarugalzinho e suas velocidades limites	69
Tabela 12: Resumo dos resultados sobre o alinhamento	70
Tabela 13: Resumo sobre os trechos analisados	76
Tabela 14: Cálculo de gravidade sobre cada trecho em Tartarugalzinho	77
Tabela 15: Acidentes no trecho mais crítico de Tartarugalzinho	79
Tabela 16: Acidentes entre os quilômetros 456 e 466	79
Tabela 17: Acidentes entre os quilômetros 466 e 476	80
Tabela 18: Cálculo da gravidade dos acidentes em 2023.....	93
Tabela 19: Cálculo da gravidade dos acidentes em 2022.....	94
Tabela 20: Cálculo da gravidade dos acidentes em 2021.....	96
Tabela 21: Cálculo da gravidade dos acidentes em 2020.....	98
Tabela 22: Cálculo da gravidade dos acidentes em 2019.....	99
Tabela 23: Cálculo da gravidade dos acidentes em 2018.....	100
Tabela 24: Cálculo de gravidade dos acidentes em 2017.....	101
Tabela 25: Cálculo de gravidade dos acidentes em 2016.....	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDG – BANCO DE DADOS GEODÉSICOS

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE

CSV – CONCURRENT VERSION SYSTEM

CTB – CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM

NBR – NORMA BRASILEIRA REGULAMENTADORA

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE

PRF – POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL

SUS – SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE

SNV – SISTEMA NACIONAL DE TRÂNSITO

UTM – UNIVERSAL TRANSVERSO DE MERCATOR

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Objetivos	15
1.1.1. Objetivo geral	15
1.1.2. Objetivos específicos	15
1.2. Justificativa	16
1.3. Problema	16
1.4. Hipótese	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. O transporte e os acidentes de trânsito no brasil	17
2.2. Fatores geradores de acidentes	20
2.2.1. O fator humano.....	21
2.2.2. O fator veicular	22
2.2.3. O fator institucional/social	22
2.2.4. O fator socioeconômico	23
2.2.5. O fator meio ambiente	24
2.2.6. O fator viário	24
2.3. Classificação dos acidentes	24
2.3.1. Classificação quanto ao tipo do acidente.....	24
2.3.2. Classificação quanto ao estado físico das vítimas	25
2.4. Coleta de dados dos acidentes rodoviários	26
2.5. Projeto de rodovias	27
2.5.1. Classificação técnica	27
2.5.2. Elementos do projeto geométrico	30
3. METODOLOGIA	43
3.1. Identificação do trecho crítico	43
3.2. Modelagem do alinhamento	48

3.3.	Análise dos parâmetros da pista.....	56
3.4.	Correlação entre parâmetros geométricos e acidentes.....	59
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	60
4.1.	Identificação do trecho crítico.....	60
4.2.	Alinhamento da br-156 em Tartarugalzinho.....	65
4.3.	Localização imprecisa dos acidentes nos relatórios.....	70
4.4.	Correlação entre os acidentes e as falhas no alinhamento.....	71
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
	REFERÊNCIAS	87
	ANEXO I – GRÁFICOS DE GRAVIDADE ANUAIS POR MUNICÍPIO	90
	ANEXO II – TABELAS DE CÁLCULO DE GRAVIDADE DOS ACIDENTES	93
	ANEXO III – TABELA DE PARÂMETROS DE ALINHAMENTO.....	104
	ANEXO IV – ACIDENTES EM TARTARUGALZINHO	116
	ANEXO V – MAPA DE GRAVIDADE DOS ACIDENTES NA BR-156.....	121

1. INTRODUÇÃO

Os acidentes de trânsito constituem um dos mais graves problemas de saúde pública e segurança viária em todo o mundo. Com base nisso, em março de 2010, a Assembleia-Geral das Nações Unidas editou a “primeira década de ação pela segurança no trânsito”, objetivando a conscientização dos países para adoção de medidas incisivas na redução da mortalidade no trânsito, que em 2009 havia atingido a marca dos 1,3 milhões de mortes (ONU, 2010; ONU, 2011). Sua meta em âmbito global era de redução em 50% das mortes no trânsito.

A multiplicidade de fatores que contribuem para os acidentes de trânsito — como falhas humanas, deficiências na infraestrutura viária, condições adversas de tempo, e veículos inadequadamente mantidos — torna o problema complexo e de difícil solução, o que impossibilitou atingir a meta, registrando em 2021, segundo *Global Status Report on Road Safety (2023)*, da Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 1,19 milhões de óbitos no trânsito.

No Brasil, essa realidade é alarmante, com o país figurando na terceira posição entre os que apresentam as maiores taxas de mortalidade no trânsito, conforme *Global Status Report on Road Safety (2023)*. Nesse contexto, o Brasil registrou cerca de 392 mil mortes em acidentes de trânsito no período entre os anos de 2010 e 2019, acarretando, só em 2014, um gasto de R\$ 12,8 bilhões com esses sinistros. (CARVALHO; GUEDES, 2023; IPEA, 2015).

Sendo um dos contribuintes desses números, o Amapá, uma das unidades mais recentes da Federação, abriga em seu território a BR-156, uma rodovia federal que, mesmo após 92 anos de existência, ainda não teve suas obras concluídas. Seu traçado apresenta diversos trechos não pavimentados em péssimo estado, especialmente durante o período chuvoso, e pontos críticos, como as “curvas da morte” (termo popular referente as curvas com grade frequência de acidentes fatais), nos quais representam um risco a integridade física dos condutores da via.

Baseado nisso, este trabalho acadêmico propõe-se a investigar a correlação entre os acidentes de trânsito e o traçado nos trechos pavimentados da BR-156, um dos principais fatores para a ocorrência de acidentes, mapeando os segmentos críticos. Tudo isso será possível através do Software Civil 3D, ferramenta parametrizada de análise de elementos rodoviários.

Toda a análise e seus princípios estarão distribuídos ao longo de 5 capítulos, começando com a Introdução que estabelece o escopo, os objetivos da pesquisa e oferece uma visão geral do estudo. No capítulo de Revisão Bibliográfica, é fornecida uma base teórica abrangente, abordando conceitos essenciais sobre sinistros de trânsito e parâmetros geométricos de rodovias, que fundamentam as discussões posteriores.

O terceiro capítulo, Metodologia, detalha os procedimentos adotados no Civil 3D para obtenção do traçado da pista e como foram aplicados os dados da PRF para alcançar os objetivos propostos, acompanhado, em seguida, pelo capítulo Resultados e Discussões, onde são apresentados os principais achados da pesquisa. Por fim, as Considerações Finais sintetizam os resultados obtidos, destacando se os objetivos foram atendidos, além de propor direções para futuras pesquisas.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

Identificar possíveis discrepâncias geométricas em relação as normativas vigentes do tronco norte da BR-156 através do cruzamento de informações com banco de dados de acidentes da PRF.

1.1.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Identificação do trecho com maior incidência de acidentes baseado no banco de dados da PRF entre os anos de 2016 e 2023;
- Realizar a modelagem do alinhamento horizontal do trecho mais crítico da BR 156 no Software Autodesk Civil 3D;
- Investigar os parâmetros que estão em desacordo com as normativas do DNIT nos elementos (curvas e tangentes) da pista em estudo;
- Analisar as relações causais entre atributos geométricos com a ocorrência dos acidentes rodoviários na BR 156.

1.2. Justificativa

Anualmente centenas de acidentes ocorrem nas rodovias federais brasileiras, representando gastos exorbitantes ao estado brasileiro com a recuperação de motoristas acidentados, além das perdas materiais e humanas em todo esse processo. Segundo o *Global Status Report on Road Safety (2023)*, o Brasil está em terceiro lugar no mundo como o país com mais mortes no trânsito, estando atrás apenas da Índia (1º) e China (2º), países com as respectivas maiores populações no mundo, cuja infraestrutura viária não suporta tamanho contingente.

Dentro desse contexto, existe a BR-156 que é o principal meio de acesso da capital Macapá aos demais municípios e é palco de diversos acidentes ao longo de seu traçado. Nunca tendo sua obra finalizada, a BR-156 apresenta diversos problemas, como patologias e trechos não asfaltados, e, mesmo naqueles trechos pavimentados, os acidentes ainda são frequentes e fatais. Desse modo, outro parâmetro que pode ser averiguado, no que tange a qualidade da pista, é o seu traçado, no qual deve atender a parâmetros pré-estabelecidos em estudos e normativas, e tal análise de verificação da geometria da pista pode ser desenvolvida dentro do software Civil 3D

1.3. Problema

Existe alguma correlação direta entre os acidentes na BR 156 e a sua geometria?

1.4. Hipótese

Parte-se da hipótese de que, mesmo em trechos asfaltados e sinalizados os acidentes ainda ocorrem, então, o traçado da pista é responsável direto, principalmente nas curvas horizontais, por vários acidentes ocorridos na BR 156.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse capítulo, será abordado a questão dos acidentes rodoviários, destacando o parâmetro geral dessa problemática no Brasil, quais as causas, suas classificações, como são levantados seus dados e quais os componentes rodoviários analisados em projetos geométricos e como eles se relacionam com esses acidentes.

2.1. O transporte e os acidentes de trânsito no Brasil

O deslocamento de pessoas, produtos e informações é uma prática realizada pela sociedade humana desde o seu primórdio. A importância do transporte para o desenvolvimento humano e social é indiscutível, tendo em vista que ele permite a interligação de diferentes atividades e pessoas, garantindo um papel importante na produção, distribuição espacial, consumo e distribuição de riquezas (KAWAMOTO, 2015).

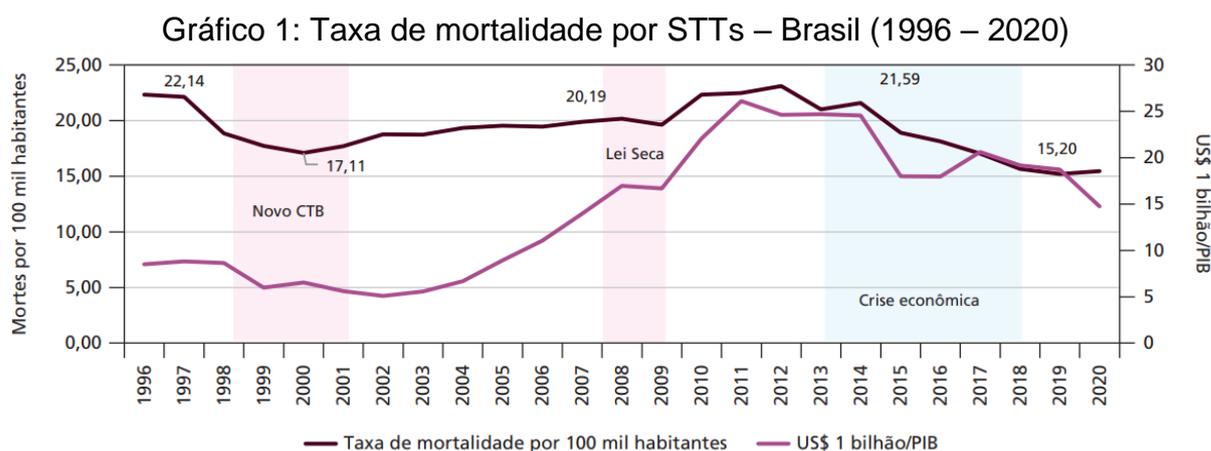
O sistema de transporte de uma sociedade se organiza de maneira diferente das demais, pois elas são moldadas conforme as características políticas e sociais locais (ROCHA, 2009). No entanto, quando planejado ou executado de maneira errônea, diversas problemáticas surgem, como os congestionamentos, a deterioração da paisagem urbana e os acidentes de trânsito (TEXEIRA, 2012).

Sobre este último ponto, a NBR 10697 (2020, p.1) conceitua acidentes ou sinistros de trânsito, nomenclatura técnica utilizada, como:

Todo evento que resulte dano ao veículo ou à sua carga e/ou lesões a pessoas e/ou animais, e que possa trazer dano material ou prejuízos ao trânsito, à via ou ao meio ambiente, em que pelo menos uma das partes está em movimento nas vias terrestres ou em áreas abertas ao público.

Atualmente, o Brasil vive uma situação grave no que tange a segurança no trânsito. Segundo o Carvalho e Guedes (2023), entre os anos de 2010 e 2019, ocorreram por volta de 392 mil mortes no trânsito, número que representa um aumento de 13,5% em relação a década anterior (2000-2009). O Gráfico 1 apresenta um histórico de mortes em sinistros de transporte terrestre (STTs) ao longo dos anos.

Carvalho e Guedes (2023) informam em seu estudo que a variação desses números muito estivera relacionada com alguns eventos (Gráfico 1). O mais recente, iniciado em 2014, refere-se a crise econômica, no qual impactou diretamente nessa taxa de óbitos, pois quanto menos a economia se desenvolve, menor o trânsito de mercadorias e pessoas. Enquanto isso, os dois primeiros eventos estão relacionados a mudanças nas leis de trânsito que, conseqüentemente, geraram uma redução nessa taxa.

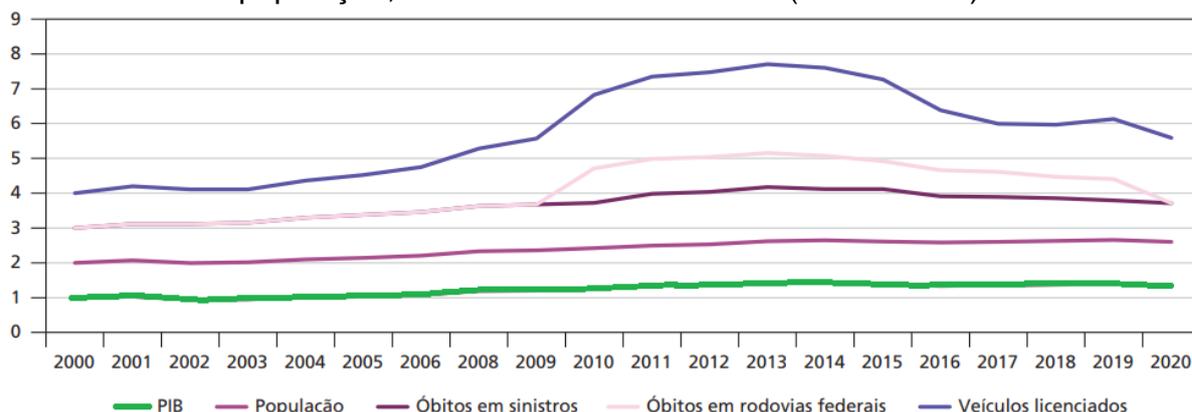


Fonte: Carvalho e Guedes (2023, p. 6)

Ademais, o estudo destaca um fenômeno interessante a respeito desses dois eventos: “há em um primeiro momento uma grande resposta em termos de redução de ocorrências de mortes, mas em seguida há um processo de relaxamento natural por parte da população e instituições”. Isso conseqüentemente anula o efeito positivo inicial da aplicação dessas leis (CARVALHO; GUEDES, 2023).

Em relação ao foco deste trabalho, as rodovias federais, houve um decréscimo de 40% no número de óbitos ao longo da década de 2010, conforme pode ser visto no Gráfico 2. Esse comportamento segue, de forma semelhante, ao apresentado anteriormente, uma redução na taxa de mortes no trânsito em virtude da crise econômica de 2014. (CARVALHO; GUEDES, 2023)

Gráfico 2: Total de óbitos em rodovias federais, total de óbitos em sinistros, população, PIB e veículos licenciados (2000 - 2020)



Fonte: Carvalho e Guedes (2023, p. 20) – Adaptado

Tudo isso, representa um gasto para o estado brasileiro. Tais custos são associados tanto a vítima, em virtude dos gastos com saúde e a perda de produção (lesões ou morte), quanto ao veículo (manutenções e perda material). Nesse contexto, só no ano de 2014, o Brasil necessitou desembolsar cerca de R\$ 12,8 bilhões devido aos acidentes ocorridos nas rodovias federais (IPEA, 2015). A Tabela 1 delinea os custos dos acidentes em rodovias.

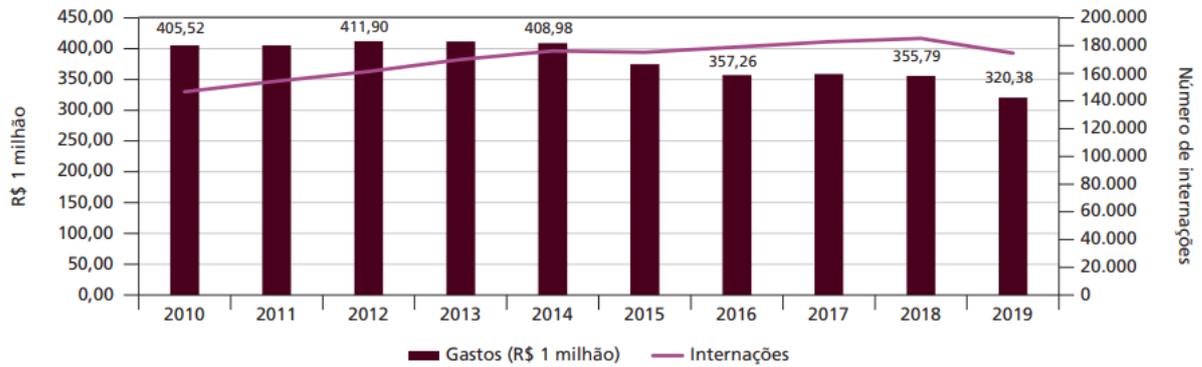
Tabela 1: Custo de acidentes nas rodovias federais (2014)

Custos	Descrição	Valor (R\$)	(%)
Associado às pessoas	Despesas hospitalares; atendimento; tratamento de lesões; remoção de vítimas; e perda de produção	7.950.904.442	62,0
Associado aos veículos	Remoção de veículos; danos aos veículos; e perda de carga	4.800.442.760	37,4
Institucionais e danos à propriedade	Atendimento; e processos e danos à propriedade pública e privada	69.995.293	0,5
Total		12.821.342.495	100,0

Fonte: IPEA (2015, p.11)

Quanto ao SUS, de 2010 a 2014, a instituição necessitou desembolsar por ano uma média de R\$ 400 milhões para atender as vítimas de STTs. No entanto, a partir de 2015, como mostrado no Gráfico 3, essa média reduziu, seguindo o padrão apresentado anteriormente quanto a crise econômica de 2014. (CARVALHO; GUEDES, 2023)

Gráfico 3: Ocorrências e gastos do SUS com internações das vítimas de STTs - Brasil (2010-2019)

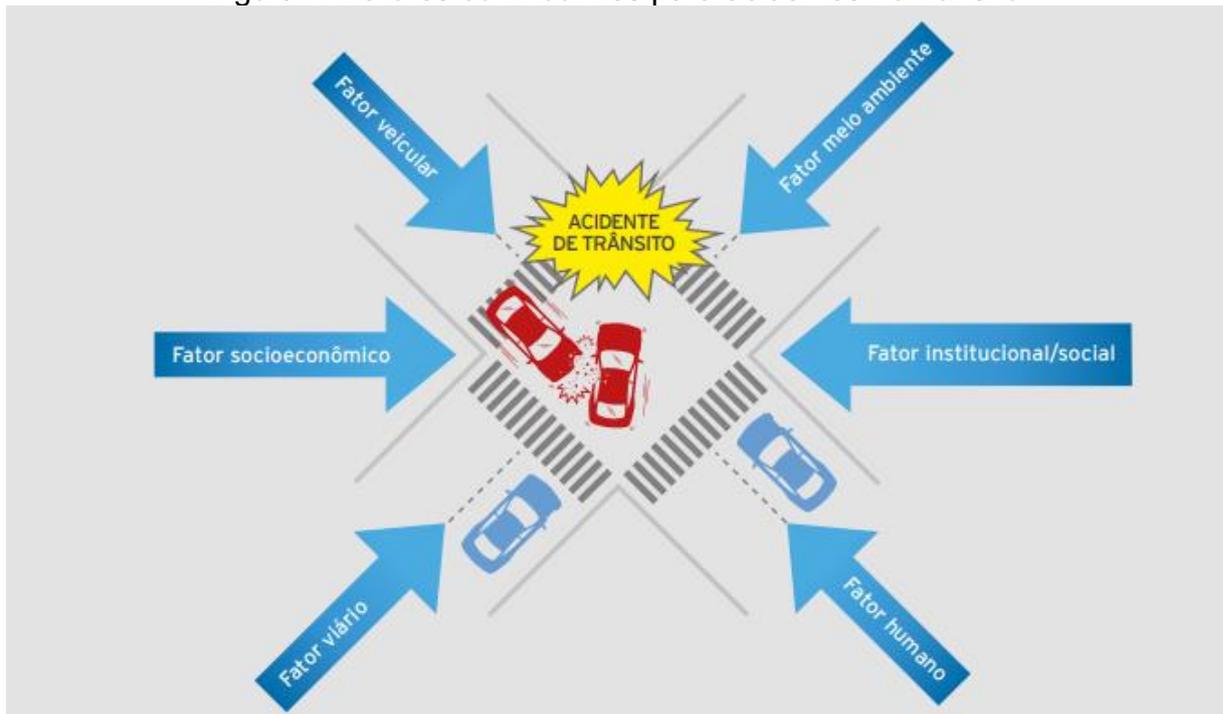


Fonte: Carvalho e Guedes (2023, p. 10)

2.2. Fatores geradores de acidentes

Toda a problemática apresentada é resultado de uma complexa combinação de fatores. Nesse contexto, a CNT (Confederação Nacional de transporte) (2018) destaca a necessidade de se determinar as causas dos acidentes, visando a adoção de políticas pertinentes de prevenção, e lista tais fatores, expressos na Figura 1.

Figura 1: Fatores contribuintes para acidentes no trânsito



Fonte: CNT (2018, p. 23)

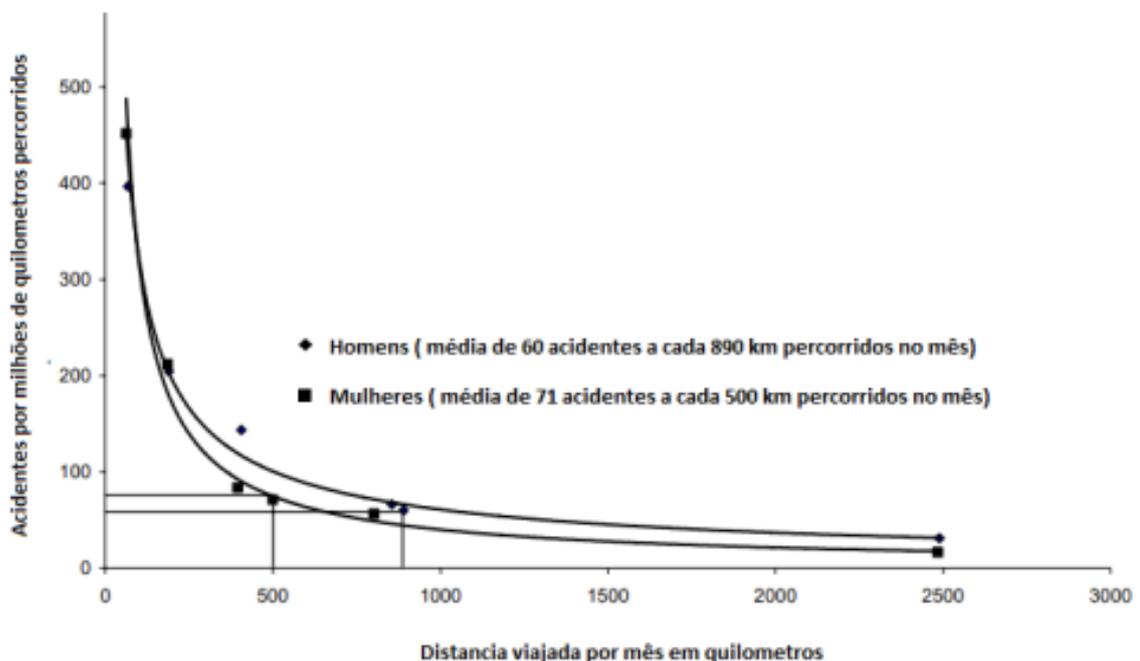
2.2.1. O fator humano

Segundo a CNT (2018, p.24), “O fator humano está associado ao comportamento do indivíduo no trânsito, seja ele enquanto condutor, seja como pedestre”. Esse fato pode ser subdividido em dois grupos: os fatores objetivos ou intencionais, como o consumo de bebidas alcoólicas, desrespeito às leis de trânsito e uso de telefone, e os subjetivos, sendo eles, por exemplo, a imperícia, inabilitação e inexperiência do condutor. (CNT, 2018)

Elvik (2006) complementa esse assunto, afirmando sobre a existência de fatores internos e externos que limitam a capacidade racional humana de controlar situações perigosas, o que acarretaria acidentes de trânsito. Para isso, ele elaborou 4 leis, testadas empiricamente, na qual interrelacionam condicionantes humanas a riscos de acidentes e seu acontecimento.

The Universal Law of learning¹, consiste na primeira lei proposta por Elvik e relaciona a capacidade do condutor em evitar acidentes com a sua experiência em dirigir, adquirida à medida que o indivíduo percorre longas distâncias. O estudo realizado pelo autor (Gráfico 4), a partir dos dados de acidentes da Noruega em 1998, fundamenta essa tese.

Gráfico 4: Taxa de acidentes por distância viajada



Fonte: Silvestre (2019, p. 29) – adaptado de Elvik (2006)

¹ Tradução: A lei universal do aprendizado

Law of the unpredictable² é a segunda lei na qual determina que os acidentes de trânsito são eventos inesperados, ou seja, algo fora da expectativa do motorista, que pode ou não estar preparado para tomar a ação necessária. Essa lei complementa a primeira, pois motoristas mais experientes vivenciaram diversas situações adversas, estando assim, mais propícios a realizar o correto procedimento durante um evento de risco se comparado a um condutor novato.

The law of complexity³ demonstra que quanto mais sujeito a informações, ou seja, eventos e ações com maior grau de complexidade e risco, maior a possibilidade de falha por parte do condutor. A exemplo, temos a situação do motorista que realiza diversas ultrapassagens em pistas de mão dupla, onde o indivíduo torna-se passível a erros graves ao longo de sua viagem.

The law of cognitive capacity⁴ expõe que quanto pior o estado mental do motorista, maior o risco de acidentes. Nesse sentido, o condutor que apresenta doenças como epilepsia, no qual pode perder a consciência, ou mesmo esteja distraído durante o evento crítico, menor suas capacidades em tomar a decisão correta.

2.2.2. O fator veicular

O fator veicular está relacionado com a condição do veículo, isto é, à problemas no seu desempenho, como o mal estado de conservação dos pneus, faróis queimados e freios desgastados (CNT, 2018). Como pôde ser visto, esse fator está atrelado também ao fator humano, tendo em vista que tudo isso poderia ser evitado com a manutenção periódica do veículo, uma questão de disciplina que poucos possuem.

2.2.3. O fator institucional/social

Mesmo não estando listado como causa nas análises de acidentes de trânsito, não deve ser descartado o impacto que a fiscalização e regulamentação das vias tem sobre esses eventos. O Brasil possui seu próprio código de trânsito, a Lei nº 9.503 de 23 de setembro de 1997, na qual estabelece diretrizes sobre o trânsito brasileiro. Apesar de estabelecer condições a favor da segurança do usuário, ainda são

² Tradução: A lei do imprevisível

³ Tradução: A lei da complexidade

⁴ Tradução: A lei da capacidade cognitiva

possíveis falhas, como a sinalização expondo informações contraditórias, inserindo dúvida ao condutor, tornando-o passível a acidentes. (CNT, 2018; GOLD, 1998)

Dentro desse contexto, há também de se destacar, a falha institucional no treinamento de novos motoristas no que tange a direção defensiva (CNT, 2018; GOLD, 1998). Isso, somado com a possibilidade de o indivíduo absorver uma conduta de não alinhamento com as normas de trânsito, antes mesmo de aprender os corretos procedimentos, além de mais complexa a correção desse comportamento, pior será a qualidade dos motoristas nas vias brasileiras. (MARSICK; WATKINS, 2001)

Outra questão de muita relevância é a impunidade. Isso está relacionado com processo de fiscalização dos motoristas infratores ser realizado de forma ineficiente, onde é evidente a ausência de fiscalização em diversos pontos das vias brasileiras. (CNT, 2018; GOLD, 1998)

Além de uma fiscalização ineficiente, tem que ser destacado a existência de leis pouco influentes sobre a conduta do motorista. Como foi dito anteriormente, há um relaxamento por parte da população e das instituições em relação às limitações que novas leis impõem, além disso as punições muito se baseiam em valor monetário fixo, onde indivíduos com poder aquisitivo mais alto são impactados de maneira mais branda, quando se comparado àqueles de baixo poder aquisitivo, podendo gerar uma mentalidade de indiferença quanto a essas penalidades, reduzindo a eficácia das normas. (CARVALHO; GUEDES, 2023; SCHIERENBECK, 2018)

2.2.4. O fator socioeconômico

Esse fator está relacionado em como as condições econômicas do país influenciam no trânsito em geral, impactando diretamente sobre a frota de veículos e no crescimento das cidades, ou seja, o aumento da infraestrutura viária (CNT, 2018). Essa condicionante reflete a realidade de tal modo que o já mencionado estudo do Carvalho e Guedes (2023) destaca a influência da crise econômica iniciada em 2014 sobre a taxa de óbitos em STT'S no Brasil, onde houve uma queda significativa no número de vítimas fatais (Gráficos 1 e 2).

2.2.5. O fator meio ambiente

Quanto aos fatores ambientais são aqueles, cuja presença impactam sobre a visibilidade do condutor, dessa forma, neblina e chuvas torrenciais aumentam o risco de acidentes (CNT, 2018).

2.2.6. O fator viário

Segundo a CNT (2018, p. 27), temos que:

O fator viário considera as características da infraestrutura rodoviária existente no local do acidente e que podem ter levado à sua ocorrência. A insegurança causada pelas condições precárias da infraestrutura pode estar associada a problemas de geometria da via (falhas no projeto ou falha na adequação da capacidade), sinalização (inexistência ou informação incorreta devido a problemas de implantação e de manutenção) e ao estado do pavimento.

Gold (1998) destaca que normalmente a atuação da Engenharia de tráfego restringe-se a intervenções no sistema viário. Nesse sentido, o profissional da área deverá estudar as informações sobre os acidentes, identificar pontos críticos e estabelecer as ações corretas.

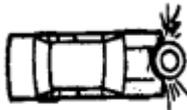
2.3. Classificação dos acidentes

Por se tratar de eventos complexos com uma multiplicidade de fatores, muitas classificações podem ser atribuídas a cada acidente de trânsito. Dessa forma, a NBR 10697 (2020) apresenta as principais classificações adotadas pelos principais órgãos fiscalizadores:

2.3.1. Classificação quanto ao tipo do acidente

Tabela 2: Tipos de acidentes segundo a NBR 10697 (2020)

	TIPO	DESCRIÇÃO	ILUSTRAÇÃO
1	Atropelamento	Consiste no impacto sofrido por pessoas ou animais por veículos em movimento.	

2	Capotamento	Sinistro de trânsito no qual o veículo gira em qualquer sentido sobre seu próprio eixo, ficando imobilizado com as rodas para cima em algum momento.	
3	Choque	Consiste no impacto entre o veículo contra quaisquer objetos fixos ou móveis sem movimento.	
4	Colisão	Sinistro de trânsito onde há o impacto entre veículos em movimentos, podendo ocorrer das seguintes formas: <ul style="list-style-type: none"> • Frontal: Veículos transitando em sentidos opostos e na mesma direção, colidindo frontalmente. • Lateral: Ocorre lateralmente quando os veículos transitam na mesma direção, tanto no mesmo sentido quanto oposto. • Transversal: Ocorre transversalmente, quando suas direções se cruzam. • Traseira: Colisão que ocorre na frente contra a traseira de um veículo ou traseira-traseira. 	 
5	Engavetamento	Acidente de trânsito envolvendo o impacto de três ou mais veículos em um mesmo sentido de circulação, resultante de uma sequência de colisões traseiras, laterais ou transversais.	
6	Queda	Sinistro e trânsito em que há impacto em razão de queda livre do veículo, queda de pessoas ou cargas transportadas em razão do movimento do veículo.	-
7	Tombamento	Quando o veículo se imobiliza sobre uma de suas laterais, sua frente ou traseira	
8	Outros sinistros de trânsito	Qualquer sinistro que não se enquadre nas definições anteriores	-

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024 – ilustrações de Gold (1998, p. 19-20)

2.3.2. Classificação quanto ao estado físico das vítimas

Para as vítimas do trânsito, segundo a NBR 10697 (2020):

- **Vítima fatal de sinistro de trânsito:** Indivíduo que vá a óbito devido às lesões causadas pelo acidente de trânsito, no momento do acidente ou até 30 dias após sua ocorrência.
- **Vítima não fatal de sinistro de trânsito:** Indivíduo que sofre lesões ou não em um acidente de trânsito, mas que não vai a óbito em até 30 dias após o ocorrido. Nesse caso, pode haver duas situações:
 - **Vítima de sinistro de trânsito com ferimento grave:** Indivíduo cujas lesões causam incapacidade temporária ou permanente, exigindo hospitalização ou cuidados especializados.
 - **Vítima de sinistro de trânsito com ferimentos leves:** Indivíduo cujas lesões não causam incapacidade temporária ou permanente para suas atividades habituais, podendo ou não necessitar de hospitalização.

2.4. Coleta de dados dos acidentes rodoviários

O processo de coleta de dados sobre acidentes em rodovias é essencial para o desenvolvimento de leis e intervenções em pontos críticos. Atualmente, a PRF vem desempenhando esse papel na coleta desses dados estatísticos, pois compete a ela, conforme o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) em seu Artigo 20, § 2º, incisos IV e VII, que dizem respectivamente:

efetuar levantamento dos locais de acidentes de trânsito e dos serviços de atendimento, socorro e salvamento de vítimas e coletar dados estatísticos e elaborar estudos sobre acidentes de trânsito e suas causas, adotando ou indicando medidas operacionais preventivas e encaminhando-os ao órgão rodoviário federal.

Não apenas isso, esses dados obtidos a partir dos Boletins de Ocorrência (BO) e reunidos em planilhas, organizados por ano e disponíveis em formato csv (*Concurrent Version System*), estão disponibilizados ao público geral (DEPARTAMENTO DA POLÍCIA FEDERAL, 2024). No entanto, existe uma deficiência quanto a localização desses acidentes, pois segundo Andriola (2018), antes da utilização do GPS a partir de 2017, a PRF coletava a localização do acidente a partir dos marcos quilométricos, no qual teriam precisão no decimo de quilômetro. Apesar dessa nova metodologia, durante a realização desse estudo, notou-se claras discrepâncias entre o município relatado e sua quilometragem (o km destacado no relatório não contemplava o município de referência) em alguns sinistros de trânsito.

2.5. Projeto de rodovias

Segundo Pimenta *et. al* (2017), a construção de uma rodovia é um processo complexo baseado em estudos preliminares de algumas áreas da engenharia de transportes, sendo elas:

- **Planejamento de transporte rodoviário:** Investiga as razões para a construção de uma rodovia, seja pela demanda de transporte, distribuição do tráfego ou os impactos socioeconômicos resultantes de sua aplicação;
- **Projeto geométrico de rodovias:** Estabelece as bases teóricas na escolha das diretrizes da rodovia e seus detalhamentos técnicos para o orçamento de sua construção;
- **Construção da via:** Investiga a correlação existente entre o projeto geométrico, o planejamento da obra, os métodos construtivos e os equipamentos a serem utilizados;
- **Operação rodoviária:** Investiga as correlações entre os sistemas de controle de tráfego, como também a manutenção das instalações e dos serviços aos usuários da via.

É lógico concluir que cada subdisciplina citada apresenta uma gama de conceitos e normativas necessárias para o desenvolvimento de seus produtos. Com base nisso e tendo em mente o foco deste trabalho, em seguida será apresentada uma fração do estudo referente ao projeto geométrico de rodovias;

2.5.1. Classificação técnica

O DNER (1999)⁵ apresenta os principais critérios para se definir a classe de projeto de uma rodovia, sendo eles:

2.5.1.1. Sistemas funcionais

A Classificação Funcional Rodoviária, visa agrupar hierarquicamente as rodovias brasileiras conforme sua função de mobilidade de tráfego e acesso a malha rodoviária (DNER, 1999). Elas estão enquadradas dentro de três sistemas:

⁵ Esse é o manual vigente adotado pelo DNIT

- **Sistema arterial:** Rodovias pertencentes a esse sistema proporcionam grande nível de mobilidade para elevado volume de tráfego, integram municípios, estados e países vizinhos, além de garantir o acesso a áreas desenvolvidas e de alta densidade. Esse sistema é classificado em: principal, primário e secundário;
- **Sistema coletor:** Essas rodovias têm a principal finalidade de atender o tráfego intermunicipal e núcleos populacionais geradores de tráfego de menor vulto e que não são atendidas pelas vias arteriais. Esse sistema é classificado em: primário e secundário;
- **Sistema local:** As rodovias desses sistemas possuem uma pequena extensão e estão destinadas a proporcionar acesso ao tráfego intramunicipal de áreas rurais e pequenas localidades às rodovias de nível superior.

2.5.1.2. Relevo

O relevo é um fator determinante na escolha do traçado da rodovia, tendo em vista o alto custo gerado pelas grandes movimentações de terra (corte e aterro) somadas a obras civis de grande complexidade, como corte de rochas, viadutos e túneis, cuja viabilidade econômica surge apenas no caso em que há elevado volume de tráfego. Tudo isso, atendendo a parâmetros mínimos de norma. (PIMENTA et.al, 2017)

Para a escolha do traçado, o DNER (1999) estabelece três tipos de relevo:

- **Relevo plano:** Aquele em que a superfície do terreno é suave o suficiente permitindo a elaboração de um projeto geométrico onde ótimas condições de visibilidade são atendidas, sem grandes custos associados. Além disso, estará contemplado em projeto uma combinação de alinhamentos verticais e horizontais em que veículos pesados possam manter a velocidade em relação aos de passageiros;
- **Relevo ondulado:** Aquele onde as inclinações naturais do terreno exigem movimentações de terra frequentes e ainda permitem a aplicação de curvas suaves, porém os veículos mais pesados apresentarão velocidade reduzida em comparação aos de passageiros;

- **Relevo montanhoso:** Aquele em que sua superfície apresenta elevadas variações de níveis, necessitando de grandes volumes de aterro, estabilização de taludes, túneis e viadutos. Tudo isso, para atender aos critérios mínimos de norma e, apesar de tudo, os veículos mais pesados terão redução significativa em sua velocidade.

2.5.1.3. Volume médio diário

O Volume médio diário (VMD) é definido, conforme o DNER (1999, p. 9), como número médio de veículos que percorre uma seção ou trecho de uma rodovia, por dia, durante um certo período de tempo. Esse é o principal parâmetro utilizado para classificar uma rodovia.

2.5.1.4. Classes de projeto

Apresentado os critérios, os volumes de tráfego somados a complexidade de implantação de uma rodovia dado o seu relevo foram os principais fatores para a formulações das classes abaixo. (DNER, 1999)

- **Classe 0:** Via expressa ou classe especial de pista dupla, considerada como o maior padrão técnico e com controle total de acesso em bloqueio total aos pedestres, sendo que o critério para enquadramento para essa classe será de decisão administrativa dos órgãos competentes.
- **Classe I:** Essa categoria é subdividida em vias de classe I-A (pista dupla) e I-B (pista simples);
 - **Classe I-A:** Rodovia de pista dupla e controle parcial de acesso, apresentando o mesmo limite inferior de volume de tráfego da classe especial.
 - **Classe I-B:** Rodovia de pista simples, de elevado padrão, projetado a suportar um VMD no ano-horizonte entre 1400 e 5500 veículos;
- **Classe II:** Rodovia de pista simples, suportando um volume médio diário projetado no ano-horizonte compreendidos entre 700 e 1400 veículos;
- **Classe III:** Rodovia de pista simples, suportando um volume médio diário projetado no ano-horizonte compreendidos entre 300 e 700 veículos;

- **Classe IV:** Essa categoria é subdividida conforme seu número de VMD suportado, ambos abaixo de 300 veículos;
 - **Classe IV-A:** Volume médio diário de 50 a 200 veículos;
 - **Classe IV-B:** Volume médio diário inferior a 50 veículos;

A tabela 3 apresenta a relação entre as classes funcionais e de projeto:

Tabela 3: Relação entre as classes funcionais e as classes de projeto

Sistema	Classes funcionais	Classes de projeto
Arterial	Principal	Classes 0 e I
	Primário	Classes I
	Secundário	Classes I e II
Coletor	Primário	Classes II e III
	Secundário	Classes III e IV
Local	Local	Classes III e IV

Fonte: DNER (1999, p. 28)

2.5.2. Elementos do projeto geométrico

O projeto geométrico é um componente do projeto de rodovias, no qual estuda as características geométricas do traçado, obedecendo não apenas ao relevo local, mas também as condições ambientais, a física por parte do movimento cinemático dos veículos e as dinâmicas da operação de veículos e do tráfego, garantindo segurança e conforto aos usuários. No entanto, quando projetados de forma inadequada, tais elementos geométricos são responsáveis pelo surgimento de acidentes, acarretando a obsolescência precoce da rodovia (PIMENTA et.al, 2017)

Com base no que foi dito acima, o que será apresentado a seguir não somente representa os principais elementos de um projeto geométrico, como também variáveis relevantes na ocorrência de acidentes, quando projetados erroneamente.

2.5.2.1. Velocidade de projeto (V_P)

A velocidade de projeto representa a velocidade máxima permitida a um veículo, em condições normais, dentro de parâmetros de conforto e segurança. Esse

elemento condiciona as principais características técnicas de uma rodovia e a sua classificação, de tal modo que, conforme Pimenta *et.al* (2017, p.41):

Todos os elementos geométricos, tais como raios de curvatura, superelevação, distâncias de visibilidade e outros, terão que ser definidos de forma que a via, em todos os seus pontos, ofereça segurança conforto e redução no tempo de viagem, aos usuários que a percorram na velocidade de projeto estabelecida.

Como consequência, a velocidade de projeto se relaciona intrinsecamente com a classe da rodovia, tendo em mente que quanto maior for a importância dela mais justificável é os custos com velocidades mais altas, pois implicariam em características geométricas mais amplas (PIMENTA *et.al*, 2017; DNER, 1999). A Tabela 4 apresenta a correlação entre a classificação técnica das rodovias e a velocidade para cada tipo de relevo.

Tabela 4: Classes técnicas de rodovia e suas velocidades de projeto

Classificação técnica		VMD	Velocidade de projeto (Km/h)		
Classes de projeto	Classes Funcionais		Relevo		
			Plano	Ondulado	Montanhoso
Arterial	Classe 0	Acima de 5500	120	100	80
	Classe I	Entre 1400 e 5500	100	80	60
Arterial e Coletor	Classe II	Entre 700 e 1400	100	70	50
Coletor e Local	Classe III	Entre 300 e 700	80	60	40
	Classe IV	Abaixo de 300	80-60	60-40	40-30

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Andriola (2018) reuni em seu estudo diversos trabalhos que identificam os parâmetros geométricos com impactos diretos sobre a frequência e a severidade dos acidentes em curvas. Dentre eles, a velocidade é um fator preponderante e foi observado que há um aumento da frequência de acidentes envolvendo caminhões com o aumento de velocidade, além do acréscimo da severidade dos sinistros em rodovias.

2.5.2.2. Tangentes

Conforme apresentado pelo CNT (2024), 55,7% dos acidentes nas rodovias federais brasileiras no ano de 2023 ocorreram em trechos retos (tangentes). Muitos

são os fatores que podem ser considerados para a ocorrência desses sinistros, porém todo o profissional da engenharia de transportes deve garantir que os parâmetros do alinhamento da rodovia não gerem novas problemáticas, com isso, o DNER (1999) estabelece algumas recomendações para esse elemento:

- Trechos excessivamente longos em tangentes devem ser evitados no projeto de rodovias, pois gera a sensação de monotonia para o motorista, levando o motorista ao cansaço, além de oferecer um grande percurso que convida ao excesso de velocidade;
- É indesejável a existência de duas curvas sucessivas de mesmo sentido tendo entre elas um trecho em tangente muito curto. Em caso de manutenção do trecho reto, em detrimento das curvas compostas ou curvas longas, a extensão desse trecho reto deverá obedecer a seguinte relação:

$$T > 4 \times V \quad (T \text{ em metros; } V \text{ em Km/h})$$

2.5.2.3. Curvas horizontais

Além das tangentes, o traçado de uma rodovia é composto por trechos curvos denominados como curvas de concordância horizontal ou simplesmente curvas horizontais, nas quais podem ser compostas apenas por curvas circulares ou acrescidas por curvas de transição (PIMENTA et. al, 2017).

Tais curvas utilizadas no projeto geométrico de rodovias podem ser classificadas em: curvas circulares simples, curvas circulares compostas, curvas circulares reversas e curvas circulares com trechos de transição (também chamadas de curvas de transição) (PIMENTA et. al, 2017). A seguir será dado destaque apenas às curvas simples e as com transição.

- **Curvas horizontais circulares simples**

A principal tarefa do projetista é determinar os parâmetros que descrevem uma curva horizontal simples, sendo elas o Raio (R) e o ângulo central (AC). Nesse processo, não devem ser adotados raios inferiores aos estabelecidos na Tabela 15, pois são baseados na velocidade de projeto da rodovia e sua superelevação.

Tabela 5: Raios mínimos (em metros) em função das taxas máximas de superelevação

e_{max} (%)	Velocidade de projeto (Km/h)									
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
4	30	60	100	150	205	280	355	465	595	755
6	25	55	90	135	185	250	320	415	530	665
8	25	50	80	125	170	230	290	375	475	595
10	25	45	75	115	155	210	265	345	435	540
12	20	45	70	105	145	195	245	315	400	490

Fonte: DNER (1999, p. 71) - Adaptado

Além da tabela acima, o DNER (1999) também fornece outra forma de calcular os raios mínimos das curvas horizontais, a partir da velocidade diretriz de projeto, taxa de superelevação e o coeficiente de atrito entre o pneu e o pavimento (valores presente na Tabela 6). Segue a fórmula do raio mínimo:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 \times (e_{max} + f_{max})}$$

Onde:

R_{min} = Raio mínimo da curva (m)

V = Velocidade diretriz (Km/h)

e_{max} = máxima taxa de superelevação adotada (m/m)

f_{max} = máximo coeficiente de atrito transversal admissível entre o pneu e o pavimento (adimensional)

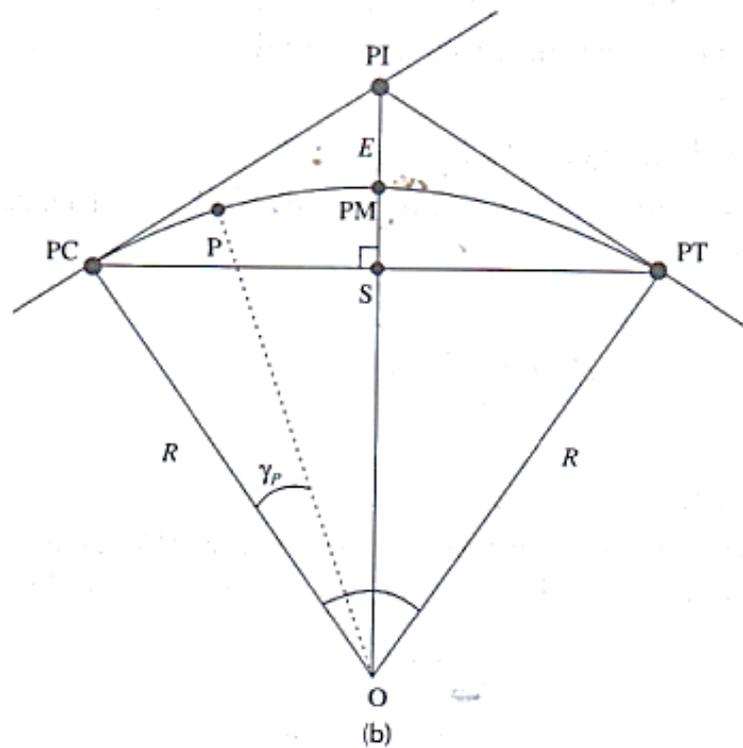
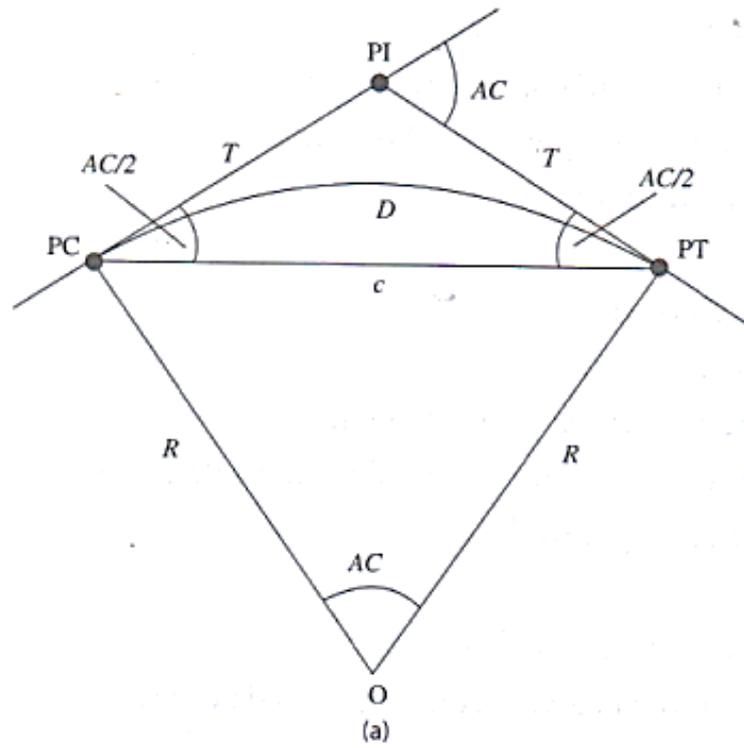
Tabela 6: Valores máximos admissíveis de coeficientes de atrito transversal

Velocidade diretriz (Km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Coeficiente de atrito transversal f_{max}	0,20	0,18	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11

Fonte: DNER (1999, p. 71)

Para o cálculo dos demais parâmetros, Pimenta *et. al* (2017) reúne todas as formulações necessárias:

Figura 2: Elementos geométricos e parâmetros da curva circular simples



Fonte: Pimenta *et. al* (2017, p. 61)

Onde:

PI = ponto de interseção das tangentes

PC = ponto de curva – ponto de início de curva

PT = ponto de tangência – ponto final da curva

PM = ponto médio da curva

c = corda da curva

S = ponto médio da corda

P = ponto qualquer da curva

E = distância externa à curva

AC = deflexão entre tangentes – ângulo central da curva

γ_P = ângulo central do ponto (P)

R = raio da curva

T = comprimento da tangente da curva

D = desenvolvimento da curva – comprimento da curva

O = centro da curva

a) Comprimento da tangente (T)

Consiste em elementos de reta que conectam os pontos PC, PI e PT e podem ser calculados a partir de:

$$T = R \times \tan\left(\frac{AC}{2}\right)$$

b) Afastamento (E)

Representa a distância entre os pontos PM e PI e pode ser calculado a partir da seguinte expressão:

$$E = R \times \left[\sec\left(\frac{AC}{2}\right) - 1 \right]$$

c) Ordenada média (S-PM)

É a distância entre o PM e o ponto médio da corda (S), na qual é calculada por intermédio dessa equação:

$$dist_{(S-PM)} = R \times \left[1 - \cos\left(\frac{AC}{2}\right) \right]$$

d) Corda (c)

É o segmento de reta existente entre PC e o PT, calculado através dessa expressão:

$$c = 2 \times R \times \sin\left(\frac{AC}{2}\right)$$

e) Desenvolvimento (comprimento) da curva (D)

Consiste no comprimento do arco compreendido entre os pontos PC e PT, calculados de acordo com as duas expressões abaixo:

$$D = \frac{\pi \times R \times AC}{180^\circ} \text{ (AC em graus)}$$

$$D = R \times AC \text{ (AC em radianos)}$$

f) Grau da curva ou Grau de curvatura (G)

Isto representa o ângulo central que corresponde a um arco de 20 metros, calculado através dessa equação:

$$G = \frac{1145,916^\circ}{R}$$

g) Observações quanto aos parâmetros das curvas horizontais

Em relação ao parâmetro ângulo central (AC), Andriola (2018) expõe que os estudos analisados obtiveram como resultado de que há um aumento na frequência de acidentes à medida que o valor do ângulo central aumenta. O desenvolvimento da curva (D) também segue esse padrão de proporcionalidade. Quanto ao raio da curva (R), o inverso ocorre, no qual ocorre um aumento na frequência de acidentes à medida que o valor do raio diminui, além de uma tendência de maior severidade de acidentes em curvas de raios médios (152,4 a 853,44 metros).

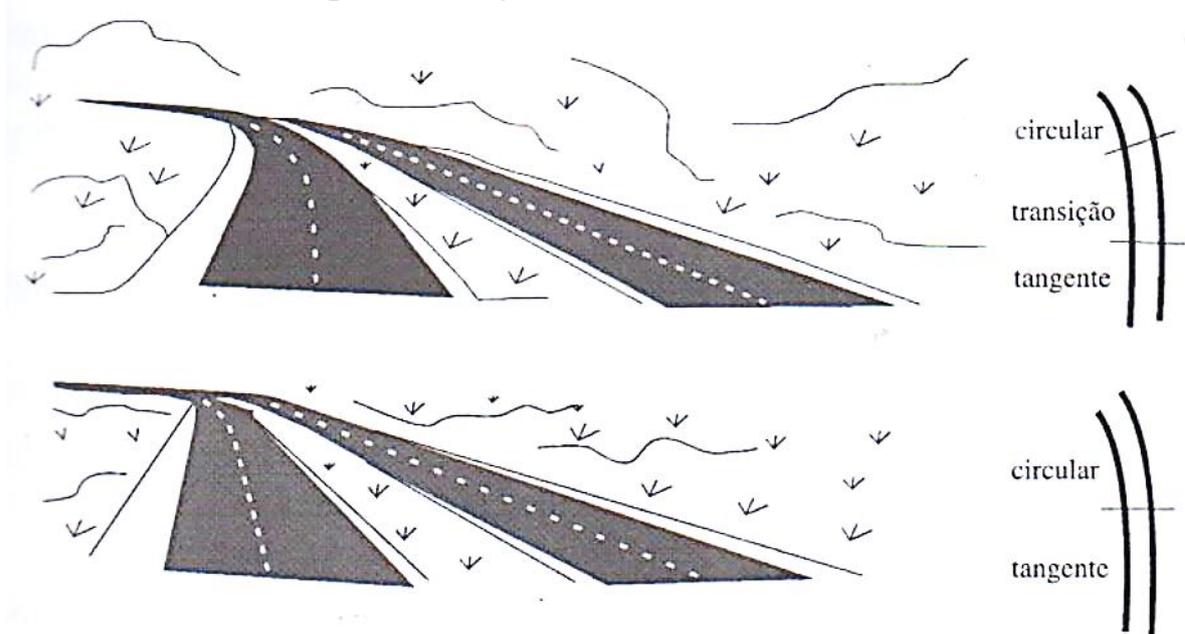
- **Curvas horizontais com transição**

É necessário que seja aplicada uma transição (Figura 3) com curvatura progressiva nos trechos de transição curva-tangente (ponto PT) ou tangente-curva (ponto PC) para atender a funções geométricas do alinhamento e eliminar a

descontinuidade existentes entre os segmentos retos e curvos (PIMENTA et.al, 2017). A seguir são apresentadas essas funções exercidas pelas curvas de transição.

- a) Permitir a variação contínua da superelevação;
- b) Criar uma variação contínua de aceleração centrípeta na transição entre o trecho reto e o curvo;
- c) Permitir um traçado em que o veículo permaneça no meio da sua faixa de rolamento;
- d) Proporcionar um trecho natural, sem descontinuidade na curvatura e agradável esteticamente.

Figura 3: Perspectiva das curvas horizontais



Fonte: Pimenta *et.al* (2017, p. 79)

Segundo Pimenta *et.al* (2017), os tipos de curvas de transição mais utilizadas são as seguintes:

- a) Clotóide ou espiral, definida por: $R \times L = K$
- b) Lemniscata, definida por: $R \times P = K_l$
- c) Parábola cúbica, definida por: $y = ax^3$

Onde:

R = raio da curva de transição (m);

L = comprimento da curva de transição (m);

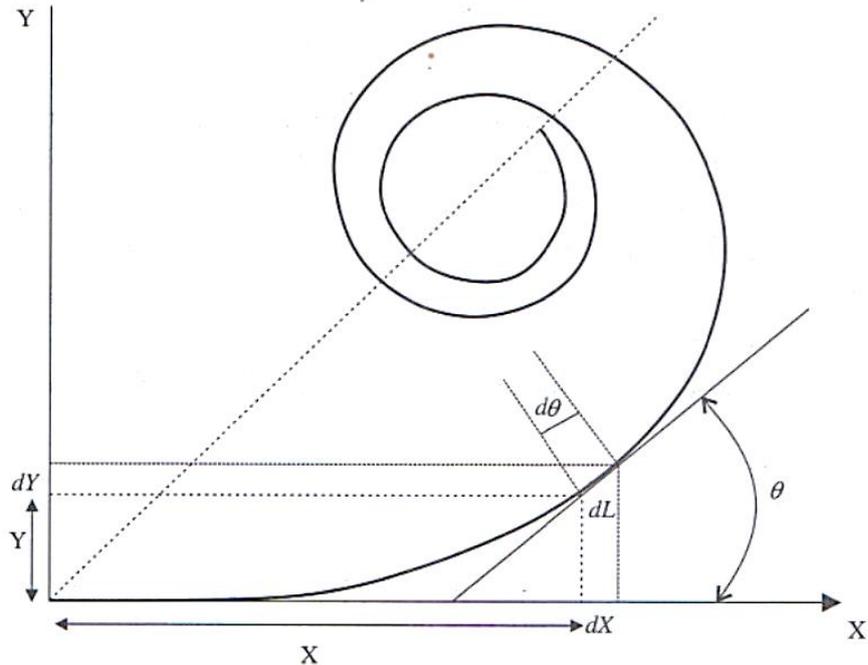
P = raio vetor;

$K, K_i =$ constantes das curvas;

$a =$ parâmetro da equação.

Como o software Civil 3D trabalha apenas com curvas em espirais, serão abordados apenas os parâmetros referentes a esse tipo de curva, cujas expressões reunidas por Pimenta *et.al* (2017), estão expressas abaixo:

Figura 4: Clotóide e seus parâmetros



Fonte: Pimenta *et. al* (2017, p. 82)

a) Ângulo central do trecho da espiral (θ_s)

$$\theta_s = \frac{L_s}{2 \times R_c} \text{ (em radianos)}$$

b) Coordenadas dos pontos (SC) e (CS)

$$X_s = L_s \times \left(1 - \frac{\theta_s^2}{10} + \frac{\theta_s^4}{216} + \frac{\theta_s^6}{9360} \dots \right)$$

$$Y_s = L_s \times \left(\frac{\theta_s}{3} - \frac{\theta_s^3}{42} + \frac{\theta_s^5}{1320} - \frac{\theta_s^7}{42} \dots \right)$$

c) Abscissa do centro (O')

$$Q = X_s - (R_c \times \sin \theta_s)$$

d) Afastamento (p)

$$p = Y_s - R_c \times (1 - \cos \theta_s)$$

e) Tangente total (TT)

$$TT = Q + \left[(R_c + p) \times \tan \left(\frac{AC}{2} \right) \right]$$

f) Desenvolvimento do trecho circular entre os pontos SC e CS

$$D_c = (AC - 2 \times \theta_s) \times R_c$$

g) Ângulo central (AC)

$$AC = 2 \times \theta_s + y_c$$

h) Distância externa (E)

$$E = \left[\frac{R_c + p}{\cos \left(\frac{AC}{2} \right)} \right] - R_c$$

i) Tangente longa (TL)

$$TL = X_s - (Y_s \times \cot \theta_s)$$

j) Tangente curta (TC)

$$TC = \frac{Y_s}{\sin \theta_s}$$

$$L_{S_{min}} = 0,555 \times V_p \text{ (em Km/h)}$$

c) Critério estético: Estabelece que a diferença de greide entre a borda e o eixo da rodovia não deve exceder um valor específico, conforme a velocidade do projeto.

$$L_{S_{min}} = \frac{e \times l_f}{[0,9 - (0,005 \times V_p)]} \text{ (Vp} \leq 80 \text{ km/h)}$$

$$L_{S_{min}} = \frac{e \times l_f}{[0,71 - (0,0026 \times V_p)]} \text{ (Vp} \geq 80 \text{ km/h)}$$

Onde:

e = superelevação, em porcentagem

l_f = largura da faixa de tráfego (m)

V_p = velocidade de projeto (Km/h)

Além de um limite mínimo, as curvas de transição não devem ultrapassar um valor máximo, expresso pelas seguintes expressões:

$$L_{S_{max}} = AC \times R_c \text{ (AC em radianos)}$$

$$L_{S_{max}} = \frac{\pi \times AC \times R_c}{180^\circ} \text{ (AC em graus)}$$

2.5.2.4. Superelevação

Conforme descrito no DNER (1999, p. 8) a superelevação é a “declividade transversal em um único sentido de que a pista é dotada em curvas, com caimento orientado para o centro (lado interno) da curva, com o objetivo de contrabalançar a atuação da aceleração centrífuga”. Esse elemento garante maior segurança ao motorista ao longo de seu percurso em curvas horizontais, no entanto deve atender a valores máximos e mínimos.

Como limite mínimo, a boa prática descrita no manual de projeto do DNER (1999), estabelece uma declividade transversal mínima de 2% para garantir o escoamento de águas pluviais.

Em relação ao máximo admissível, não seria recomendável a adoção de taxas de superelevação muito elevadas, pois curvas com excessiva superelevação poderiam acarretar o deslizamento de veículos para o centro das curvas ou mesmo seu tombamento, caso o veículo trafegue em baixa velocidade ou necessite parar na pista (PIMENTA et.al, 2017). Nesse sentido, o valor de superelevação é condicionado por alguns fatores como a velocidade diretriz, classe de projeto, comprimento de transição da superelevação, alta probabilidade de veículos transitarem em velocidade bem abaixo da estabelecida em projeto e razões econômicas. (DNER, 1999)

A partir disso, o DNER (1999, p.98) estabelece os valores recomendados para taxa máxima admissível de superelevação:

$e_{max} = 12\%$. A taxa máxima prática admissível para superelevação de projetos rodoviários é de 12%. Seu emprego deve ser limitado aos casos de melhorias e correção de situações perigosas existentes sem alteração dos raios em planta (por economia ou impossibilidade). Deverá ser verificada a incidência de veículos lentos, já que para esses, o aumento da superelevação será contra-indicada. No caso de projetos novos deve-se procurar aumentar os raios e não a superelevação. Para duplicação com aproveitamento de pista existente sem alterações, cada sentido pode ser atendido separadamente, se necessário.

$e_{max} = 10\%$. Próprio para rodovias de padrão elevado, onde as condições topográficas, geométricas e de atrito lateral e os volumes de tráfego favoreçam elevadas velocidades e fluxo ininterrupto. Andar para rodovia de classe 0 em geral e classe I em regiões planas e onduladas.

$e_{max} = 8\%$. Em projetos de rodovias de padrão intermediário ou de rodovias de elevado padrão sujeitas a fatores (geralmente topográficos) que reduzam a velocidade média. Adotar para Classe I em região montanhosa e rodovias das demais classes de projeto em geral.

$e_{max} = 6\%$. Em projetos condicionados por urbanização adjacente e frequentes intercessões, que provocam redução da velocidade média.

$e_{max} = 4\%$. Em situações extremas, com intensa ocupação do solo adjacente e reduzida flexibilidade para variar as declividades transversais da pista, sem vias marginais.

Nos estudos apresentados por Andriola (2018), foi identificado que para uma maior superelevação, maior a frequência de acidentes. Além disso, outra conclusão seria que esse aumento da superelevação gera um maior número de acidentes com feridos leves do que feridos fatais.

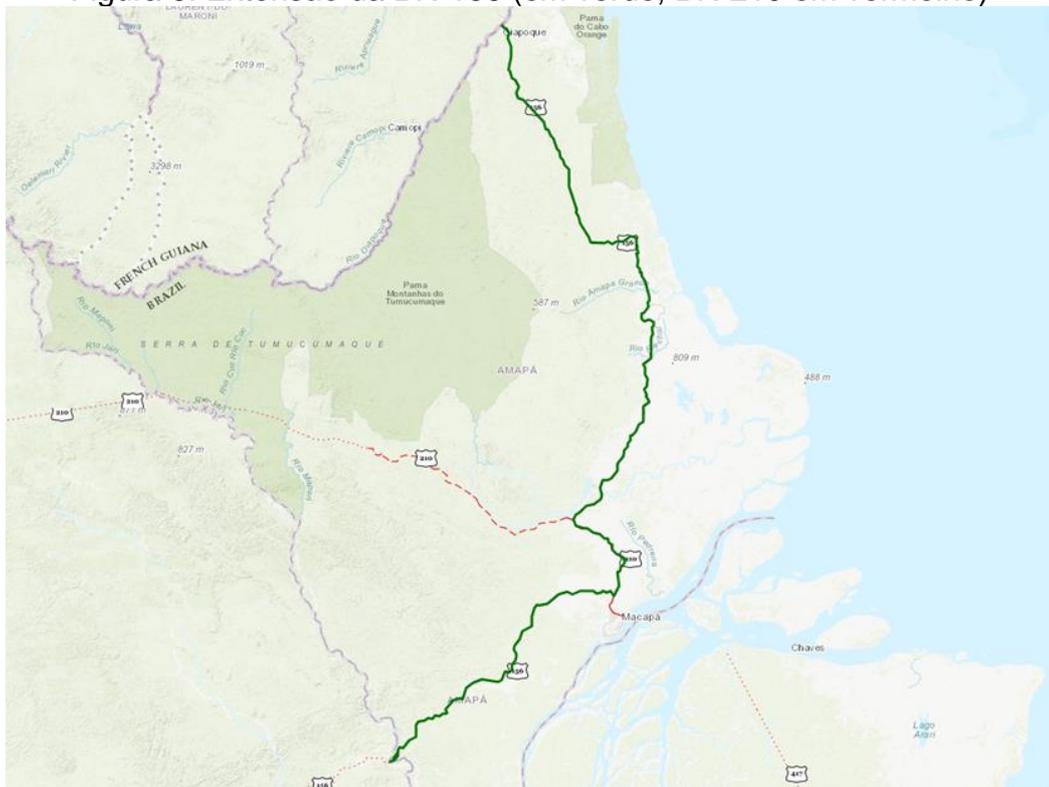
3. METODOLOGIA

Neste capítulo, serão detalhados os principais procedimentos adotados para alcançar os objetivos deste trabalho acadêmico, que segue uma abordagem quali-quantitativa. Inicialmente, será apresentado o processo de identificação do trecho crítico da BR-156, juntamente com as considerações utilizadas. Em seguida, será descrito o processo de modelagem no software Civil 3D, a análise dos dados coletados, e, por fim, o procedimento utilizado para correlacionar os parâmetros geométricos com os acidentes ocorridos na rodovia.

3.1. Identificação do trecho crítico

A BR-156 (Figura 6) é a maior obra rodoviária do estado do Amapá, compreendendo um total de 801 km de rodovia, sendo divididos em dois ramos: o tronco sul com aproximadamente 251 km entre os municípios de Laranjal do Jari e Macapá, cuja capital se conecta a ela por um entroncamento entre as BR-156 e 210, e o tronco norte (Figura 7) com 550 km, compreendendo do entroncamento no km 21 da BR-210 até o município de Oiapoque, finalizando na Ponte Binacional Brasil – Guiana Francesa.

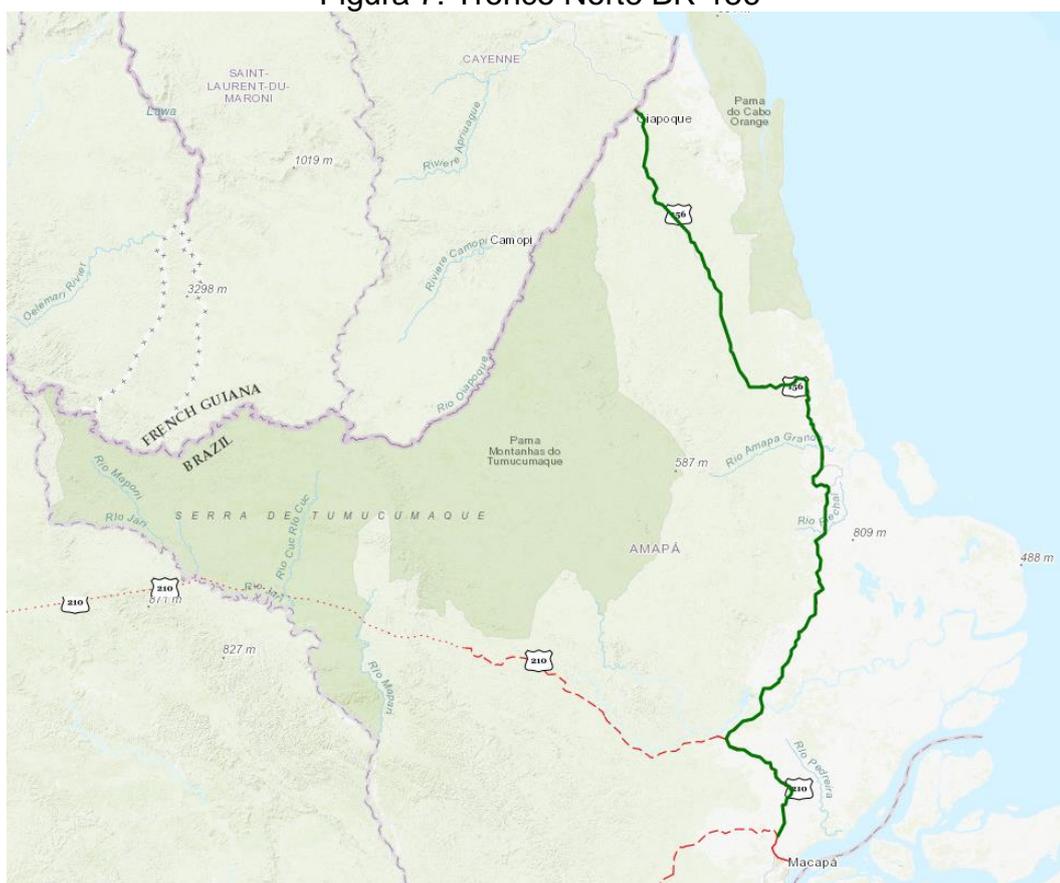
Figura 6: Extensão da BR-156 (em verde, BR-210 em vermelho)



Fonte: Acervo pessoal, 2024

Essa rodovia também é caracterizada como sendo a obra mais longínqua do Brasil, tendo sido iniciada em 1932 e completando 92 anos em 2024, sendo que dos 801 km de rodovia, 452 km foram pavimentados (dados são destoantes), representando um total de 56,4%. A maior parte dos serviços foram realizados no trecho norte entre os municípios de Macapá e Calçoene, porém com 110 km faltantes entre Calçoene e Oiapoque, enquanto o trecho sul da rodovia possui serviços em andamento. (BARBOSA, 2018; ALEIXO, 2024; FIGUEIREDO, 2023).

Figura 7: Tronco Norte BR-156



Fonte: Acervo pessoal, 2024

A escolha do trecho crítico da BR-156 se deu a partir da desconsideração daqueles locais onde a pavimentação ainda não foi contemplada, ou seja, todo o trecho sul (Figura 8) e parte do trecho norte (Calçoene até o Oiapoque), pois a falta do revestimento asfáltico seria um dos principais fatores para o surgimento de acidentes, vide o péssimo estado de conservação das vias, principalmente, durante a época chuvosa (Figuras 9 e 10), o que desviaria o foco deste trabalho que visa destacar a relação entre a geometria do traçado e os acidentes.

Figura 8: Via sem pavimento no trecho sul e com enormes crateras



Fonte: Estradas, 2019

Figura 9: Ônibus atolado na estrada para o Oiapoque



Fonte: Barbosa, 2018

Figura 10: Veículo tombado na pista



Fonte: Ohana, 2020

Tendo realizado essa filtragem, seria necessário identificar qual o trecho do enorme traçado restante que teriam ocorrido a maior frequência e gravidade de acidentes. Para isso, foi utilizado os dados abertos da Polícia Rodoviária Federal dos anos de 2016 a 2023 (Figura 11), onde foram filtradas as principais informações interesse como a unidade da federação, a BR onde ocorreu, quilometragem, município, causa do acidente, tipo de acidente, classificação do acidente, fase do dia, sentido da via, tempo, trecho (curva ou tangente), número de mortos e feridos (leves, graves e ilesos).

Figura 11: Dados abertos da PRF

Polícia Rodoviária Federal		O que você procura?
Base de dados:	BAT: Boletim de Acidente de Trânsito	
Informações:	Unidade responsável: DIOP. Frequência de atualização: Mensal	
Referência	Link	
Documento CSV de Acidentes 2024 (Agrupados por ocorrência)	Baixar planilha	
Documento CSV de Acidentes 2024 (Agrupados por pessoa)	Baixar planilha	
Documento CSV de Acidentes 2024 (Agrupados por pessoa - Todas as causas e tipos de acidentes)	Baixar planilha	
Documento CSV de Acidentes 2023 (Agrupados por ocorrência)	Baixar planilha	
Documento CSV de Acidentes 2023 (Agrupados por pessoa)	Baixar planilha	
Documento CSV de Acidentes 2023 (Agrupados por pessoa - Todas as causas e tipos de acidentes)	Baixar planilha	
Documento CSV de Acidentes 2022 (Agrupados por ocorrência)	Baixar planilha	
Documento CSV de Acidentes 2022 (Agrupados por pessoa)	Baixar planilha	
Documento CSV de Acidentes 2022 (Agrupados por pessoa - Todas as causas e tipos de acidentes)	Baixar planilha	
Documento CSV de Acidentes 2021 (Agrupados por ocorrência)	Baixar planilha	
Documento CSV de Acidentes 2021 (Agrupados por pessoa)	Baixar planilha	
Documento CSV de Acidentes 2021 (Agrupados por pessoa - Todas as causas e tipos de acidentes)	Baixar planilha	

Fonte: PRF, 2024

Com isso, foram extraídos os dados de acidentes dos municípios de interesse, sendo eles Amapá, Calçoene, Ferreira Gomes, Porto Grande, Pracuúba e Tartarugalzinho, e dado peso aos acidentes a partir de cada tipo de ferido, como pode ser observado abaixo. Vale ser destacado que cerca de 25% dos acidentes na capital ocorreram no trecho pavimentado, sendo desconsiderado por não traduzir o real panorama sobre o município.

- **Peso 1:** Feridos leves
- **Peso 3:** Feridos graves
- **Peso 5:** Óbitos
- **Não considerados:** Indivíduos ilesos no acidente.

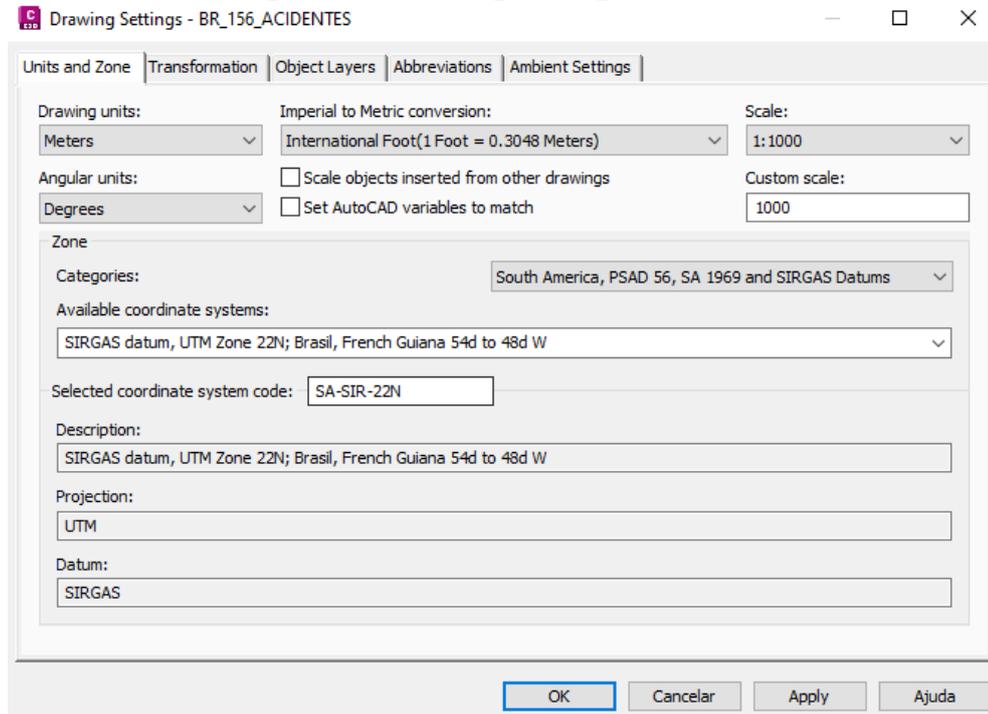
Finalizado esse processo, foram desenvolvidos gráficos relacionando cada município com suas respectivas gravidades e aquele com a maior pontuação será o escolhido para análise de sua geometria.

3.2. Modelagem do alinhamento

Com o processo anterior finalizado, será necessário modelar o alinhamento da rodovia no local de interesse. Isso é facilmente realizado através das ferramentas de geolocalização do software Civil 3D, sendo possível inserir coordenadas UTM dentro da Zona UTM de interesse. Como é sabido, mais da metade do território Amapaense está localizado acima da linha do equador e conforme os fusos do sistema de coordenadas UTM, essa é a zona 22N.

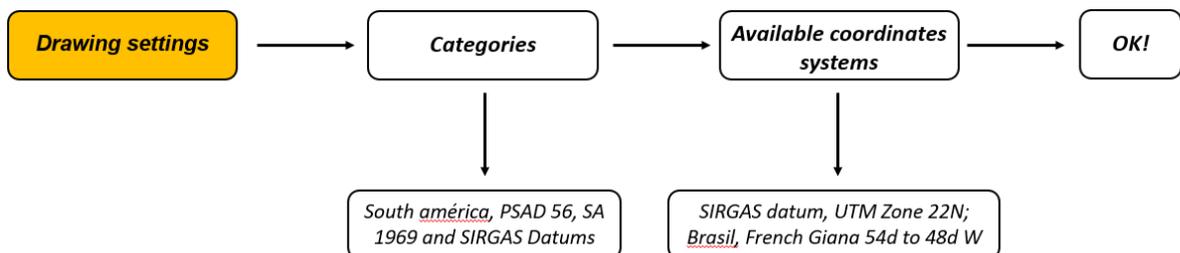
Para inserir essas informações, é necessário que, ao abrir um novo arquivo em dwg, digite o comando “*Editdrawingsettings*” para abrir a janela abaixo (Figura 12). Siga as seguintes orientações do fluxograma abaixo (Figura 13).

Figura 12: *Drawing settings* - Civil 3D



Fonte: Acervo pessoal, 2024

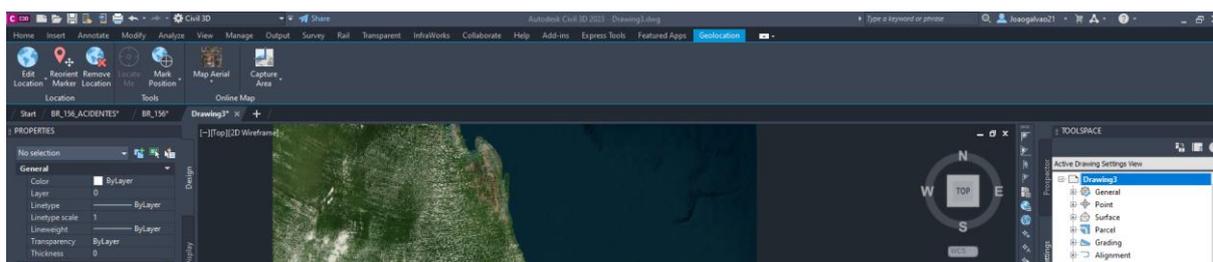
Figura 13: Fluxograma de configuração de georreferenciamento do modelo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Feito isso, o Civil 3D habilita a opção *Geolocation* (Figura 14), na qual permite que o usuário ative várias opções de mapa na região UTM demarcada. Porém, ainda seria necessário localizar o trecho rodoviário de interesse e a forma adotada foi a partir do lançamento de marcos cadastrados no IBGE dentro do Civil 3D. Quando esses dados são inseridos, todos os pontos se tornam centralizados na vista, permitindo visualizar a região demarcada.

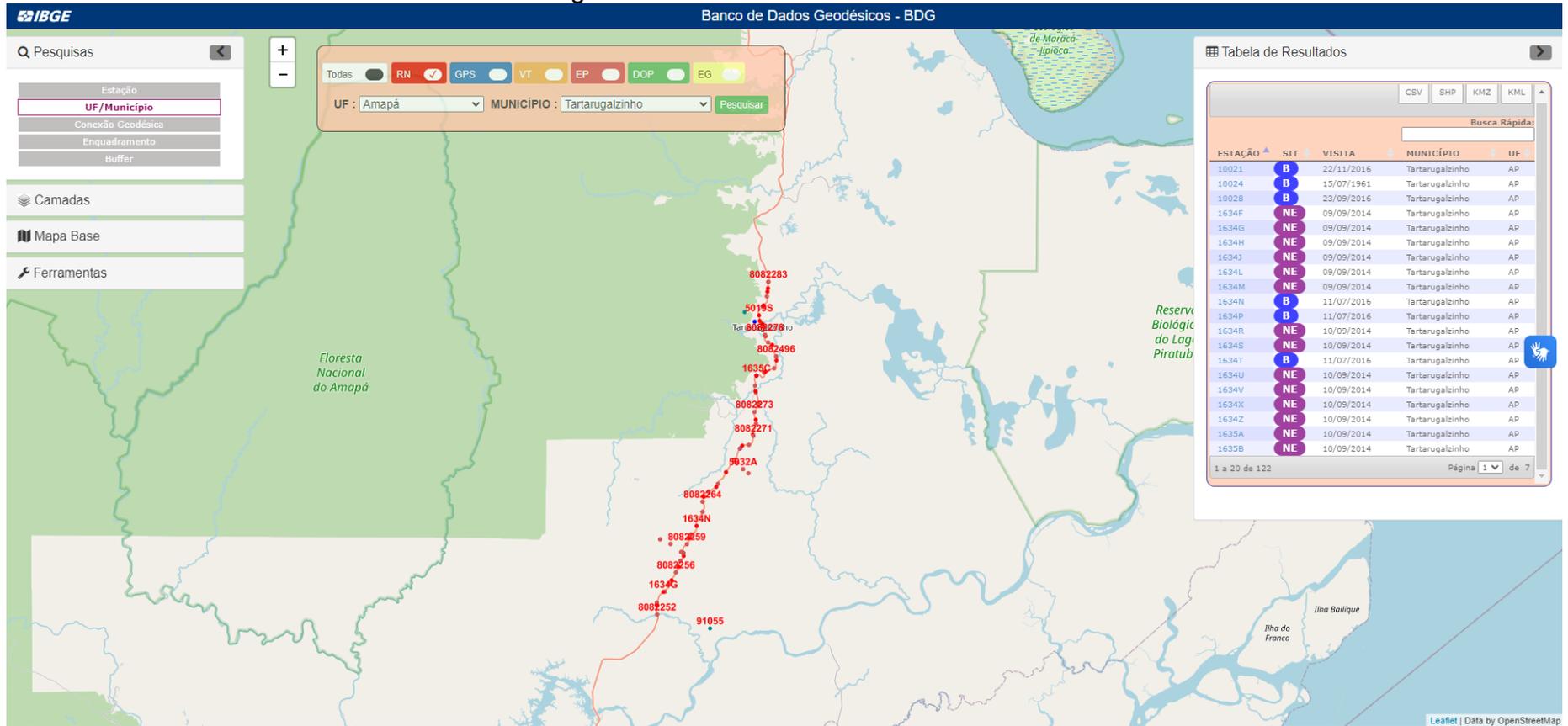
Figura 14: HUD do Civil 3D com a opção *Geolocation* ativada em azul



Fonte: Acervo pessoal, 2024

Para a obtenção desses marcos topográficos, foi acessado o BDG (Banco de Dados Geodésicos), site oficial do IBGE que reúne todos os marcos cadastrados no sistema (Figura 15). Nele é possível, filtrar para qual município você deseja obter as informações, obter relatórios do estado do marco topográfico e exportar as coordenadas em diferentes formas de arquivos, como o formato csv.

Figura 15: Banco de dados Geodésicos



Fonte: Acervo pessoal, 2024

Exportada as coordenadas dos marcos, é necessário filtrar as informações e corrigir as casas decimais, cujos valores são em graus decimais (Figura 16). Finalizado esse processo, tais valores devem ser convertidos e o próprio IBGE fornece uma ferramenta para a conversão de coordenadas em graus decimais para UTM, sendo ele o ProGrid (Figura 17). Nele, o usuário insere suas coordenadas em arquivos de texto dentro das ordens estabelecidas (a adotada foi Latitude e Longitude) e obtém o resultado da conversão via E-mail.

Figura 16: Valor fornecido X valor com as casas decimais corrigidas

LATITUDE	LONGITUDE	LATITUDE CORRIGIDA	LONGITUDE CORRIGIDA
1325	-5092888889	1,325	-50,92888889

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Figura 17: Site do ProGrid

☰ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

O que é

Resoluções e legislação

Processar os dados

Informações técnicas

Downloads

Notícias e Releases

Processar os dados

Transformação de Coordenadas

Referencial de Entrada

Referencial:
SAD 69/g6 Técnica Doppler ou GPS

Tipo de Coordenadas:
-- Seleccione o tipo de coordenada --

Referencial de Saída

Referencial:
SIRGAS 2000

Tipo de Coordenadas:

Tipo de Entrada

Tela

Arquivo Texto

Arquivo CSV

Formato:

Nenhum arquivo escolhido
Tamanho máximo: 45MB

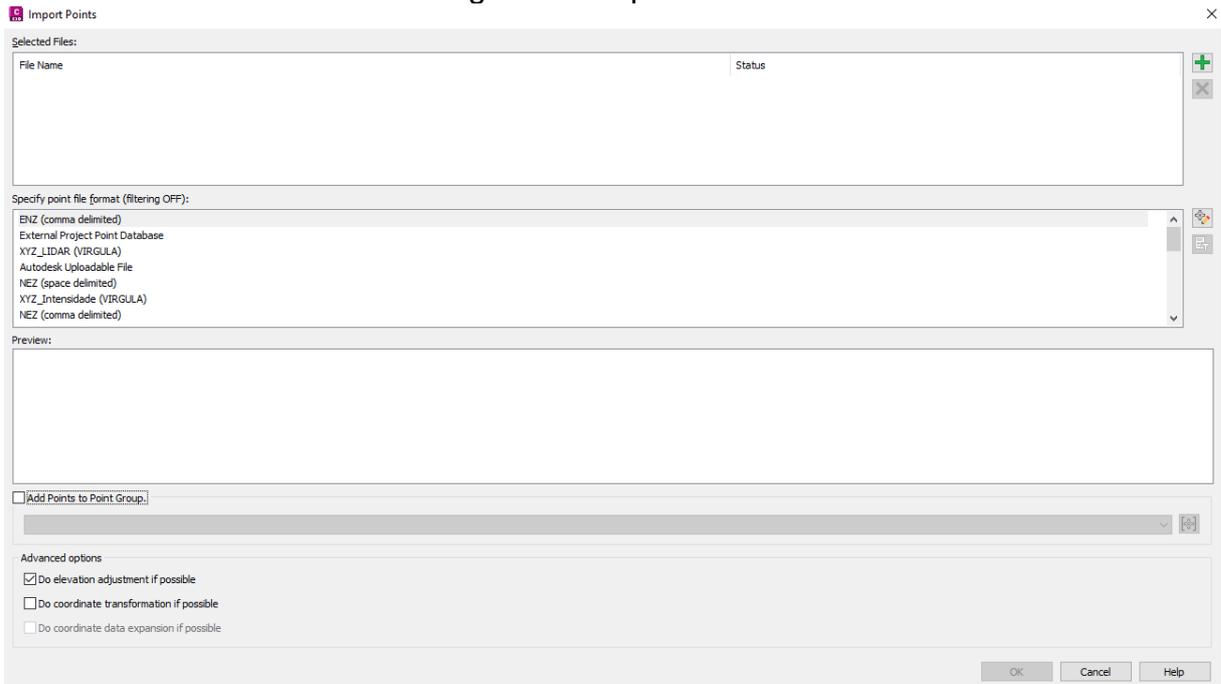
Formato:

Nenhum arquivo escolhido
Tamanho máximo: 45MB

Fonte: Acervo Pessoal, 2024

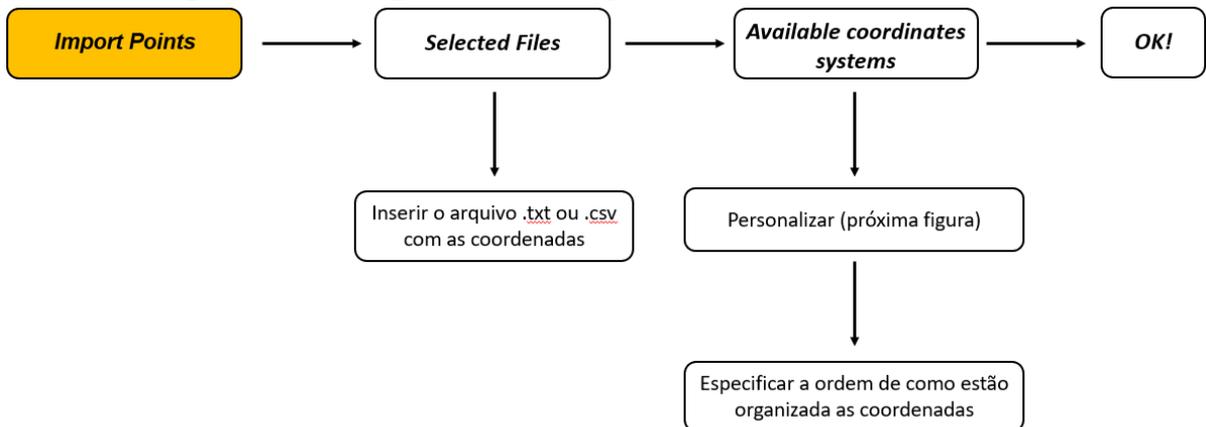
Com os dados em mãos, basta inseri-los no Civil 3D (Figura 18), a partir do comando *Importpoints* e acompanhando os seguintes passos (Figuras 19 a 21):

Figura 18: Import Points



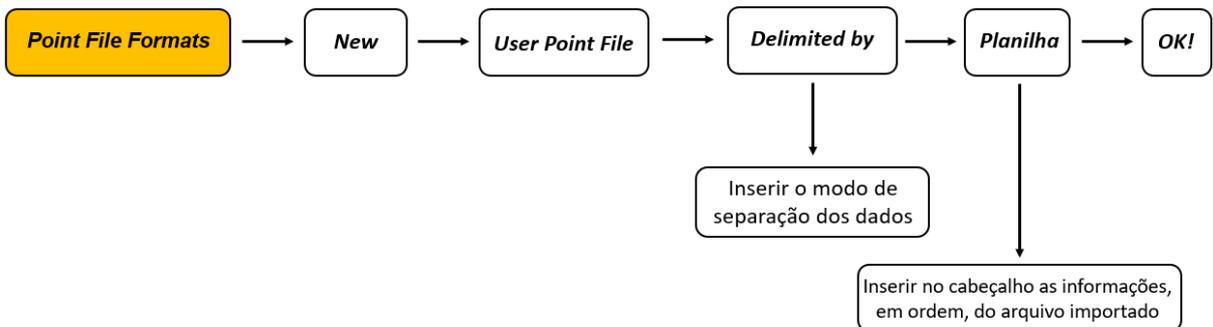
Fonte: Acervo pessoal, 2024

Figura 19: Fluxograma de inserção de coordenadas no Civil 3D



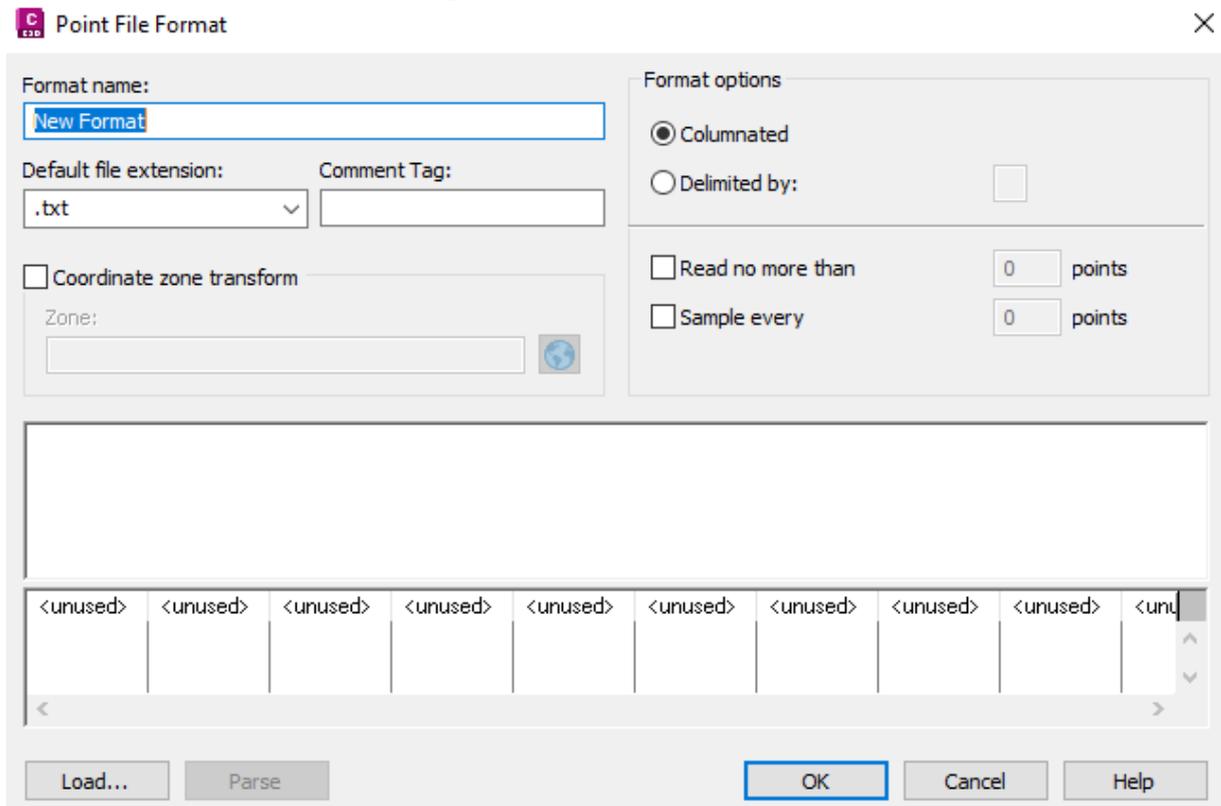
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Figura 20: Fluxograma para configurar o arquivo das coordenadas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

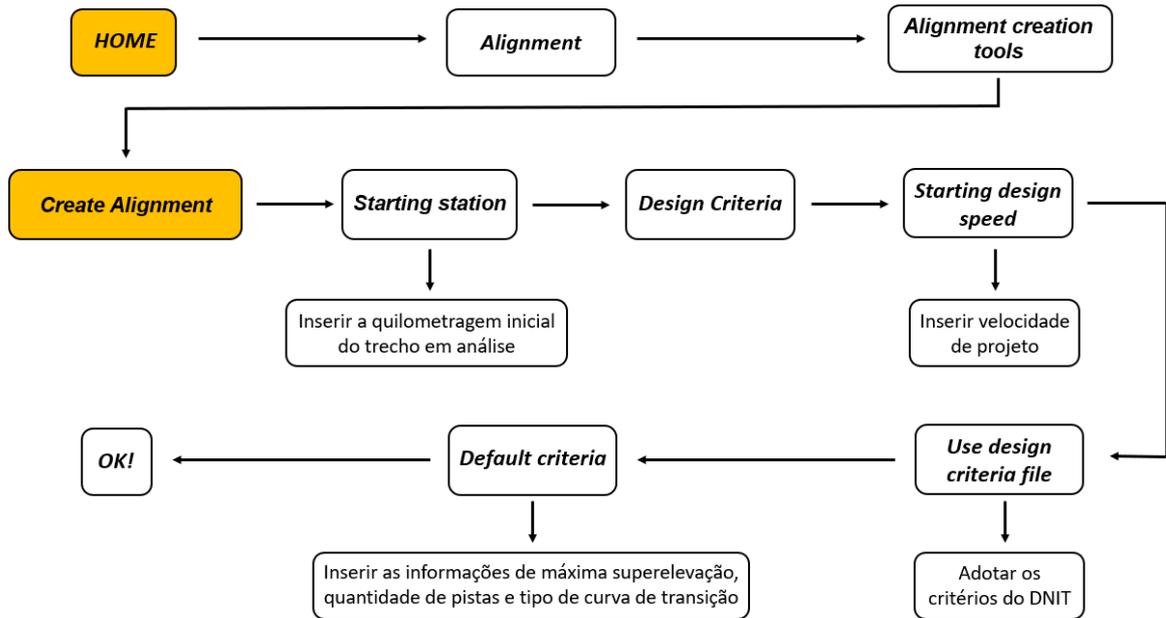
Figura 21: Point File Format



Fonte: Acervo pessoal, 2024

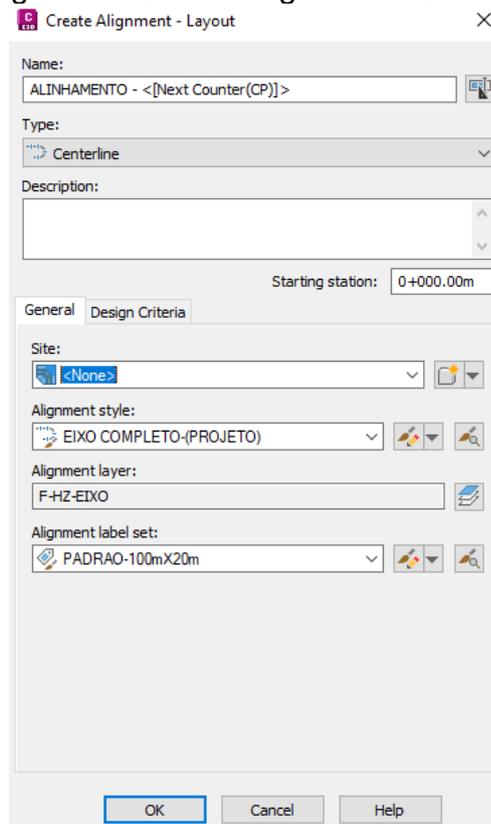
Inseridas as coordenadas no programa e ativando o mapa, com comando *Line* é possível desenhar o eixo da rodovia sobre a imagem e a partir dela desenvolver o traçado. Isso será desenvolvido a partir do comando *Alignment*, onde serão definidas todas as características da sua rodovia, ou seja, classe de projeto, superelevação máxima, quantidade de pistas de rolamento, tipo de curva de transição e velocidade de projeto. Todas essas propriedades estão pré-definidas no Civil 3D, caso o usuário instale o *Country kit Brazil*, no qual irá inserir todas as análises estabelecidas pelo DNIT, dessa forma, permitindo que seja modelado o alinhamento dentro das normativas vigentes no Brasil. Segue o fluxo de trabalho abaixo:

Figura 22: Fluxograma para criação do Alignment do Civil 3D



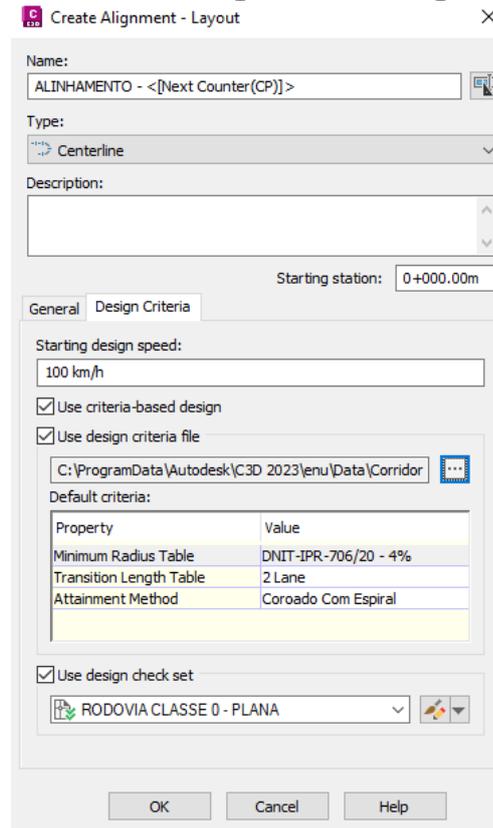
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Figura 23: Create Alignment - General



Fonte: Acervo pessoal, 2024

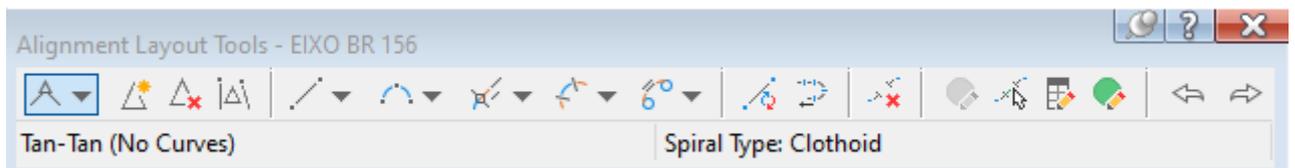
Figura 24: Create Alignment - Design Criteria



Fonte: Acervo pessoal, 2024

Feita a caracterização da rodovia, foram modeladas as tangentes do alinhamento através do comando *Draw tangent-tangent without curve*, presente na janela abaixo (surge após a criação do *Alignment*). Desenhada as tangentes, é necessário traçar as curvas e esse processo pode ser desenvolvido utilizando os seguintes comandos: *Free Curve – Tangential to Two Entities and Radius* e *Add free Spiral – Curve – Spiral*, usados, respectivamente, para as curvas horizontais simples e curvas horizontais com curvas de transição. O critério de adoção do tipo de curva será aquele que melhor se adequar ao traçado real da BR-156.

Figura 25: Alignment Layout Tools



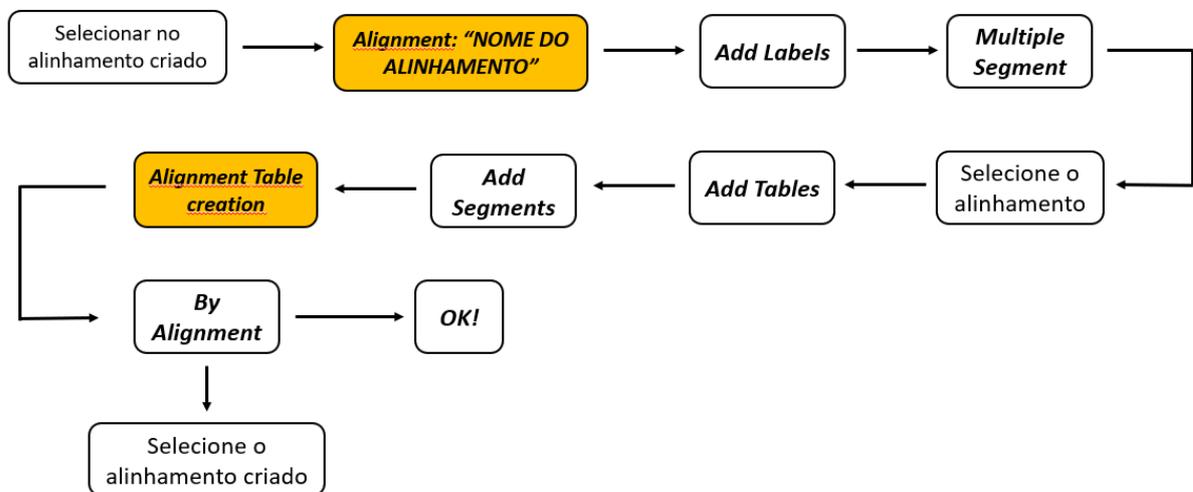
Fonte: Acervo pessoal, 2024

3.3. Análise dos parâmetros da pista

O Civil 3D fornece uma planilha (Tabela 7) para visualização dos parâmetros da rodovia durante o seu desenvolvimento. No entanto, ela não é otimizada, apresentando informações não necessárias para análise de suas propriedades. Para resolver tal problemática, basta exportar essas informações para o Excel, onde os dados podem ser trabalhados de diferentes formas.

Deve ser destacado que a tabela acima não pode ser exportada diretamente e um método usual para reunir essas informações é atribuindo *Labels* aos elementos do alinhamento e a partir deles gerar uma tabela, que por sua vez pode ser exportado através de um plugin do programa (*Civil Table Export*). O Fluxograma abaixo traz o passo a passo para o desenvolvimento da tabela:

Figura 26: Fluxograma para criação da tabela



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Tabela 7: Alignment entities

No.	Type	Tangency Constraint	Parameter Constrai...	Parameter Constraint	Length	Minimum Spiral Length	Radius	Minimum Radius	Design Speed	A	Direction	Start Station	End Station	Delta angle	Chord length	Clock
1	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	137.464m				80 km/h		344° 15' 27...	385+600.00...	385+737.4...			
2	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Passthrough	57.164m		2030.471m	280.000m	80 km/h			385+737.46m	385+794.63m	001.6130 (d)	57.162m	count
3	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	17.440m				80 km/h		342° 38' 40...	385+794.63...	385+812.0...			
4	Spiral	Constrained on Both Sides (Free)		No Parameter	71.355m	20.000m			80 km/h	253.415m		385+812.07m	385+883.42m	002.2713 (d)		
5	Curve	Constrained by Next (Floating)		Radius and Length	190.423m		900.000m	280.000m	80 km/h			385+883.42m	386+073.85m	012.1227 (d)	190.068m	doc
6	Spiral	Constrained by Next (Floating)		Spiral Start Radius and Length	35.000m	20.000m			80 km/h	177.482m		386+073.85m	386+108.85m	001.1141 (d)		
7	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	203.332m				80 km/h		358° 09' 09...	386+108.85...	386+312.1...			
8	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Passthrough	31.978m		1174.275m	280.000m	80 km/h			386+312.18m	386+344.16m	001.5603 (d)	31.977m	doc
9	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	94.169m				80 km/h		359° 42' 46...	386+344.16...	386+438.3...			
10	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Passthrough	41.312m		886.239m	280.000m	80 km/h			386+438.33m	386+479.64m	002.6708 (d)	41.308m	count
11	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	114.558m				80 km/h		357° 02' 31...	386+479.64...	386+594.2...			
12	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Passthrough	65.517m		3198.963m	280.000m	80 km/h			386+594.20m	386+659.71m	001.1735 (d)	65.516m	doc
13	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	535.961m				80 km/h		358° 12' 56...	386+659.71m	387+195.67m			
14.1	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpIn-Radius-SpiOut	30.000m	17.000m			80 km/h	185.742m		387+195.67m	387+225.67m	000.7473 (d)		
14.2	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpIn-Radius-SpiOut	305.178m		1150.000m	280.000m	80 km/h			387+225.67m	387+530.85m	015.2047 (d)	304.283m	
14.3	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpIn-Radius-SpiOut	30.000m	17.000m			80 km/h	185.742m		387+530.85m	387+560.85m	000.7473 (d)		
15	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	38.918m				80 km/h		014° 54' 53...	387+560.85...	387+599.7...			
16	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Passthrough	34.918m		789.342m	280.000m	80 km/h			387+599.77m	387+634.69m	002.5346 (d)	34.915m	doc
17	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	193.416m				80 km/h		017° 26' 58...	387+634.69...	387+828.1...			
18	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Passthrough	94.119m		2689.555m	280.000m	80 km/h			387+828.10m	387+922.22m	002.0050 (d)	94.114m	doc
19	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	122.029m				80 km/h		019° 27' 16...	387+922.22...	388+044.2...			
20	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Passthrough	90.984m		4194.961m	280.000m	80 km/h			388+044.25m	388+135.23m	001.2427 (d)	90.983m	count
21	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	238.482m				80 km/h		018° 12' 42...	388+135.23...	388+373.7...			
22	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Passthrough	28.470m		883.868m	280.000m	80 km/h			388+373.72m	388+402.19m	001.8455 (d)	28.469m	doc
23	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	58.889m				80 km/h		020° 03' 26...	388+402.19...	388+461.0...			
24	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Passthrough	16.622m		414.725m	280.000m	80 km/h			388+461.08m	388+477.70m	002.2964 (d)	16.621m	count
25	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	126.558m				80 km/h		017° 45' 39...	388+477.70...	388+604.2...			
26	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Passthrough	31.396m		920.427m	280.000m	80 km/h			388+604.26m	388+635.65m	001.9544 (d)	31.394m	doc
27	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	33.417m				80 km/h		019° 42' 55...	388+635.65...	388+669.0...			
28	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Passthrough	49.694m		2806.519m	280.000m	80 km/h			388+669.07m	388+718.76m	001.0145 (d)	49.693m	count
29	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	308.426m				80 km/h		018° 42' 02...	388+718.76...	389+027.1...			
30.1	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpIn-Radius-SpiOut	30.000m	23.000m			80 km/h	139.642m		389+027.19m	389+057.19m	001.3222 (d)		
30.2	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpIn-Radius-SpiOut	292.481m		650.000m	280.000m	80 km/h			389+057.19m	389+349.67m	025.7814 (d)	290.020m	
30.3	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpIn-Radius-SpiOut	30.000m	23.000m			80 km/h	139.642m		389+349.67m	389+379.67m	001.3222 (d)		
31	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	477.925m				80 km/h		047° 07' 36...	389+379.67m	389+857.60m			
32	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	317.196m		915.663m	280.000m	80 km/h			389+857.60m	390+174.79m	019.8479 (d)	315.612m	doc
33	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	142.424m				80 km/h		066° 58' 28...	390+174.79...	390+317.2...			
34.1	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpIn-Radius-SpiOut	30.000m	22.000m			80 km/h	150.000m		390+317.21m	390+347.21m	001.1459 (d)		
34.2	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpIn-Radius-SpiOut	413.985m		750.000m	280.000m	80 km/h			390+347.21m	390+761.20m	031.6261 (d)	408.749m	
34.3	Spiral-Curve...	Constrained on Both Sides (Free)		SpIn-Radius-SpiOut	30.000m	22.000m			80 km/h	150.000m		390+761.20m	390+791.20m	001.1459 (d)		
35	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	240.235m				80 km/h		033° 03' 23...	390+791.20...	391+031.4...			
36	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	19.692m		2089.743m	280.000m	80 km/h			391+031.44m	391+051.13m	000.5399 (d)	19.692m	count
37	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	162.490m				80 km/h		032° 31' 00...	391+051.13...	391+213.6...			
38	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	706.320m				80 km/h		032° 33' 52...	391+213.62m	391+919.94m			
39	Curve	Constrained by Previous (Floating)		Passthrough radius	195.291m		1093.094m	280.000m	80 km/h			391+919.94m	392+115.23m	010.2364 (d)	195.031m	count
40	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	403.298m				80 km/h		022° 19' 41...	392+115.23m	392+518.53m			
41	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Passthrough	20.451m		3036.065m	280.000m	80 km/h			392+518.53m	392+538.98m	000.3859 (d)	20.451m	count
42	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	396.851m				80 km/h		021° 56' 32...	392+538.98m	392+935.83m			

Fonte: Acervo pessoal, 2024

Realizando o procedimento acima, todos os elementos do alinhamento estarão na tabela na ordem de como estão distribuídos ao longo da rodovia. Com isso, a exportação pode ser realizada indo em *Add-in* e selecionando a opção *Export to Excel* e, logo em seguida, a tabela de interesse. Agora no Excel, será necessário ocultar ou apagar as tangentes, pois em virtude das imprecisões do mapa presente no Civil 3D e das possíveis falhas construtivas da via, em diversos casos foi necessário realizar desvios sutis para acompanhar o eixo da via, gerando diversos PI e indicando para o programa a necessidade de criação de curvas. Como resultado dessa situação, diversas tangentes foram subdivididas em pequenas tangentes e curvas com ângulos centrais desprezíveis foram criadas (Figura 27), o que não traduz a realidade.

Figura 27: Tangente subdividida em várias pequenas tangentes



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Como foi mostrado acima, muitas curvas geradas não geram impacto real no traçado da pista, dessa forma, foram desconsideradas aquelas cujo ângulo central fosse menor do que 5° . Com toda essa filtragem realizada, serão criadas novas colunas para a planilha, indicando a estaca, a metragem e quilometragem dos pontos PC e PT das curvas horizontais e TS, SC, CS e ST das curvas de transição (espirais),

com o objetivo de identificar o real comprimento das tangentes entre as curvas horizontais. Tanto para o comprimento das tangentes quanto para o raio das curvas fez-se um comparativo entre as dimensões mínimas admissíveis por norma pelo existente na via.

3.4. Correlação entre parâmetros geométricos e acidentes

A partir dos dados de quilometragem presentes tanto na planilha desenvolvida quanto nos levantamentos da PRF, é possível correlacionar cada trecho da rodovia com os acidentes que ocorreram ao longo dos anos. Para isso, criou-se duas novas colunas na planilha, na qual a primeira representa os acidentes que aconteceram na curva e a segunda na tangente logo após a curva de referência (cada linha da tabela representa uma curva horizontal ou curva de transição).

Objetivando visualizar as zonas críticas do traçado no trecho em análise, foi criado um mapa no site VGeo, que espacializa os dados da PRF. Nesse mapa, as gravidades dos acidentes foram distribuídas a cada 10 km. Para isso, foi necessário compilar todos os dados referentes à gravidade dos acidentes no município em estudo em uma planilha Excel, incluindo aqueles em que o relatório da PRF indica outro município, mas cuja quilometragem esteja dentro do trecho analisado. Após somar as gravidades, foi aplicada uma escala de cores, e essas informações foram inseridas no VGeo. O resultado final, com cada trecho representado por sua respectiva cor, foi exportado em formato PDF.

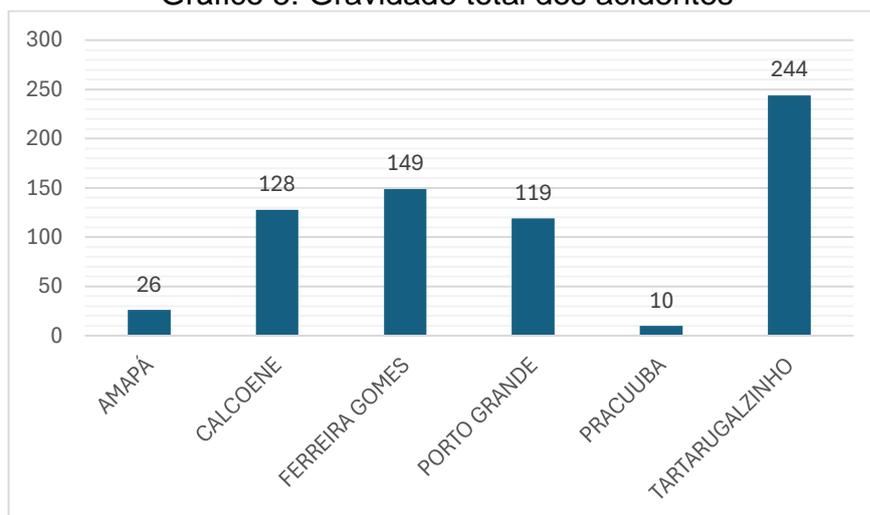
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, será apresentado e analisado os dados obtidos durante a pesquisa, visando responder os objetivos previamente estabelecidos. Inicialmente, como marco inicial do trabalho, houve a necessidade de se encontrar o trecho mais grave no que tange aos sinistros rodoviários.

4.1. Identificação do trecho crítico

Baseado nos procedimentos previamente descritos, foi possível obter os resultados abaixo (Gráfico 5 a 13) e àqueles presentes no Anexo I (Gráfico 15 a 20), nos quais evidenciam a discrepância de Tartarugalzinho aos demais municípios, apresentando uma taxa de gravidade 63,75% acima de Ferreira Gomes, o segundo município com maior gravidade em acidentes. Isso é perceptível quando se analisa cada ano, onde dos oito anos contemplados nesse estudo, em apenas dois (2019 e 2022) Tartarugalzinho não apresentou a maior taxa de gravidade, sendo Ferreira Gomes aquele com a maior taxa.

Gráfico 5: Gravidade total dos acidentes

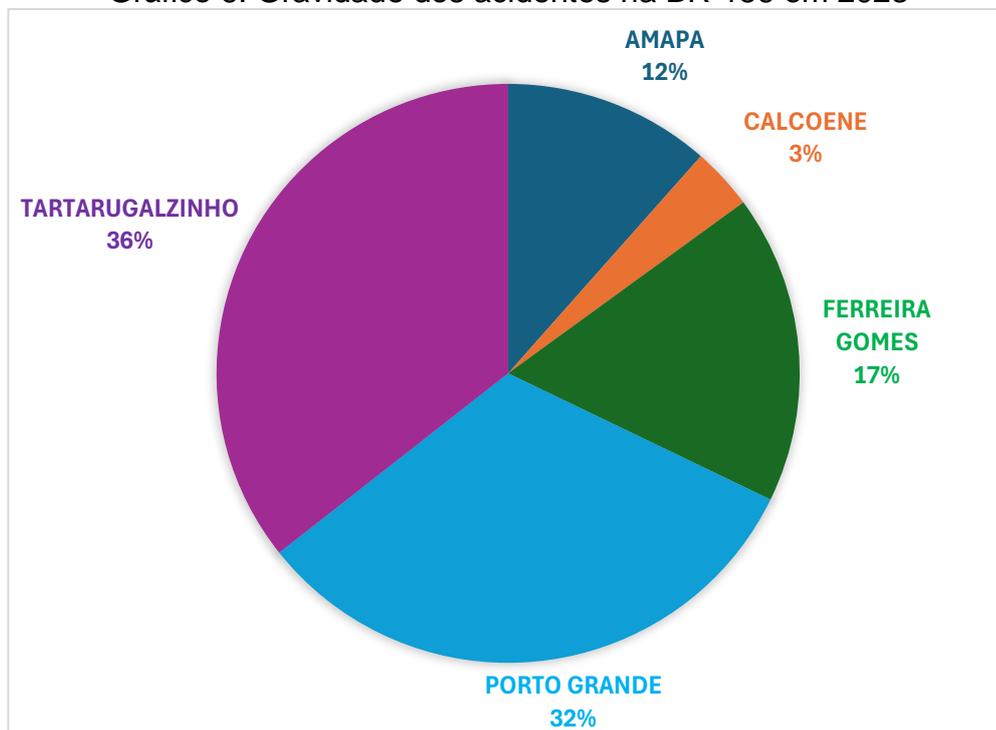


Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Esse resultado se justifica graças ao volume de acidentes ocorridos ao longo desses anos e o número de óbitos. Conforme as Tabela 18 a Tabela 25 presentes no Anexo II, em Tartarugalzinho, entre os anos de 2016 e 2023, ocorreram ao todo 59 acidentes com 170 pessoas envolvidas, nas quais 25,88% são vítimas fatais ou graves. Enquanto isso, em Ferreira Gomes o resultado esteve um pouco abaixo, com

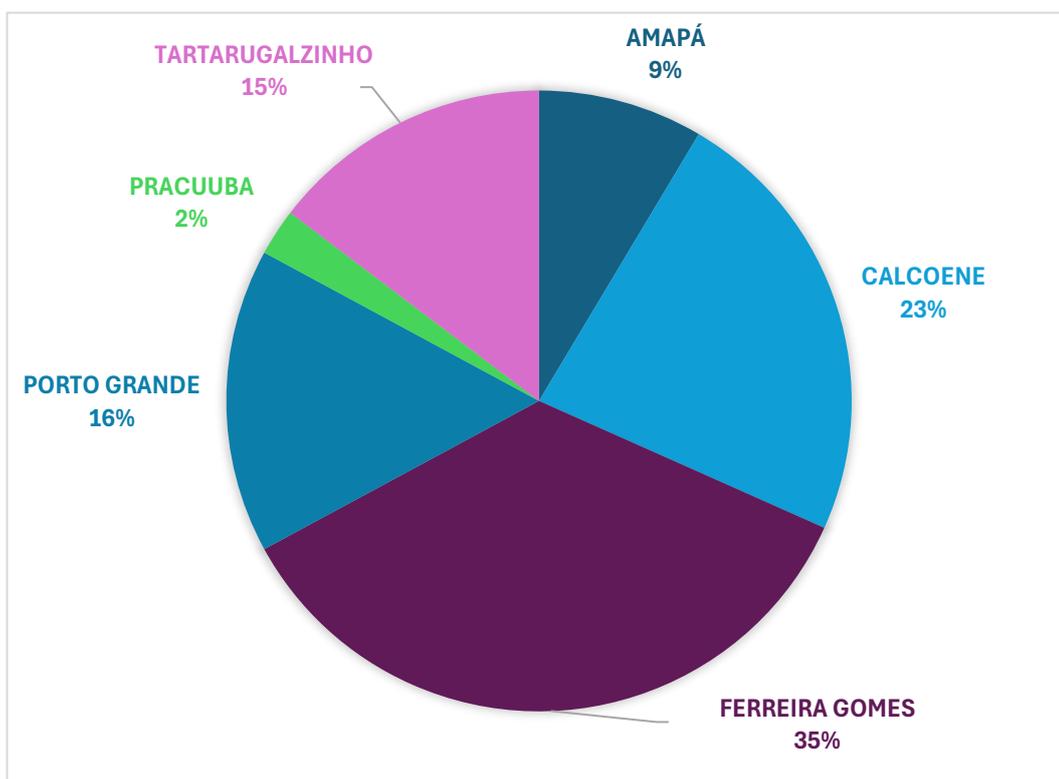
seus 46 acidentes, onde 148 pessoas estiveram envolvidas e destas 18,92% foram vítimas fatais ou graves.

Gráfico 6: Gravidade dos acidentes na BR-156 em 2023



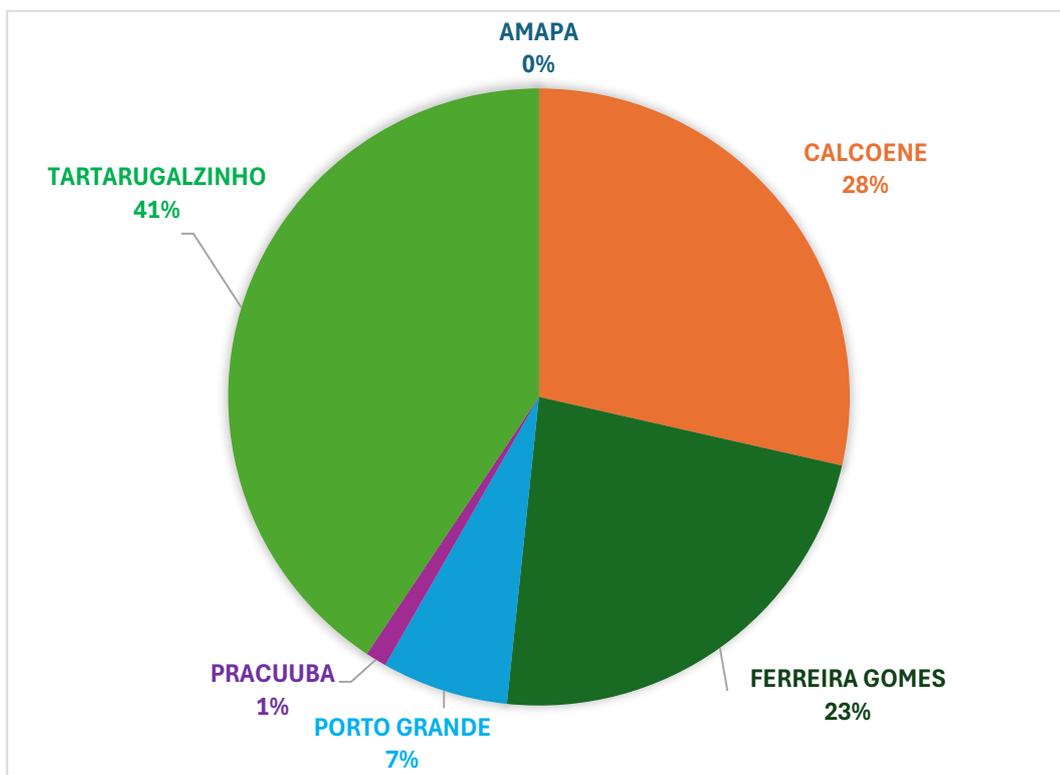
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Gráfico 7: Gravidade dos acidentes na BR-156 em 2022



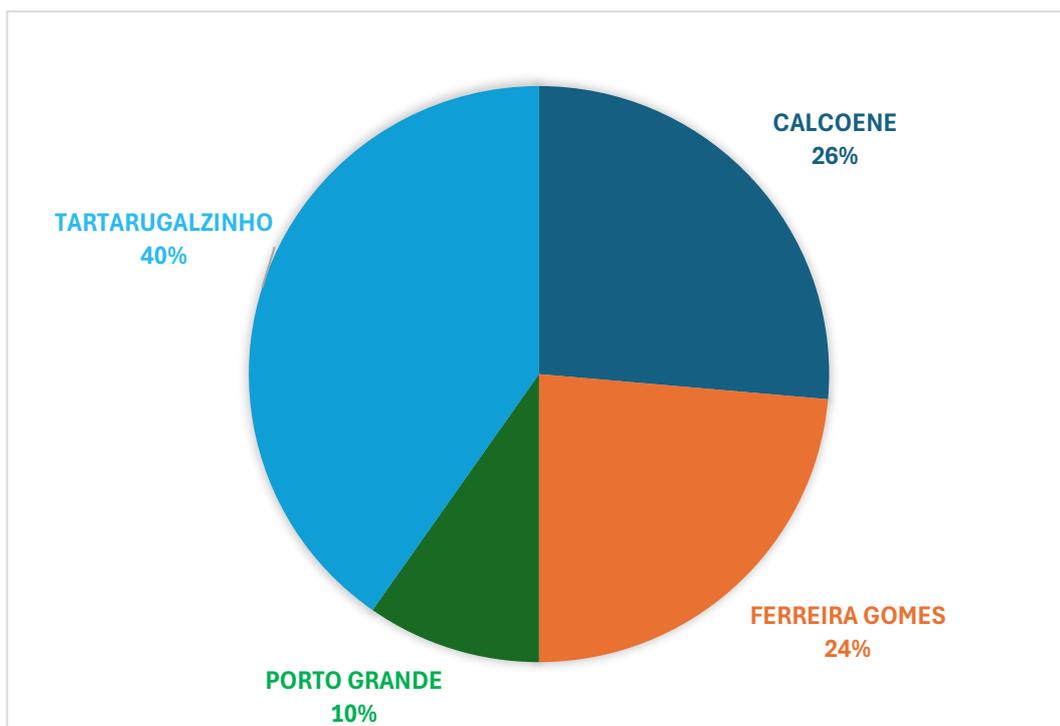
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Gráfico 8: Gravidade dos acidentes na BR-156 em 2021



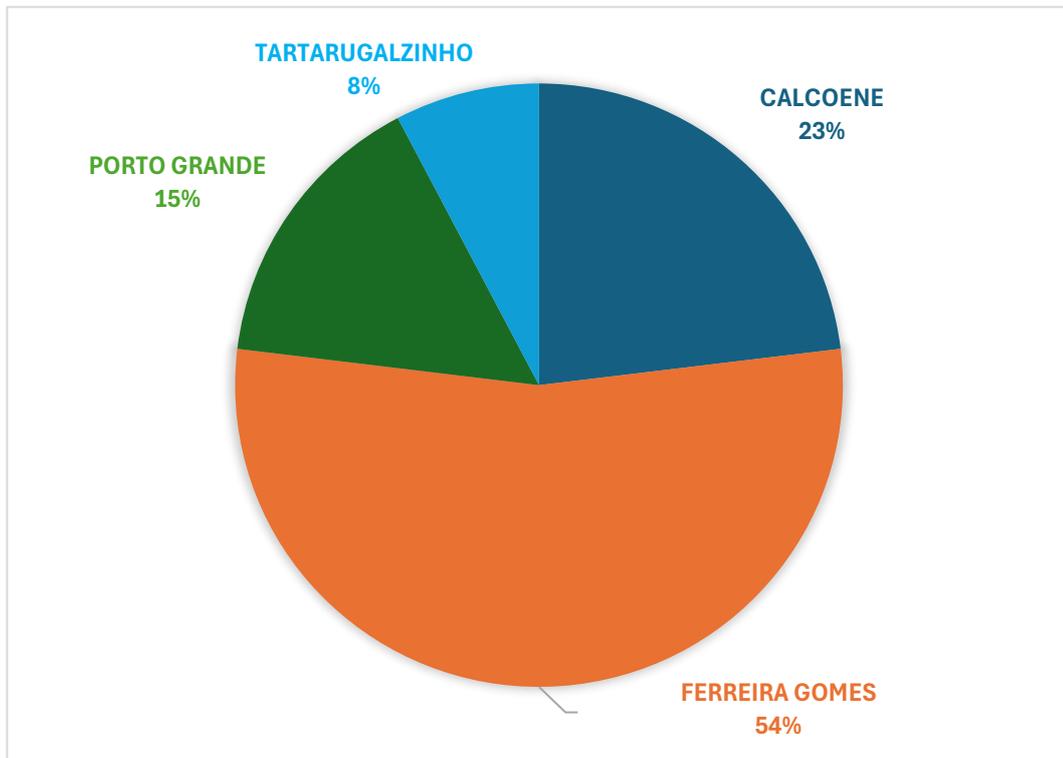
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Gráfico 9: Gravidade dos acidentes na BR-156 em 2020



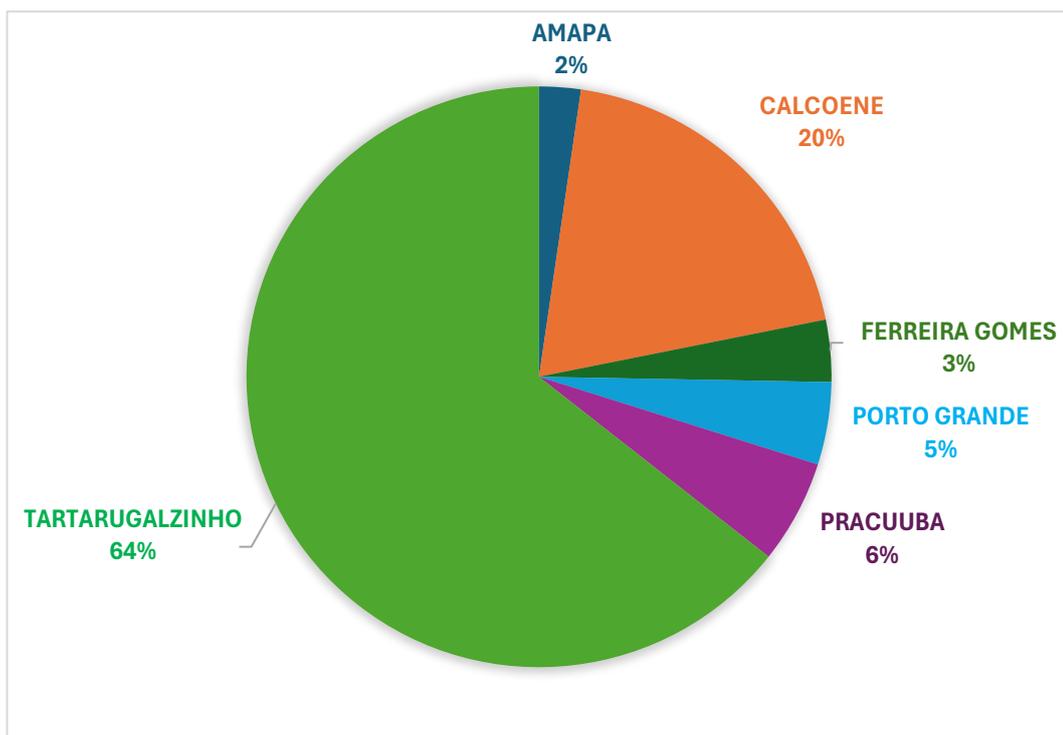
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Gráfico 10: Gravidade dos acidentes na BR-156 em 2019



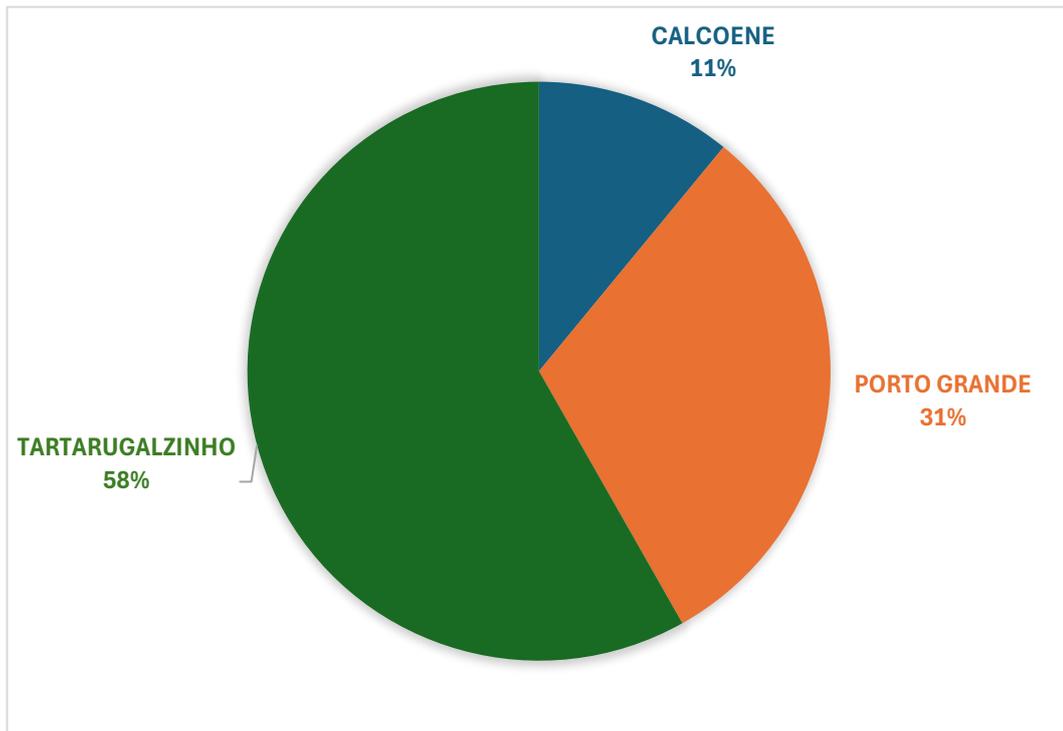
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Gráfico 11: Gravidade dos acidentes na BR-156 em 2018



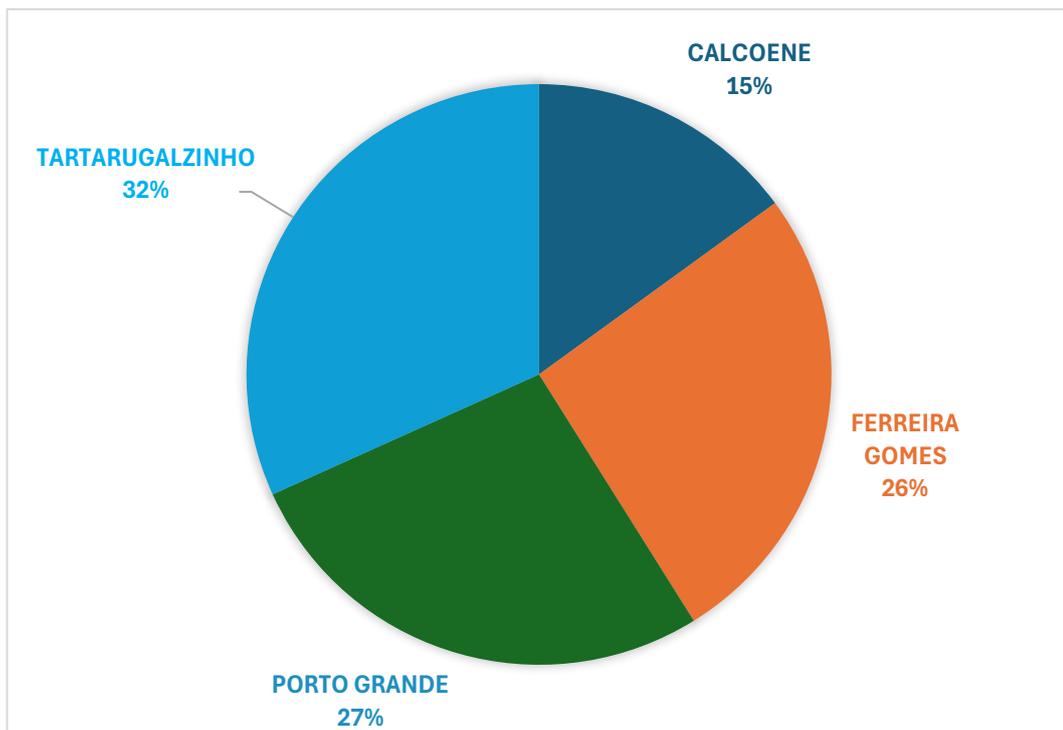
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Gráfico 12: Gravidade dos acidentes na BR-156 em 2017



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Gráfico 13: Gravidade dos acidentes na BR-156 em 2016



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

O Gráfico 20 e a Tabela 22 presentes, respectivamente, no Anexo I e II apresentam um fenômeno atípico, onde percebe-se uma quantidade muito abaixo de acidentes em todos os municípios em análise. No todo, ocorreram apenas oito acidentes, com 10 pessoas envolvidas e 1 óbito registrado, representando a menor taxa de gravidade registrada. Tal situação é mais evidente em Tartarugalzinho, no qual teve sua taxa de gravidade reduzida em 98% de 2018 a 2019. Isso pode ser parcialmente justificado com a implantação do e-DAT em 2015, documento que pode ser emitido por usuários envolvidos em sinistros rodoviários não atendidos presencialmente pela PRF, por exemplo, aqueles sem vítimas lesionadas, resultando em subnotificações (PRF, 2023a; PRF, 2023b). No entanto, não foi possível identificar a causa matriz por essa queda considerável de acidentes.

4.2. Alinhamento da br-156 em Tartarugalzinho

Esses resultados demonstraram como o município de Tartarugalzinho apresenta um cenário destoante em relação aos demais considerados no estudo. Com isso, todo o alinhamento da rodovia, sob a jurisdição de Tartarugalzinho, foi traçado dentro do civil 3D, permitindo obter os parâmetros geométricos dela, conforme pode ser observado no Anexo III. Para o desenvolvimento desse modelo (Figura 28 a 30), foram adotadas as seguintes propriedades:

Tabela 8: Parâmetros adotados para a BR-156 no Civil 3D

PROPRIEDADE	VALORES ADOTADOS
Velocidade de projeto	80 km/h
Valor máximo de superelevação	4%
Número de pistas	2
Tipo de curva de transição	Coroado com espiral

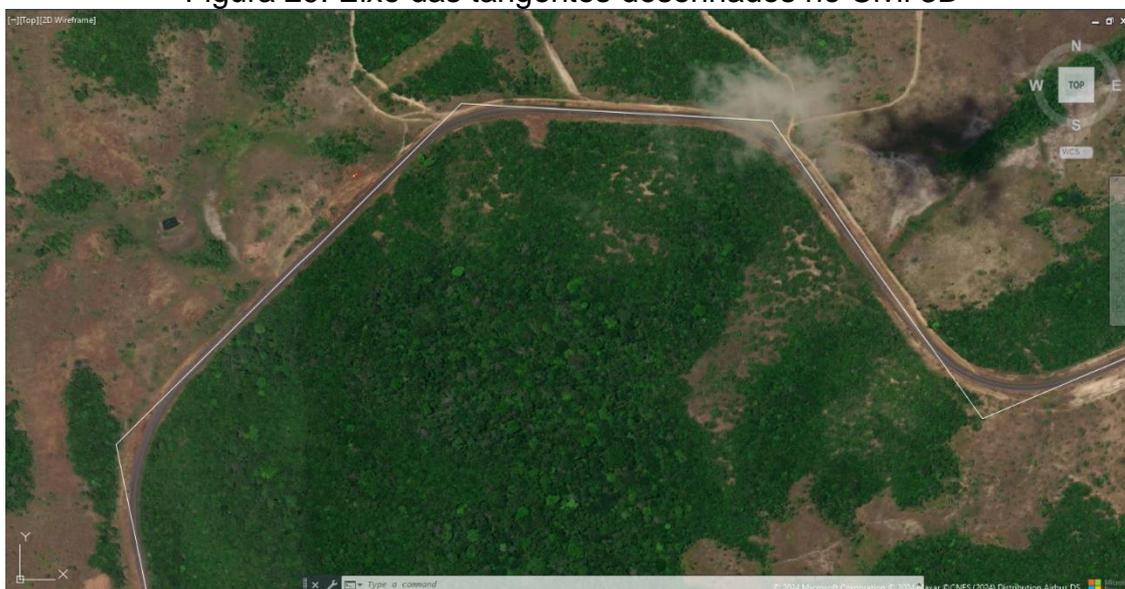
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Figura 28: Mapa ativado no Civil 3D



Fonte: Acervo pessoal, 2024

Figura 29: Eixo das tangentes desenhados no Civil 3D



Fonte: Acervo pessoal, 2024

Figura 30: Alinhamento da BR-156 desenhada no Civil 3D



Fonte: Acervo pessoal, 2024

Quanto as quilometragens, em entrevista realizada em 30 de agosto de 2024 na Unifap com Jobenson Silva, agente da PRF no Amapá, foram reveladas divergências nos dados de quilometragem entre o DNIT, a PRF-AP e os marcos quilométricos ao longo da rodovia. O DNIT utiliza o sistema SNV, que atualiza seus dados semestralmente, sendo essa a fonte de informações para o VGeo, atualmente na versão 202407A. No entanto, tanto os marcos quilométricos (Figura 31 e 32) quanto o banco de dados da PRF-AP apresentam quilometragens desconexas com a atual convenção quilométrica do DNIT, pois em abril de 2024, os marcos quilométricos da BR-156 foram atualizados, conforme pode ser observado nas tabelas abaixo:

Tabela 9: Atuais quilometragens da BR-156 sobre o município de Tartarugalzinho

BR 156: TARTARUGALZINHO			
Quilometragem inicial	Metragem inicial	Metragem da Estaca final	Quilometragem final
385,6	385600	75669,86	461,27

Fonte: DNIT (2024) - Adaptado pelo autor

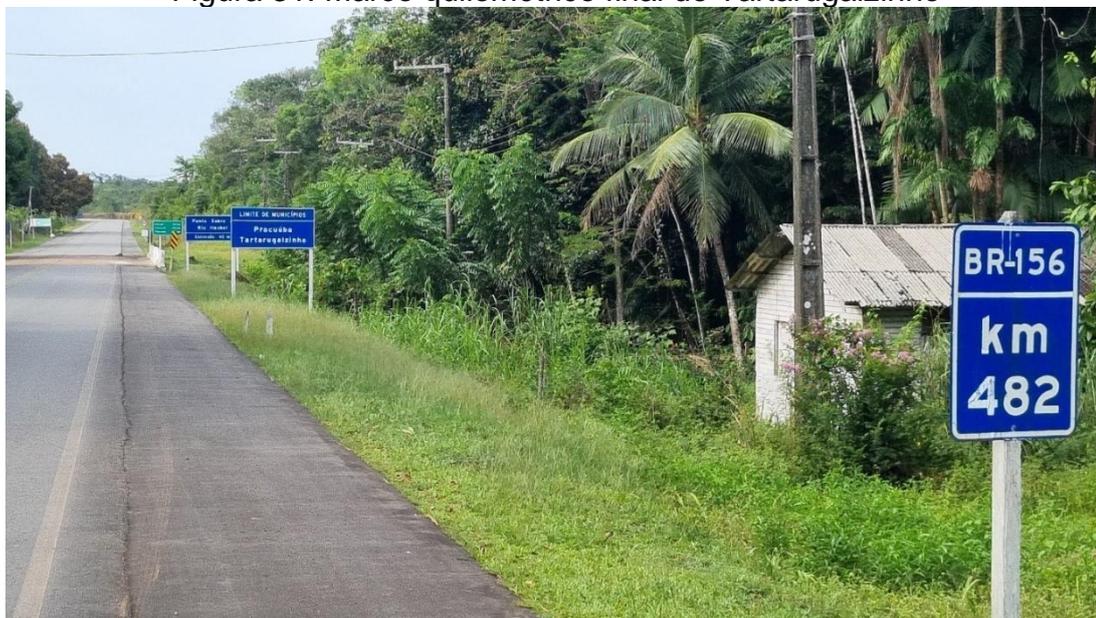
Tabela 10: Quilometragens adotadas pela PRF-AP

BR 156: TARTARUGALZINHO			
Quilometragem inicial	Metragem inicial	Metragem da Estaca final	Quilometragem final
406,1	406100	75669,86	481,77

Fonte: DNIT (2024) - Adaptado pelo autor

Observa-se uma discrepância significativa entre as duas convenções quilométricas, com uma diferença absoluta de 20,5 quilômetros, o que impacta diretamente as análises subsequentes. Diante disso, decidiu-se adotar a convenção antiga, utilizando a quilometragem inicial de 406,1 ao inserir os dados no Civil 3D.

Figura 31: Marco quilométrico final de Tartarugalzinho



Fonte: Acervo pessoal, 2024

Figura 32: Marco quilométrico da divisa entre Ferreira Gomes e Tartarugalzinho



Fonte: Acervo pessoal, 2024

A partir da análise da tabela do Anexo III, nota-se que existem ao todo 70 curvas horizontais, variando entre as simples e as com curvas de transição, sendo que 14 delas não atendem ao raio mínimo estabelecido em norma (280 metros para velocidade de projeto de 80 Km/h). Dentre todas elas, deve-se destacar às curvas C43 e C57 que, para serem percorridas, deve-se reduzir em 30 km/h a velocidade do veículo, visando atender a velocidade máxima de percurso (50 km/h) em curvas com raio mínimo de 98,4 m e máximo de 149,2 m (valores calculados a partir das fórmulas apresentadas no capítulo anterior) e tendo em vista que a maioria dos motoristas percorrem a rodovia acima da velocidade limite, a depender da situação, a redução de velocidade deverá ser brusca, podendo não ser o suficiente para o veículo se manter na pista.

A curva C43 (Figura 34) está situada entre os quilômetros 458,79 e 461,28 (trecho de 2,26 km), onde há 6 curvas horizontais, sendo que apenas uma atende ao raio mínimo exigido. Antes da curva C34 (Figura 34), há um trecho de aproximadamente 50 km de rodovia pavimentada, sem curvas com raios abaixo do mínimo, com uma média de 874,53 m, permitindo condução em alta velocidade. A brusca redução do raio na curva C34 pode representar um fator surpresa, representando um risco significativo para o condutor.

A tabela abaixo reúne todas as curvas que não atendem ao raio mínimo e quais as suas respectivas velocidades máximas permitidas para que o condutor possa trafegar com segurança.

Tabela 11: As curvas fora de norma em Tartarugalzinho e suas velocidades limites

Nº	Raio (m)	Raio mínimo (m)	KM da estaca inicial	KM da estaca final	Velocidade máxima
C34	195,883	280,00	456,13	456,31	60 km/h
C38	250,223	280,00	458,79	459,00	70 km/h
C39	243,582	280,00	459,28	459,50	70 km/h
C40	212,631	280,00	459,81	460,10	70 km/h
C41	201,361	280,00	460,28	460,44	60 km/h
C43	140,000	280,00	461,12	461,28	50 km/h
C46	227,953	280,00	468,31	468,50	70 km/h
C47	213,940	280,00	469,64	469,79	70 km/h
C48	199,107	280,00	469,99	470,17	60 km/h
C51	153,000	280,00	472,51	472,66	60 km/h

C53	221,209	280,00	475,02	475,25	70 km/h
C59	255,658	280,00	477,42	477,64	70 km/h
C63	236,873	280,00	478,76	478,95	70 km/h
C57	144,271	280,00	481,23	481,30	50 km/h

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

A tabela de alinhamento também apresenta a informação a respeito das tangentes. Ao todo, foram consideradas 71 tangentes ao longo do traçado, sendo que 21 delas não apresentam o comprimento mínimo de 320m. De forma semelhante as curvas horizontais, à medida que se aproxima do perímetro urbano do município, mais frequentes são essas tangentes fora de norma. Vários podem ser os fatores desse problema, no entanto, a sua causa central não foi identificada.

Segue a Tabela 12 com os principais resultados referentes ao alinhamento da BR-156 em Tartarugalzinho:

Tabela 12: Resumo dos resultados sobre o alinhamento

Elemento	Resultados
Curva	<p>Sobre as curvas horizontais:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Existe um total de 70 curvas horizontais, onde 14 não atendem ao raio mínimo de 280m; • As curvas C43 e C57 são as mais fechadas (ver a Tabela 11); • A curva C34 pode representar um fator surpresa por ser a primeira curva a não atender o raio mínimo ao longo do alinhamento de Tartarugalzinho;
Tangente	<p>Sobre as tangentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Existe um total de 71 tangentes, sendo que 21 delas não possuem o comprimento mínimo de 320 m

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

4.3. Localização imprecisa dos acidentes nos relatórios

Entre as informações fornecidas pelo relatório da PRF, a localização dos acidentes por quilometragem foi fundamental para as análises deste estudo. No entanto, é necessário destacar alguns problemas na determinação exata do local do sinistro. Além dos casos em que os acidentes foram registrados em um município, mas com quilometragem incompatível com a localidade informada — fato que, conforme explicado Jobenson em entrevista, pode ser resultado de falhas no sistema — há também inconsistências nas coordenadas geográficas fornecidas no relatório e no método utilizado pela PRF para localizar os acidentes por quilômetro.

No caso das coordenadas, as fornecidas pela PRF são frequentemente imprecisas, não refletindo corretamente o local onde o acidente teria ocorrido. Em alguns casos, foram identificados sinistros, tanto de anos diferentes quanto semelhantes, que compartilham a exata mesma coordenada, e em outros, a coordenada indicava um ponto totalmente diferente do quilômetro mencionado. Já o método de localização por quilômetro também apresenta limitações, uma vez que, dentro de um único quilômetro, pode haver várias tangentes e curvas, tornando impossível determinar com precisão o local exato do sinistro. Tudo isso, interfere no processo de locar os acidentes na tabela do anexo III.

4.4. Correlação entre os acidentes e as falhas no alinhamento

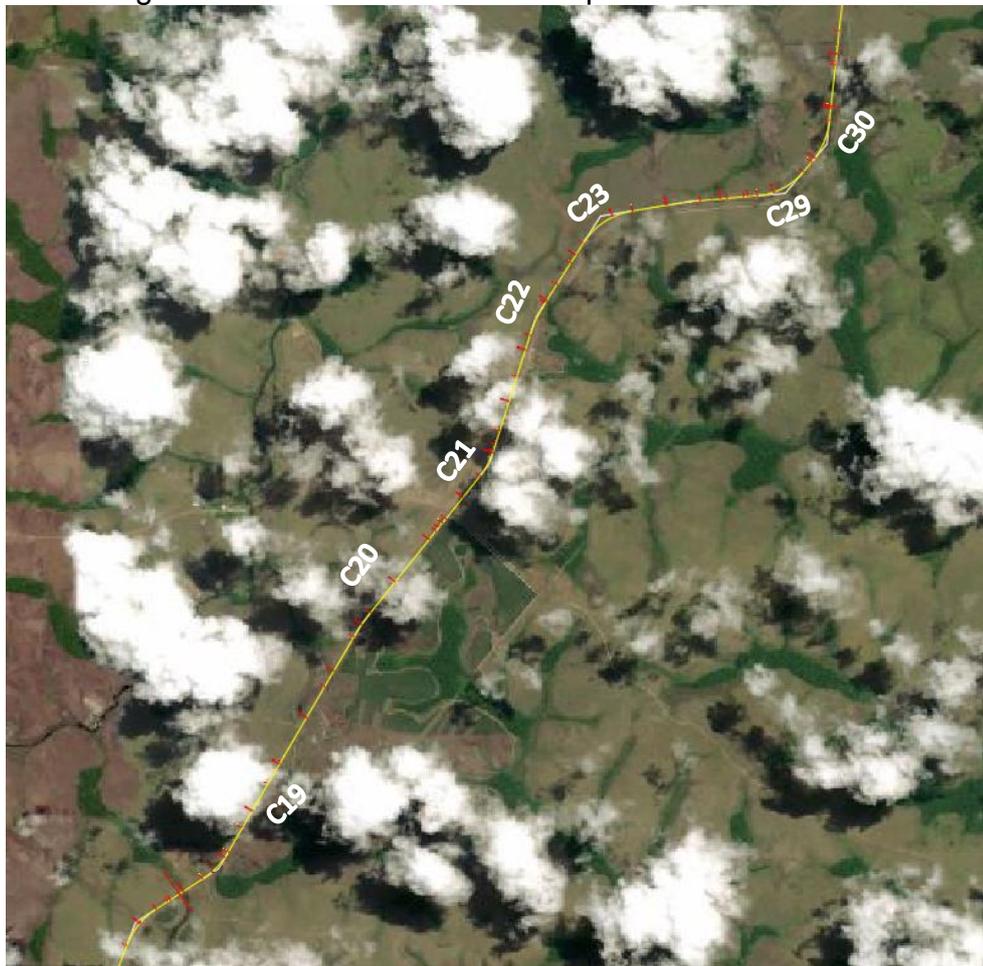
A partir das tabelas de cálculo de gravidade presentes no Anexo II, foi possível desenvolver a Tabela 14 na qual destrincha a gravidade para cada trecho de 10 km ao longo do alinhamento da rodovia. Seus resultados foram inseridos em forma de diagrama de cores dentro do software Vgeo, permitindo gerar um mapa (Anexo V) e identificar qual a região é a mais precária no que tange a segurança.

A Tabela 14 e o mapa revelam que o trecho mais crítico da rodovia está localizado entre os quilômetros 426 e 456, onde foram registrados 21 dos 52 acidentes e onde se concentra 55,29% da gravidade total calculada para o trecho de Tartarugalzinho. Destaca-se especialmente o segmento entre os quilômetros 436 e 446 (Figura 33), que apresenta a maior gravidade, com um índice de 44. Nesse trecho, a Tabela 15 revela que 60% dos sinistros foram atribuídos a fatores humanos, principalmente à "falta de atenção à condução." Outros 30% foram causados por problemas na infraestrutura da pista, enquanto 10% resultaram de falhas mecânicas. Além disso, uma característica comum a todos esses acidentes é que ocorreram em condições de baixa visibilidade, o que pode explicar a predominância de casos relacionados à falta de atenção dos condutores.

A tabela do Anexo III evidencia que vários acidentes ocorreram em trechos de tangentes longas, o que, conforme a literatura especializada, pode acentuar a monotonia da condução, levando ao cansaço mental e perda de atenção do motorista. Um dado relevante é que três dos quatro sinistros associados à falta de atenção no trecho crítico ocorreram ao anoitecer, o que agrava a situação, já que o condutor

poderia estar ainda mais fatigado após um longo período de viagem, potencializando os riscos de acidentes nessas condições.

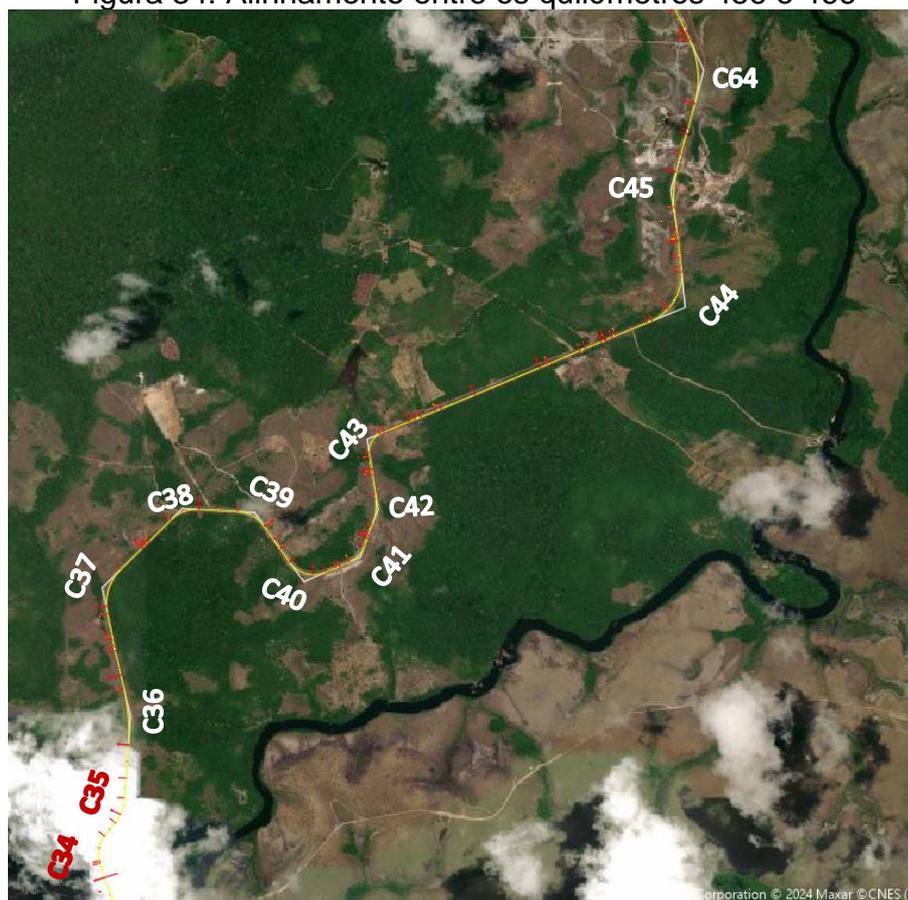
Figura 33: Alinhamento entre os quilômetros 436 e 446



Fonte: Acervo pessoal, 2024

O trecho entre os quilômetros 456 e 476 (Figura 34) concentra a maioria das inconsistências geométricas do alinhamento em Tartarugalzinho. No primeiro subtrecho (456-466), ao longo de 10 km, existem 14 curvas horizontais, das quais 6 não atendem ao raio mínimo exigido e 8 são acompanhadas por tangentes com comprimento inferior ao necessário entre curvas. Embora esse segmento registre a mesma quantidade de acidentes que o trecho mais crítico, os incidentes são menos graves.

Figura 34: Alinhamento entre os quilômetros 456 e 466



Fonte: Acervo Pessoal, 2024.

Os dados da Tabela 16 mostram que 7 dos 10 acidentes nesse trecho ocorreram em curvas horizontais, sendo que, em 3 desses casos, a curva foi identificada como a causa principal. Embora as demais causas não apontem diretamente o raio da curva como o fator determinante, as curvas podem desempenhar um papel crucial nos acidentes, atuando como um fator complementar para sua ocorrência, tendo em mente que os relatórios da PRF apontam para determinados pontos, cujas curvas existentes não atendem ao raio mínimo exigido.

Entre as curvas desse segmento, a C43 se destaca por ser a mais fechada, o que exige uma redução brusca de velocidade para atravessá-la com segurança. Sua periculosidade é evidente pelo número de acidentes registrados, sendo a curva com maior incidência de sinistros junto com a C41, inclusive com um deles atribuído à "curva acentuada" como causa principal. Além disso, a presença de uma tangente de 2 km de extensão permite que os motoristas trafeguem em alta velocidade antes de chegar à curva, agravando o risco. O guard rail instalado no local, um indicativo de

que as autoridades já haviam identificado o perigo há muitos anos (Figura 35), está em péssimo estado de conservação devido aos impactos de veículos (Figura 36).

Figura 35: Guard Rail da Curva C43 destruído por impacto (julho de 2012)



Fonte: Google maps, 2024.

Figura 36: Guard Rail da Curva C43 destruído por impacto (outubro de 2022)



Fonte: Google maps, 2024.

O segundo subtrecho entre os quilômetros 466 e 476 (Figura 37) adentra o espaço urbano de Tartarugalzinho e também apresenta problemas no alinhamento, com 12 curvas horizontais, das quais 5 estão fora de norma e, diferentemente dos trechos anteriores, todos os acidentes registrados pela PRF nesse segmento têm relação direta com o fator humano (Tabela 17). A possível não interferência dos elementos da via pode estar atrelada à localização em área urbana, onde há maior fiscalização, controle de velocidade e maior fluxo de veículos e pedestres, exigindo maior cautela dos condutores.

Figura 37: Alinhamento entre os quilômetros 466 e 476



Fonte: Acervo Pessoal, 2024.

Segue a Tabela 13 com os principais resultados referentes aos trechos analisados nessa pesquisa:

Tabela 13: Resumo sobre os trechos analisados

Trecho (km)	Resultados
436 - 446	<p>Quanto aos sinistros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 60% estão relacionados ao fator humano, principalmente à “falta de atenção à condução”; • 30% foram atribuídos a problemas na infraestrutura viária; • 10% relacionados a problemas mecânicos; • Todos ocorreram num período de baixa visibilidade, o que justificaria a frequência dos acidentes cuja causa é a falta de atenção. <p>Quanto ao alinhamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seu alinhamento não é problemático, porém as longas tangentes poderiam contribuir para os tantos casos relacionados a “falta de atenção à condução”.
456 - 466	<p>Quanto aos sinistros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 7 dos 10 acidentes desse trecho ocorreram em curvas horizontais, sendo que em 3 casos a própria curva foi apontada como a causa central do sinistro. <p>Quanto ao alinhamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esse é o trecho que mais possui elementos fora de norma, onde 6 das 14 curvas existentes não atendem ao raio mínimo. • A curva C43 possui o menor raio e a maior incidência de acidentes, com 3 casos registrados; • A periculosidade da curva C43 é alta, pois está acompanhada por uma longa tangente de 2km onde é possível o tráfego em alta velocidade; • O Guard-Rail presente nessa curva é um indicativo que as autoridades reconhecem sua periculosidade.
466 - 476	<p>Quanto aos sinistros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Todos os acidentes estão relacionados com o fator humano e a possível não interferência das falhas no alinhamento pode estar relacionado com o ambiente urbano; <p>Quanto ao alinhamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esse trecho também apresenta elementos fora de norma, porém numa quantidade inferior a anterior.

Fonte: Acervo Pessoal, 2024.

Tabela 14: Cálculo de gravidade sobre cada trecho em Tartarugalzinho

INTERVALO	KM	PESSOAS	MORTOS	FERIDOS LEVES	FERIDOS GRAVES	ILESOS	IGNORADOS	FERIDOS	GRAVIDADE	SOMATÓRIO
406-416	406	3	0	1	0	2	0	1	1	10
	406	1	0	0	0	1	0	0	0	
	409	2	0	1	0	1	0	1	1	
	410	2	0	1	1	0	0	2	4	
	410	2	0	0	0	1	1	0	0	
	410	1	0	0	0	1	0	0	0	
	411	3	0	3	0	0	0	3	3	
	414,2	1	0	1	0	0	0	1	1	
416-426	416	2	0	2	0	0	0	2	2	24
	418,1	2	1	0	0	0	1	0	5	
	420	6	0	3	2	1	0	5	9	
	420	3	1	0	1	1	0	1	8	
	423	3	0	0	0	1	2	0	0	
426-436	427	4	0	2	2	0	0	4	8	36
	427,5	6	0	4	2	0	0	6	10	
	430	4	1	1	0	0	2	1	6	
	433,6	3	0	3	0	0	0	3	3	
	434	2	0	2	0	0	0	2	2	
	434	2	1	1	0	0	0	1	6	
	435	1	0	1	0	0	0	1	1	
436-446	436	6	1	5	0	0	0	5	10	44
	437	3	1	2	0	0	0	2	7	
	437	3	0	0	2	0	1	2	6	
	437,4	1	0	0	0	0	1	0	0	
	438	4	0	2	2	0	0	4	8	
	441	2	0	0	0	1	0	1	3	

	441	4	0	4	0	0	0	4	4	
	442	2	0	2	0	0	0	2	2	
	444,7	3	0	1	0	2	0	1	1	
	445	2	0	0	1	1	0	1	3	
446-456	449	7	2	1	4	0	0	5	23	35
	452	3	0	2	0	1	0	2	2	
	453	3	1	1	1	0	0	2	9	
456-466	453	2	0	1	0	1	0	1	1	26
	456	2	0	1	0	1	0	1	1	
	458	1	0	1	0	0	0	1	1	
	460	3	0	0	0	3	0	0	0	
	460	1	1	0	0	0	0	0	5	
	461	1	0	1	0	0	0	1	1	
	461	4	0	4	0	0	0	4	4	
	462	1	0	0	0	0	1	0	0	
	462	1	0	0	1	0	0	1	3	
	464	2	0	0	1	0	1	1	3	
465	6	1	0	1	4	0	1	8		
466-476	467	5	0	1	2	2	0	3	7	25
	467	4	1	2	0	1	0	2	7	
	469	2	0	2	0	0	0	2	2	
	472	4	0	2	0	2	0	2	2	
	472	5	0	2	0	0	3	2	2	
	474	2	1	0	0	0	1	0	5	
476-482	478	2	0	2	0	0	0	2	2	8
	482	4	0	3	1	0	0	4	6	

Fonte: PRF (2024) - Adaptado pelo autor, 2024

Tabela 15: Acidentes no trecho mais crítico de Tartarugalzinho

ANO	KM	CAUSAS DO ACIDENTE	TIPO DO ACIDENTE	CLASSIFICAÇÃO DO ACIDENTE	FASE DO DIA	SENTIDO DA VIA	TEMPO	TRECHO
2020	435	Falta de Atenção à Condução	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Crescente	Chuva	Reta
2018	436	Pista Escorregadia	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Fatais	Pleno dia	Crescente	Chuva	Reta
2023	437	Avárias e/ou desgaste excessivo no pneu	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Fatais	Plena Noite	Decrescente	Nublado	Reta
2022	437,4	Ingestão de álcool pelo condutor	Capotamento	Sem Vítimas	Plena Noite	Crescente	Céu Claro	Reta
2017	437	Falta de Atenção à Condução	Colisão transversal	Com Vítimas Feridas	Anoitecer	Decrescente	Ignorado	Curva
2020	438	Falta de Atenção à Condução	Capotamento	Com Vítimas Feridas	Anoitecer	Decrescente	Nublado	Reta
2021	441	Iluminação deficiente	Atropelamento de Pedestre	Com Vítimas Feridas	Plena Noite	Crescente	Céu Claro	Reta
2017	441	Pista Escorregadia	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Feridas	Anoitecer	Crescente	Chuva	Reta
2016	442	Falta de atenção	Colisão com objeto fixo	Com Vítimas Feridas	Anoitecer	Crescente	Ignorada	Reta
2017	444,7	Velocidade Incompatível	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Crescente	Chuva	Curva

Fonte: PRF (2024) - Adaptado pelo autor, 2024

Tabela 16: Acidentes entre os quilômetros 456 e 466

ANO	KM	CAUSAS DO ACIDENTE	TIPO DO ACIDENTE	CLASSIFICAÇÃO DO ACIDENTE	FASE DO DIA	SENTIDO DA VIA	TEMPO	TRECHO
456	2022	Reação tardia ou ineficiente do condutor	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Feridas	Plena Noite	Crescente	Chuva	Reta
458	2023	Problema na suspensão	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Crescente	Nublado	Curva
460	2022	Reação tardia ou ineficiente do condutor	Saída de leito carroçável	Sem Vítimas	Amanhecer	Decrescente	Céu Claro	Curva
460	2021	Curva acentuada	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Fatais	Pleno dia	Crescente	Nublado	Curva
461	2022	Acúmulo de água sobre o pavimento	Tombamento	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Crescente	Chuva	Curva
461	2021	Avárias e/ou desgaste excessivo no pneu	Colisão frontal	Com Vítimas Feridas	Amanhecer	Crescente	Céu Claro	Curva
462	2023	Curva acentuada	Saída de leito carroçável	Sem Vítimas	Anoitecer	Crescente	Garoa/Chuvisco	Curva

462	2021	Curva acentuada	Colisão com objeto	Com Vítimas Feridas	Plena Noite	Decrescente	Céu Claro	Curva
464	2016	Falta de atenção	Colisão Transversal	Com Vítimas Feridas	Plena noite	Crescente	Céu Claro	Reta
465	2018	Velocidade Incompatível	Colisão transversal	Com Vítimas Fatais	Pleno dia	Decrescente	Céu Claro	Reta

Fonte: PRF (2024) - Adaptado pelo autor, 2024

Tabela 17: Acidentes entre os quilômetros 466 e 476

ANO	KM	CAUSAS DO ACIDENTE	TIPO DO ACIDENTE	CLASSIFICAÇÃO DO ACIDENTE	FASE DO DIA	SENTIDO DA VIA	TEMPO	TRECHO
467	2021	Condutor Dormindo	Colisão traseira	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Crescente	Nublado	Reta
467	2016	Dormindo	Saída de Pista	Com Vítimas Fatais	Pleno dia	Decrescente	Céu Claro	Curva
469	2022	Velocidade Incompatível	Capotamento	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Decrescente	Nublado	Curva
472	2023	Ingestão de álcool pelo condutor	Colisão transversal	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Decrescente	Sol	Reta
472	2020	Avarias e/ou desgaste excessivo no pneu	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Crescente	Céu Claro	Curva
474	2018	Desobediência às normas de trânsito pelo pedestre	Atropelamento de Pedestre	Com Vítimas Fatais	Amanhecer	Crescente	Céu Claro	Reta

Fonte: PRF (2024) - Adaptado pelo autor, 2024

Com base nas informações presentes no Anexo IV, foi possível elaborar o Gráfico 14, que reúne todas as causas de acidentes registradas pela PRF ao longo dos anos, oferecendo um panorama geral dos acidentes em Tartarugalzinho. Observa-se que apenas um número muito reduzido de acidentes foi atribuído a falhas no alinhamento da rodovia, com apenas três casos, como o ilustrado na Figura 38. Esse comportamento é esperado, pois as literaturas especializadas apontam o fator humano como o principal responsável pelos acidentes, o que também se confirma em Tartarugalzinho, onde mais da metade dos sinistros (51,29%) foram causados por esse motivo, com destaque para "velocidade incompatível" como a principal infração (Figura 39).

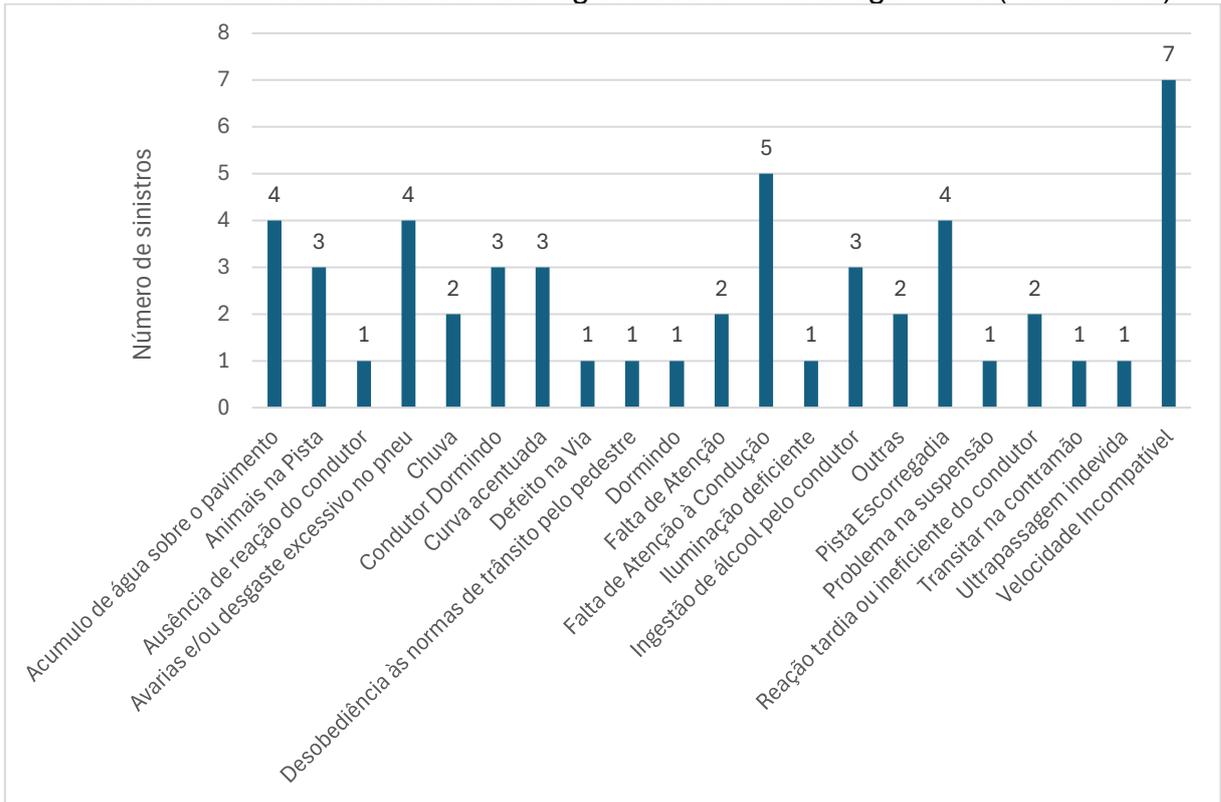
Todavia, o baixo número de acidentes relacionados a problemas no alinhamento da via pode não ser apenas consequência das condições do trecho. Na entrevista realizada com Jobenson, foi apontada a falta de treinamento técnico especializado dos agentes, o que limita a precisão na identificação das causas reais dos sinistros. Muitas vezes, acidentes que podem ter sido influenciados por questões geométricas ou deficiências da via são classificados de forma simplificada como falhas humanas.

Figura 38: Acidente em 2023 no KM 462 com causa presumível a "curva acentuada"



Fonte: Acervo Pessoal, 2024.

Gráfico 14: Causas dos acidentes registrados em Tartarugalzinho (2016-2023)



Fonte: PRF, 2024 – Adaptado pelo autor.

Figura 39: Acidente em 2023 no KM 453 com causa presumível o excesso de velocidade



Fonte: Acervo Pessoal, 2024.

Embora o alinhamento da BR-156 não seja uma causa frequente nos acidentes registrados, a drenagem da pista se destaca como um fator significativo. Conforme o Gráfico 14, há uma alta incidência de acidentes relacionados à presença de água na via, com 10 registros (Figura 40 e 41), representando cerca de 20% dos sinistros em Tartarugalzinho. Esse problema pode estar ligado a falhas na execução ou no projeto, especialmente quanto à declividade mínima de 2% para garantir o escoamento adequado da água e evitar aquaplanagem. Esse tipo de acidente também foi registrado no trecho crítico em duas ocasiões, reforçando a importância da drenagem na segurança viária.

Outro fator que contribui para o elevado número de acidentes relacionados à água na pista são as chuvas torrenciais que ocorrem com frequência no estado do Amapá, especialmente durante o inverno amazônico. As precipitações intensas, comuns nessa região, intensificam os problemas de drenagem, acumulando água na rodovia, o que torna as condições de condução ainda mais perigosas.

Figura 40: Acidente em 2023 no KM 410 com causa presumível o acúmulo de água no pavimento



Fonte: Acervo Pessoal, 2024.

Figura 41: Acidente em 2023 no KM 457 com causa presumível a pista escorregadia



Fonte: Acervo Pessoal, 2024.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados da PRF foram essenciais para a identificação do trecho crítico no tronco norte da BR-156, pois seu levantamento de informações a respeito dos acidentes permitiu quantificar o nível de gravidade dos acidentes e delimitar a área crítica de acidentes. Porém, existem pontos a serem melhorados. A localização exata dos acidentes apresenta inconsistências, com registros atribuídos a quilometragens incorretas ou coordenadas imprecisas. Além disso, a falta de capacitação técnica dos agentes para identificar corretamente as causas dos sinistros também compromete a precisão das informações, resultando em dados menos confiáveis e dificultando uma análise mais aprofundada.

Quanto ao alinhamento da rodovia, o Civil 3D demonstrou ser a ferramenta ideal para os objetivos deste trabalho. Suas funcionalidades permitiram modelar e extrair o máximo de informações do traçado da rodovia, o que seria extremamente trabalhoso se realizado em ferramentas CAD. Porém, pelo alinhamento ter sido desenvolvido sobre o mapa disponível no Software, tendo nele um desalinhamento entre imagens de diferentes anos e nuvens sobre determinados pontos da rodovia, tornam alguns pontos do alinhamento destoantes da realidade.

Quando combinadas ambas as informações obtidas, torna-se evidente a influência do alinhamento da pista na ocorrência dos sinistros. Nesse contexto, o segmento entre os quilômetros 456 e 466 apresenta a maior correlação, com um número significativo de acidentes ocorrendo em curvas cujo raio, em grande parte, não atende ao mínimo exigido pelas normas. Enquanto isso, no trecho crítico, essa relação é mais sutil, e as longas tangentes podem estar contribuindo para o cansaço mental dos motoristas, o que justificaria a alta incidência de acidentes atribuídos à "falta de atenção à condução. Ademais, o estudo também identificou outro fator relevante: a drenagem da pista, onde aproximadamente 20% dos acidentes em Tartarugalzinho foram influenciados pela presença de água na pista, tendo casos no trecho crítico.

Esta pesquisa é de grande importância para o Estado do Amapá, pois destaca os principais pontos que requerem melhorias no traçado da BR-156. No entanto, não abrange todas as análises necessárias para o desenvolvimento completo de um projeto rodoviário, devido à falta de informações topográficas locais, o que

impossibilitou a avaliação do alinhamento vertical da via. Espera-se que estudos complementares sejam realizados no futuro, com o objetivo de fornecer uma visão mais abrangente do problema, permitindo a implementação de soluções mais detalhadas e eficazes. A seguir, serão sugeridas algumas propostas para futuros trabalhos acadêmicos:

- Verificação da drenagem da BR-156 ao longo de Tartarugalzinho;
- Análise e elaboração de propostas de sinalizações verticais nos trechos de maior risco;
- Realizar uma análise altimétrica do traçado da pista, fazendo as considerações normativas no que diz respeito a visibilidade e a geometria das curvas verticais;
- Elaboração de um projeto geométrico para o segmento entre os quilômetros 456 e 466;
- Desenvolver uma análise correlacionado a consistência geométrica da BR-156 e os acidentes em Tartarugalzinho;

REFERÊNCIAS

ALEIXO, Rafael. Mais de 160 militares do Exército atuam em pavimentação no trecho sul da BR-156, no Amapá. **G1 AMAPÁ**, 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/ap/amapa/noticia/2024/02/07/mais-de-160-militares-do-exercito-atuam-em-pavimentacao-no-trecho-sul-da-br-156-no-amapa.ghtml>. Acesso em: 29 jul. 2024.

ANDRIOLA, César Luís. **Análise da Frequência e Severidade de Acidentes Viários em Curvas de Rodovias de Pista Simples**: o caso da BR 116. Orientador: Daniel Sergio Presta García. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.697: Pesquisa em acidentes de trânsito: terminologia**. Rio de Janeiro, 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997**. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19503compilado.htm. Acesso em: 17 jul. 2024.

BARBOSA, Cleber. BR 156: A vovó das rodovias federais em construção no Brasil fica no Amapá. **Diário do Amapá**, 2018. Disponível em: <https://www.diariodoamapa.com.br/cadernos/cidades/br-156-a-vovo-das-rodovias-federais-em-construcao-no-brasil-fica-no-amapa/#:~:text=Ela%20%C3%A9%20tida%20como%20a.As%20obras%20come%C3%A7aram%20em%201932>. Acesso em: 29 jul. 2024.

BURACOS na BR-156 aumentam risco de acidentes e atrasam viagens no Amapá. **Estradas**, 2019. Disponível em: <https://estradas.com.br/buracos-na-br-156-aumentam-risco-de-acidentes-e-atrasam-viagens-no-amapa/>. Acesso em: 30 jul. 2024.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Acidentes rodoviários e infraestrutura**. Brasília: CNT, 2018

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Painel CNT de Acidentes Rodoviários**, 2024. Disponível em: <https://cnt.org.br/painel-acidente>.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais**. Rio de Janeiro, 1999.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Plano Nacional de Viação e Sistema Nacional de Viação**, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/atlas-e-mapas/pnv-e-snv>. Acesso em: 30 de ago. 2024.

ELVIK, R. **Laws of accident causation**. 18th ICTCT workshop. Norway, 2006. 15 p. Disponível em: https://www.ictct.net/wp-content/uploads/18-Helsinki-2005/ictct_document_nr_57_S7_Elvik.pdf. Acesso em: 16 de jul. 2024

FIGUEIREDO, Fabiana. Novo PAC vai garantir integração regional ao Amapá com a pavimentação de cerca de 300 quilômetros da Rodovia BR-156. **Portal Governo do Amapá**, 2023. Disponível em: <https://www.portal.ap.gov.br/noticia/1208/novo-pac-vai-garantir-integracao-regional-ao-amapa-com-a-pavimentacao-de-cerca-de-300-quilometros-da-rodovia-br-156>. Acesso em: 29 jul. 2024.

GOLD, P.A. **Segurança de trânsito: Aplicações da Engenharia para Reduzir Acidentes**. Washington: Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), 1998.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Relatório de Pesquisa: Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2015.

CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de; GUEDES, Erivelton Pires. **Balço da primeira década de ação pela segurança no trânsito no Brasil e perspectivas para a segunda década**. Brasília, DF: Ipea, nov. 2023. (Dirur: Nota Técnica, 42)

KAWAMOTO, Eiji. **Análise de Sistemas de transporte**. 2. ed. rev. e aum. São Carlos: [s. n.], 2015.

MARSICK, V.J.; WATKINS, K.E. **Informal & Incidental Learning**. San Francisco, USA: Jossey Bass, 2001.

OHANA, Arão. Macapá: Atoleiro na BR-156 segue causando atrasos em viagens até Oiapoque. **Revista do ônibus**, 2020. Disponível em: <https://revistadoonibus.com/2020/07/28/macapa-atoleiro-na-br-156-segue-causando-atrasos-em-viagens-ate-oiapoque/>. Acesso em: 30 jul. 2024.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Resolução A/RES/64/255, de 2 de março de 2010**. [s.l.]: ONU, 2010.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Década de Ações para a Segurança no Trânsito 2011-2020**. [s.l.]: ONU, 2011. (Nota Técnica).

PIMENTA, Carlos R. T. *et al.* **Projeto Geométrico de Rodovias**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL - PRF. **Dados Abertos da PRF**, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/dados-abertos-da-prf>. Acesso em: 23 de abr. 2024

POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL – PRF. **Laudo Pericial de Acidente de Trânsito – LPAT**, 2023a. Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br/servicos/acidentes/laudo-pericial-de-acidente-de-transito#acidentes>. Acesso em: 02 de set. 2024

POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL – PRF. **Declaração de Acidente de Trânsito – DAT**, 2023b. Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br/servicos/acidentes/declaracao-de-acidente-de-transito>. Acesso em: 02 de set. 2024

ROCHA, Greiciane da Silva. **Caracterização Dos Acidentes De Trânsito E Vítimas No Município De Rio Branco - Acre. 2010**. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SCHIERENBECK, A. **The Constitutionality of Income-Based Fines**. The University of Chicago Law Review, v. 85, n. 8, p.1869-1926, 2018.

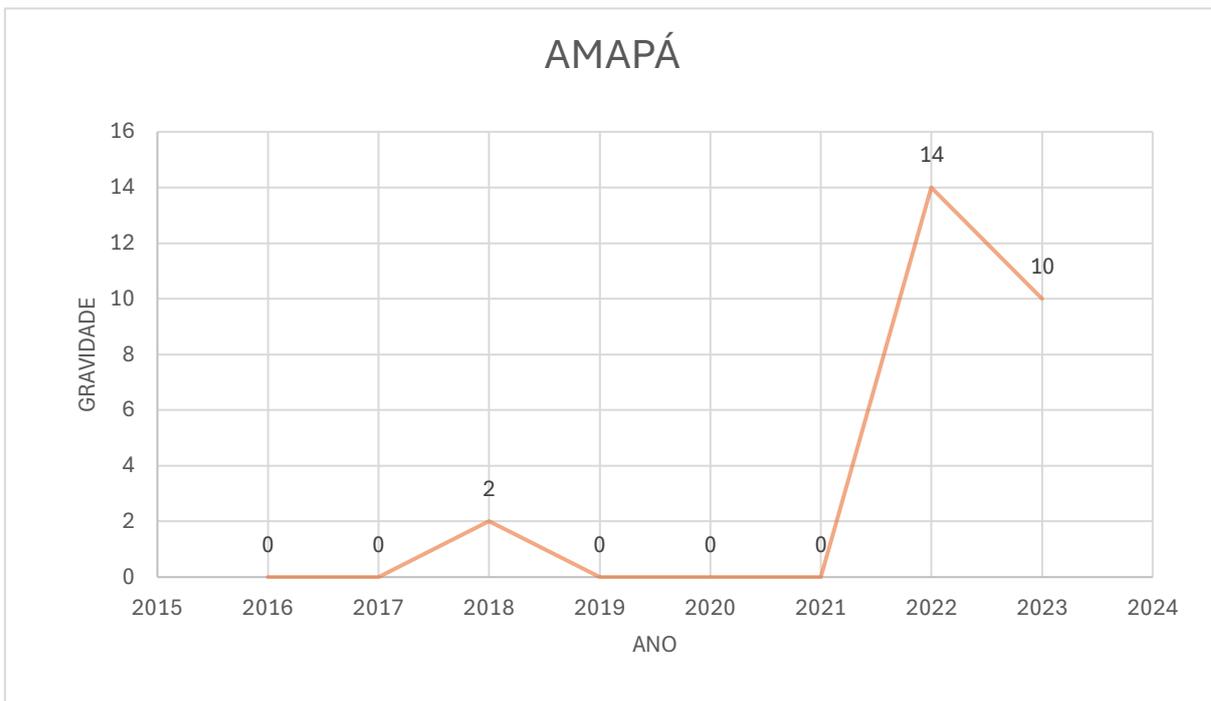
SILVESTRE, Felipe Lopes. **Acidentes de Trânsito em Rodovias Federais Brasileiras**: determinação de pontos críticos no estado do Rio Grande do Norte. Orientadora: Núbia Alves de Souza Nogueira. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Angicos, 2019.

TEIXEIRA, João Francisco Othon. **Mapeamento e Análise dos Acidentes de Trânsito na Cidade de Catanduva, SP com Auxílio de Sistema de informações geográficas - SIG**. 2012. 93. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente – Centro Universitário de Araraquara, Araraquara, 2012.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global status report on road safety**, 2023. Disponível em: <https://iris.who.int/handle/10665/375016>. Acesso em: 11 de mai. 2024.

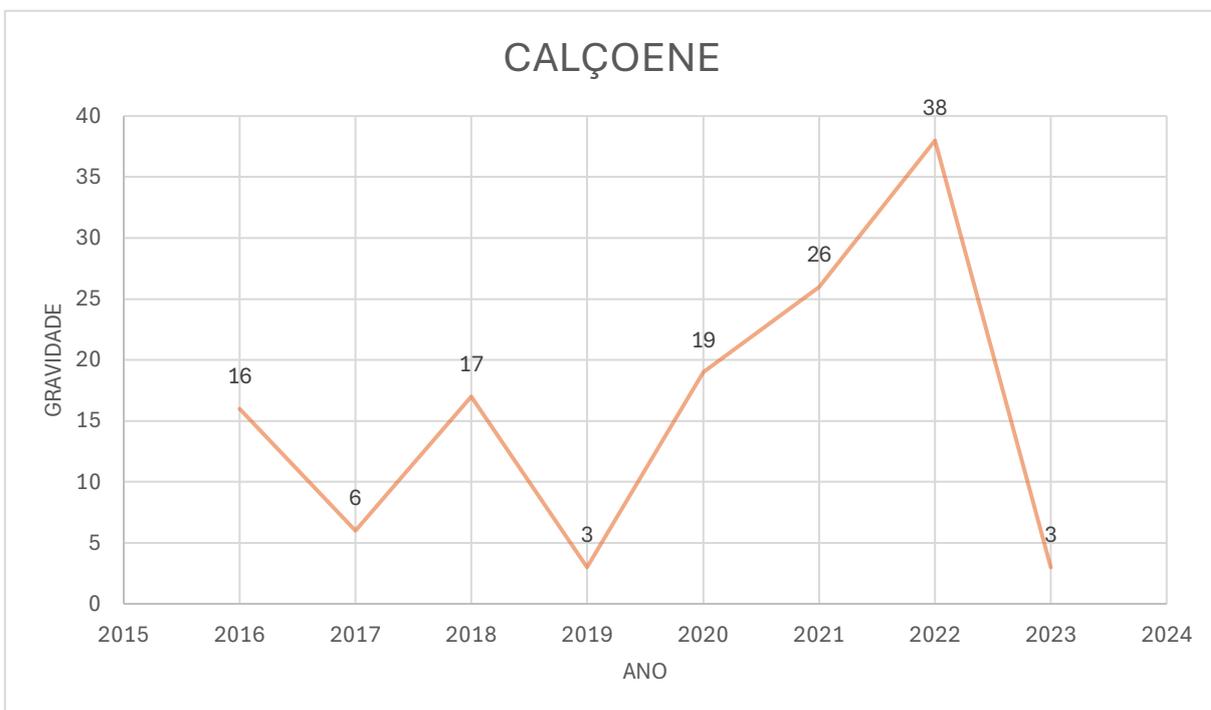
ANEXO I – GRÁFICOS DE GRAVIDADE ANUAIS POR MUNICÍPIO

Gráfico 15: Gravidade dos acidentes no Amapá ao longo dos anos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Gráfico 16: Gravidade dos acidentes em Calçoene ao longo dos anos



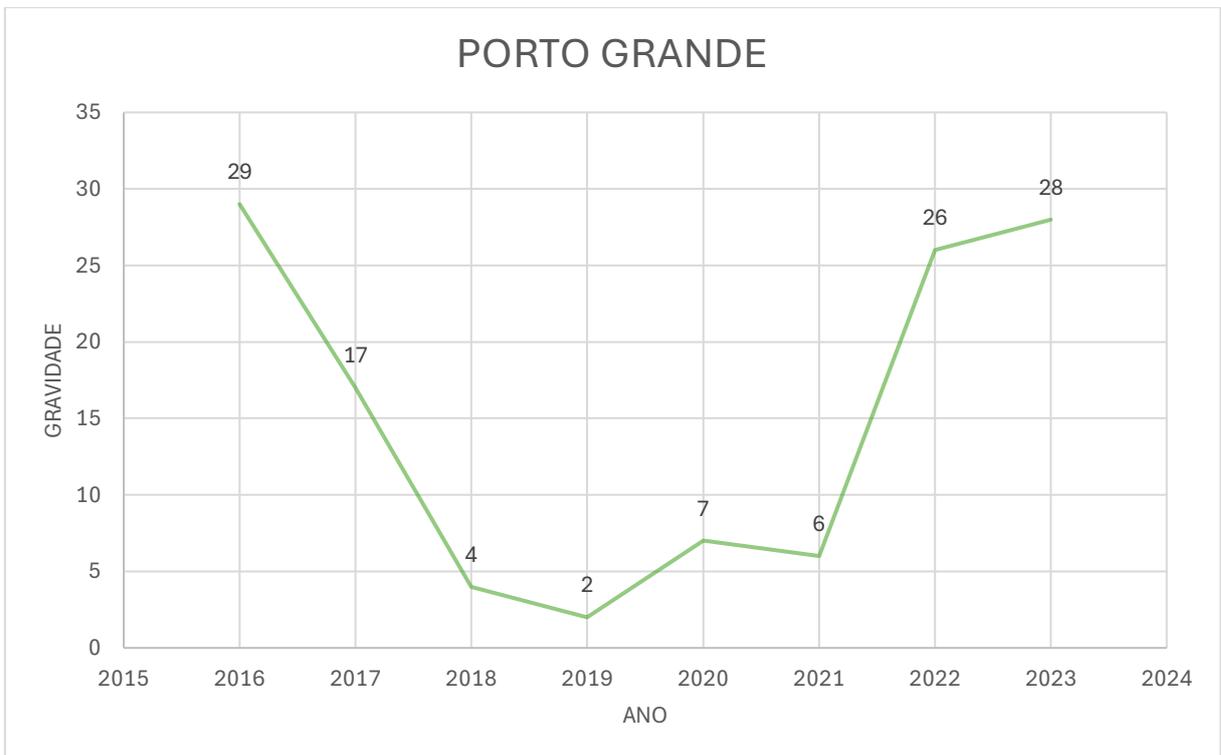
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Gráfico 17: Gravidade dos acidentes em Ferreira Gomes ao longo dos anos



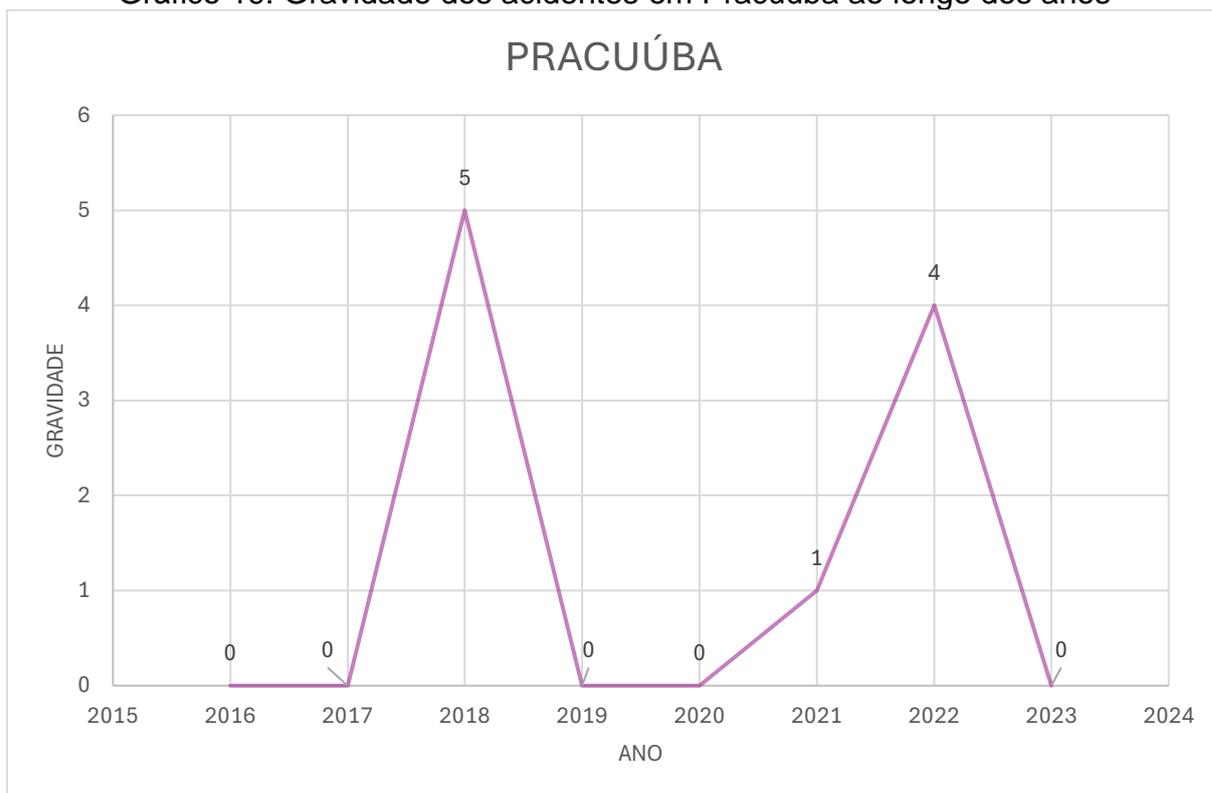
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Gráfico 18: Gravidade dos acidentes em Porto Grande ao longo dos anos



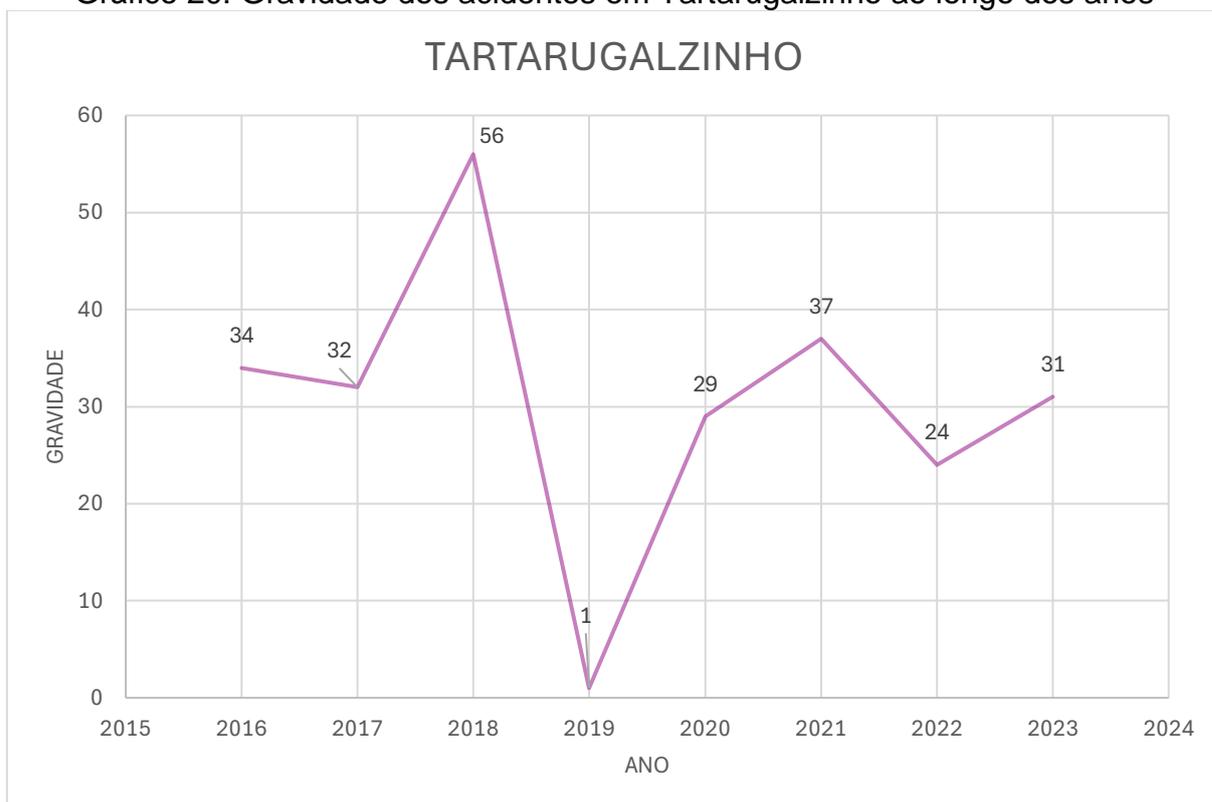
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Gráfico 19: Gravidade dos acidentes em Pracuúba ao longo dos anos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Gráfico 20: Gravidade dos acidentes em Tartarugalzinho ao longo dos anos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

ANEXO II – TABELAS DE CÁLCULO DE GRAVIDADE DOS ACIDENTES

Tabela 18: Cálculo da gravidade dos acidentes em 2023

2023										
MUNICÍPIO	KM	PESSOAS	MORTOS	FERIDOS LEVES	FERIDOS GRAVES	ILESOS	IGNORADOS	FERIDOS	GRAVIDADE	SOMATÓRIO
AMAPA	553	4	1	2	1	0	0	3	10	10
CALCOENE	677	1	0	0	1	0	0	1	3	3
	674	2	0	0	0	2	0	0	0	
FERREIRA GOMES	375	3	0	3	0	0	0	3	3	15
	396	2	1	1	0	0	0	1	6	
	375	1	0	1	0	0	0	1	1	
	366	1	1	0	0	0	0	0	5	
PORTO GRANDE	343	26	0	25	1	0	0	26	28	28
TARTARUGALZINHO	462	1	0	0	0	0	1	0	0	31
	437	3	1	2	0	0	0	2	7	
	453	3	1	1	1	0	0	2	9	
	434	2	0	2	0	0	0	2	2	
	472	4	0	2	0	2	0	2	2	
	410	2	0	1	1	0	0	2	4	
	482	4	0	3	1	0	0	4	6	
	458	1	0	1	0	0	0	1	1	

Fonte: PRF (2024) - Adaptado pelo autor, 2024

Tabela 19: Cálculo da gravidade dos acidentes em 2022

2022										
MUNICÍPIO	KM	PESSOAS	MORTOS	FERIDOS LEVES	FERIDOS GRAVES	ILESOS	IGNORADOS	FERIDOS	GRAVIDADE	SOMATÓRIO
AMAPÁ	517	1	1	0	0	0	0	0	5	14
	554	3	0	2	1	0	0	3	5	
	558	2	0	1	1	0	0	2	4	
CALCOENE	583	1	1	0	0	0	0	0	5	38
	672	1	0	0	1	0	0	1	3	
	678	7	1	0	1	5	0	1	8	
	672	8	0	5	3	0	0	8	14	
	583	4	0	4	0	0	0	4	4	
	569	4	0	1	0	3	0	1	1	
	589	2	0	0	1	1	0	1	3	
FERREIRA GOMES	386	3	0	1	0	2	0	1	1	58
	382	6	2	0	3	1	0	3	19	
	401,1	1	0	1	0	0	0	1	1	
	380	3	0	2	0	0	1	2	2	
	396	4	0	4	0	0	0	4	4	
	373	1	0	0	0	1	0	0	0	
	365	5	0	0	2	2	1	2	6	
	390	3	1	0	0	1	1	0	5	
	379	4	0	2	2	0	0	4	8	
	379,4	2	0	1	0	0	1	1	1	
	363,3	4	2	1	0	1	0	1	11	
PORTO GRANDE	343	2	0	1	0	1	0	1	1	26
	327	2	0	1	1	0	0	2	4	
	109	2	0	0	0	1	1	0	0	
	106	3	0	2	0	0	1	2	2	

	62	10	1	2	4	2	1	6	19	
PRACUUBA	490	2	0	1	0	1	0	1	1	4
	512	2	0	0	1	0	1	1	3	
TARTARUGALZINHO	420	6	0	3	2	1	0	5	9	24
	461	1	0	1	0	0	0	1	1	
	469	2	0	2	0	0	0	2	2	
	434	2	1	1	0	0	0	1	6	
	478	2	0	2	0	0	0	2	2	
	488	1	0	1	0	0	0	1	1	
	460	3	0	0	0	3	0	0	0	
	437,4	1	0	0	0	0	1	0	0	
	416	2	0	2	0	0	0	2	2	
	456	2	0	1	0	1	0	1	1	

Fonte: PRF (2024) - Adaptado pelo autor, 2024

Tabela 20: Cálculo da gravidade dos acidentes em 2021

2021										
MUNICÍPIO	KM	PESSOAS	MORTOS	FERIDOS LEVES	FERIDOS GRAVES	ILESOS	IGNORADOS	FERIDOS	GRAVIDADE	SOMATÓRIO
AMAPA	523	1	0	0	0	1	0	0	0	0
CALCOENE	668	1	0	0	0	1	0	0	0	26
	607	3	1	0	0	0	2	0	5	
	627	3	0	2	1	0	0	3	5	
	601	3	0	0	1	0	2	1	3	
	569	5	0	5	0	0	0	5	5	
	624	5	0	2	2	0	1	4	8	
	591	1	0	0	0	0	1	0	0	
FERREIRA GOMES	375	3	0	3	0	0	0	3	3	21
	391	4	0	2	1	1	0	3	5	
	382	7	1	1	0	5	0	1	6	
	391	6	0	2	0	3	1	2	2	
	372	1	0	1	0	0	0	1	1	
	400	1	0	1	0	0	0	1	1	
	379	5	0	1	0	3	1	1	1	
	400	4	0	1	0	3	0	1	1	
	300	1	0	1	0	0	0	1	1	
PORTO GRANDE	322	3	0	2	0	1	0	2	2	6
	353	1	0	0	1	0	0	1	3	
	315	2	0	1	0	0	1	1	1	
PRACUUBA	502	1	0	1	0	0	0	1	1	1
TARTARUGALZINHO0	502	4	0	1	1	2	0	2	4	37
	452	3	0	2	0	1	0	2	2	
	460	1	1	0	0	0	0	0	5	
	427	4	0	2	2	0	0	4	8	

	467	5	0	1	2	2	0	3	7	
	410	2	0	0	0	1	1	0	0	
	461	4	0	4	0	0	0	4	4	
	441	2	0	0	1	0	1	1	3	
	462	1	0	0	1	0	0	1	3	
	453	2	0	1	0	1	0	1	1	

Fonte: PRF (2024) - Adaptado pelo autor, 2024

Tabela 21: Cálculo da gravidade dos acidentes em 2020

2020										
MUNICÍPIO	KM	PESSOAS	MORTOS	FERIDOS LEVES	FERIDOS GRAVES	ILESOS	IGNORADOS	FERIDOS	GRAVIDADE	SOMATÓRIO
CALCOENE	577	2	0	2	0	0	0	2	2	19
	670	3	1	0	0	0	2	0	5	
	627	2	1	0	1	0	0	1	8	
	668	3	0	1	1	1	0	2	4	
	634	1	0	0	0	0	1	0	0	
FERREIRA GOMES	406	1	0	0	0	1	0	0	0	17
	397	8	0	0	0	2	6	0	0	
	372	5	0	1	0	4	0	1	1	
	365	2	0	1	1	0	0	2	4	
	371	2	0	0	0	1	1	0	3	
	414,2	1	0	1	0	0	0	1	1	
	341	3	0	0	0	1	2	0	3	
400	3	0	2	1	0	0	3	5		
PORTO GRANDE	280	1	0	1	0	0	0	1	1	7
	338	3	0	0	2	1	0	2	6	
TARTARUGALZINHO	404	4	0	3	1	0	0	4	6	29
	433,6	3	0	3	0	0	0	3	3	
	430	4	1	1	0	0	2	1	6	
	435	1	0	1	0	0	0	1	1	
	438	4	0	2	2	0	0	4	8	
	411	3	0	3	0	0	0	3	3	
472	5	0	2	0	0	3	2	2		

Fonte: PRF (2024) - Adaptado pelo autor, 2024

Tabela 22: Cálculo da gravidade dos acidentes em 2019

2019										
MUNICÍPIO	KM	PESSOAS	MORTOS	FERIDOS LEVES	FERIDOS GRAVES	ILESOS	IGNORADOS	FERIDOS	GRAVIDADE	SOMATÓRIO
CALCOENE	589	3	0	3	0	0	0	3	3	3
FERREIRA GOMES	384	1	0	0	0	0	1	0	0	7
	333	2	1	0	0	0	1	0	5	
	323,5	2	0	1	0	1	0	1	1	
	406	3	0	1	0	2	0	1	1	
PORTO GRANDE	351	2	0	2	0	0	0	2	2	2
TARTARUGALZINHO	400	1	0	1	0	0	0	1	1	1
	410	1	0	0	0	1	0	0	0	

Fonte: PRF (2024) - Adaptado pelo autor, 2024

Tabela 23: Cálculo da gravidade dos acidentes em 2018

2018										
MUNICÍPIO	KM	PESSOAS	MORTOS	FERIDOS LEVES	FERIDOS GRAVES	ILESOS	IGNORADOS	FERIDOS	GRAVIDADE	SOMATÓRIO
AMAPA	515	2	0	2	0	0	0	2	2	2
CALCOENE	600	5	1	2	0	2	0	2	7	17
	583	2	0	1	1	0	0	2	4	
	555,3	2	0	1	1	0	0	2	4	
	664	2	0	2	0	0	0	2	2	
FERREIRA GOMES	345	8	0	0	1	7	0	1	3	3
	286	1	0	0	0	1	0	0	0	
PORTO GRANDE	311	2	0	1	1	0	0	2	4	4
	290	6	0	0	0	5	1	0	0	
	314	1	0	0	0	0	1	0	0	
PRACUUBA	503	1	1	0	0	0	0	0	5	5
TARTARUGALZINHO	449	7	2	1	4	0	0	5	23	56
	423	3	0	0	0	1	2	0	0	
	474	2	1	0	0	0	1	0	5	
	436	6	1	5	0	0	0	5	10	
	427,5	6	0	4	2	0	0	6	10	
	465	6	1	0	1	4	0	1	8	

Fonte: PRF (2024) - Adaptado pelo autor, 2024

Tabela 24: Cálculo de gravidade dos acidentes em 2017

2017										
MUNICÍPIO	KM	PESSOAS	MORTOS	FERIDOS LEVES	FERIDOS GRAVES	ILESOS	IGNORADOS	FERIDOS	GRAVIDADE	SOMATÓRIO
CALCOENE	612	2	1	1	0	0	0	1	6	6
PORTO GRANDE	314	2	0	0	0	2	0	0	0	17
	298	3	0	1	0	2	0	1	1	
	319	2	0	0	0	2	0	0	0	
	276	3	0	3	0	0	0	3	3	
	318	1	0	1	0	0	0	1	1	
	282	2	0	2	0	0	0	2	2	
	322	2	0	2	0	0	0	2	2	
	286	4	0	2	2	0	0	4	8	
TARTARUGALZINHO	396,4	2	0	2	0	0	0	2	2	32
	375	3	2	0	1	0	0	1	13	
	380,3	3	1	1	0	1	0	1	6	
	444,7	3	0	1	0	2	0	1	1	
	441	4	0	4	0	0	0	4	4	
	437	3	0	0	0	2	0	1	2	

Fonte: PRF (2024) - Adaptado pelo autor, 2024

Tabela 25: Cálculo de gravidade dos acidentes em 2016

2016										
MUNICÍPIO	KM	PESSOAS	MORTOS	FERIDOS LEVES	FERIDOS GRAVES	ILESOS	IGNORADOS	FERIDOS	GRAVIDADE	SOMATÓRIO
CALCOENE	614,3	1	1	0	0	0	0	0	5	16
	623	6	2	0	0	4	0	0	10	
	550	1	0	1	0	0	0	1	1	
	689	1	0	0	0	1	0	0	0	
FERREIRA GOMES	334,1	3	0	0	0	3	0	0	0	28
	332,3	3	0	0	0	3	0	0	0	
	332,3	9	1	2	3	2	1	5	16	
	285	2	0	1	0	1	0	1	1	
	330,2	4	0	1	1	2	0	2	4	
	330	4	0	1	0	3	0	1	1	
	343	3	0	1	0	2	0	1	1	
	367	3	0	2	1	0	0	3	5	
PORTO GRANDE	310	2	0	0	0	2	0	0	0	29
	330,3	1	0	1	0	0	0	1	1	
	316	6	0	0	0	6	0	0	0	
	287,2	9	0	6	3	0	0	9	15	
	316	3	0	0	2	1	0	2	6	
	279	1	0	0	0	1	0	0	0	
	310	2	0	0	1	0	1	1	3	
	301	1	0	1	0	0	0	1	1	
	304,4	4	0	2	0	2	0	2	2	
	289	3	0	1	0	2	0	1	1	
TARTARUGALZINHO	409	2	0	1	0	1	0	1	1	34

	371,3	2	0	2	0	0	0	2	2	
	442	2	0	2	0	0	0	2	2	
	445	2	0	0	1	1	0	1	3	
	404,6	5	0	3	0	2	0	3	3	
	399,9	2	0	0	0	2	0	0	0	
	467	4	1	2	0	1	0	2	7	
	418,1	2	1	0	0	0	1	0	5	
	464	2	0	0	1	0	1	1	3	
	420	3	1	0	1	1	0	1	8	

Fonte: PRF (2024) - Adaptado pelo autor, 2024

ANEXO III – TABELA DE PARÂMETROS DE ALINHAMENTO

Nº	R MIN (m)	R (m)	AC	TE-PC	ET-PT	ESTACA INICIAL (EI)	FRAÇÃO (m)	METRAGEM DA EI	KM	ESTACA FINAL (EF)	FRAÇÃO (m)	METRAGEM DA EF	KM	TANGENTE (m)	TANGENTE MÍNIMA (m)	ACIDENTES NAS CURVAS	ACIDENTES NAS TANGENTES APÓS EF
S2	280	-	002° 16' 16.65"	20316+8,244	20319+19,599	20316	8,244	406328,244	406,328	20319	19,599	406399,599	406,4	0	320		
C1	280	900,00	012° 07' 21.71"	20319+19,599	20329+10,021	20319	19,599	406399,599	406,4	20329	10,021	406590,021	406,59	0	320		
S1	280	-	001° 06' 50.70"	20329+10,021	20331+5,021	20329	10,021	406590,021	406,59	20331	5,021	406625,021	406,625	1086,828	320		FG: 406 (2020)
S16	280	-	000° 44' 50.41"	20385+11,849	20387+1,849	20385	11,849	407711,849	407,712	20387	1,849	407741,849	407,742	0	320		
C70	280	1.150,00	015° 12' 16.91"	20387+1,849	20402+7,027	20387	1,849	407741,849	407,742	20402	7,027	408047,027	408,047	0	320		
S17	280	-	000° 44' 50.41"	20402+7,027	20403+17,027	20402	7,027	408047,027	408,047	20403	17,027	408077,027	408,077	1466,337	320		
S18	280	-	001° 19' 19.96"	20477+3,364	20478+13,364	20477	3,364	409543,364	409,543	20478	13,364	409573,364	409,573	0	320		
C77	280	650,00	025° 46' 53.16"	20478+13,364	20493+5,845	20478	13,364	409573,364	409,573	20493	5,845	409865,845	409,866	0	320	409 (2016)	

S19	280	-	001° 19' 19.96"	20493+5,845	20494+15,845	20493	5,845	409865,845	409,866	20494	15,845	409895,845	409,896	477,926	320		410 (2021)*; 410 (2020)*
C2	280	915,66	019° 50' 52.34"	20518+13,771	20534+10,966	20518	13,771	410373,771	410,374	20534	10,966	410690,966	410,691	142,424	320	410 (2023)*	410 (2021)*; 410 (2020)*
S20	280	-	001° 08' 45.30"	20541+13,390	20543+3,390	20541	13,39	410833,39	410,833	20543	3,39	410863,39	410,863	0	320		
C79	280	750,00	031° 37' 34.05"	20543+3,390	20563+17,375	20543	3,39	410863,39	410,863	20563	17,375	411277,375	411,277	0	320	410 (2023)*; 411 (2020)	
S21	280	-	001° 08' 45.30"	20563+17,375	20565+7,375	20563	17,375	411277,375	411,277	20565	7,375	411307,375	411,307	1128,738	320		
C78	280	1.093,09	010° 14' 11.05"	20621+16,113	20631+11,404	20621	16,113	412436,113	412,436	20631	11,404	412631,404	412,631	998,064	320		
C3	280	729,03	023° 13' 59.57"	20681+9,468	20696+5,087	20681	9,468	413629,468	413,629	20696	5,087	413925,087	413,925	335,911	320		FG: 414,2 (2020)
C4	280	806,30	028° 43' 38.34"	20713+0,998	20733+5,267	20713	0,998	414260,998	414,261	20733	5,267	414665,267	414,665	368,977	320		
C5	280	1.043,79	021° 53' 41.43"	20751+14,244	20771+13,114	20751	14,244	415034,244	415,034	20771	13,114	415433,114	415,433	174,205	320		

C6	280	786,62	033° 57' 23.98"	20780+7,319	20803+13,515	20780	7,319	415607,319	415,607	20803	13,515	416073,515	416,074	557,975	320		416 (2022)
C7	280	893,58	030° 24' 56.69"	20831+11,490	20855+5,853	20831	11,49	416631,49	416,631	20855	5,853	417105,853	417,106	1147,071	320		
C8	280	767,20	041° 54' 28.50"	20912+12,924	20940+14,077	20912	12,924	418252,924	418,253	20940	14,077	418814,077	418,814	958,056	320	418,1 (2016)	
C9	280	681,50	052° 38' 48.60"	20988+12,133	21019+18,339	20988	12,133	419772,133	419,772	21019	18,339	420398,339	420,398	804,518	320		420 (2022), 420 (2016)
C10	280	845,98	036° 22' 12.89"	21060+2,857	21086+19,870	21060	2,857	421202,857	421,203	21086	19,87	421739,87	421,74	689,061	320		
S3	280	-	001° 08' 45.30"	21121+8,931	21122+18,931	21121	8,931	422428,931	422,429	21122	18,931	422458,931	422,459	0	320		
C11	280	750,00	039° 09' 30.81"	21122+18,931	21148+11,516	21122	18,931	422458,931	422,459	21148	11,516	422971,516	422,972	0	320		
S4	280	-	001° 08' 45.30"	21148+11,516	21150+1,516	21148	11,516	422971,516	422,972	21150	1,516	423001,516	423,002	950,469	320		423 (2018)
C26	280	725,00	057° 44' 22.10"	21197+11,985	21234+2,599	21197	11,985	423951,985	423,952	21234	2,599	424682,599	424,683	1522,145	320		

C12	280	499,29	056° 25' 45.89"	21310+4,744	21334+16,486	21310	4,744	426204,744	426,205	21334	16,486	426696,486	426,696	694,278	320		427 (2021)*
C13	280	777,11	032° 43' 00.36"	21369+10,764	21391+14,508	21369	10,764	427390,764	427,391	21391	14,508	427834,508	427,835	1200,157	320	427,5 (2018)	427 (2021)*
C14	280	699,46	042° 50' 14.82"	21451+14,665	21477+17,619	21451	14,665	429034,665	429,035	21477	17,619	429557,619	429,558	669,814	320		430 (2020)*
C65	280	659,83	041° 09' 47.93"	21511+7,433	21535+1,476	21511	7,433	430227,433	430,227	21535	1,476	430701,476	430,701	953,041	320		430 (2020)*
C15	280	774,75	043° 37' 09.56"	21582+14,517	21612+4,335	21582	14,517	431654,517	431,655	21612	4,335	432244,335	432,244	1152,203	320		
C16	280	893,33	009° 28' 31.70"	21669+16,538	21677+4,276	21669	16,538	433396,538	433,397	21677	4,276	433544,276	433,544	471,33	320		433,6 (2020)
S5	280	-	006° 35' 08.60"	21700+15,606	21710+15,606	21700	15,606	434015,606	434,016	21710	15,606	434215,606	434,216	0	320		
C17	280	870,00	025° 09' 00.57"	21710+15,606	21729+17,495	21710	15,606	434215,606	434,216	21729	17,495	434597,495	434,597	0	320	434 (2023); 434 (2022)	
S6	280	-	003° 17' 34.30"	21729+17,495	21734+17,495	21729	17,495	434597,495	434,597	21734	17,495	434697,495	434,697	567,18	320		435 (2020)*

C18	280	696,62	035° 50' 45.81"	21763+4,675	21785+0,504	21763	4,675	435264,675	435,265	21785	0,504	435700,504	435,701	508,032	320		435 (2020)*, 436 (2018)*
C19	280	738,79	027° 14' 37.05"	21810+8,536	21827+19,825	21810	8,536	436208,536	436,209	21827	19,825	436559,825	436,56	2306,619	320	437 (2017)	437,4 (2022); 438 (2020); 436 (2018)*
C20	280	1.866,23	008° 05' 48.52"	21943+6,444	21956+10,172	21943	6,444	438866,444	438,866	21956	10,172	439130,172	439,13	1622,561	320		
C21	280	741,77	020° 43' 56.33"	22037+12,733	22051+1,141	22037	12,733	440752,733	440,753	22051	1,141	441021,141	441,021	1120,022	320		441 (2021), 441 (2017)
C22	280	1.274,32	014° 56' 10.77"	22107+1,163	22123+13,363	22107	1,163	442141,163	442,141	22123	13,363	442473,363	442,473	654,649	320		442 (2016)
C23	280	661,60	048° 18' 37.60"	22156+8,012	22184+5,860	22156	8,012	443128,012	443,128	22184	5,86	443685,86	443,686	328,533	320		
S7	280	-	004° 33' 52.61"	22200+14,393	22215+14,393	22200	14,393	444014,393	444,014	22215	14,393	444314,393	444,314	527,319	320		
C29	280	615,00	045° 37' 50.20"	22242+1,712	22266+11,501	22242	1,712	444841,712	444,842	22266	11,501	445331,501	445,332	120,622	320	444,7 (2017)	445 (2016)*
C30	280	718,57	034° 03' 06.37"	22272+12,123	22293+19,182	22272	12,123	445452,123	445,452	22293	19,182	445879,182	445,879	1893,282	320		445 (2016)*

C24	280	491,14	025° 13' 36.11"	22388+12,464	22399+8,708	22388	12,464	447772,464	447,772	22399	8,708	447988,708	447,989	244,264	320		
C25	280	688,25	020° 59' 48.80"	22411+12,972	22424+5,192	22411	12,972	448232,972	448,233	22424	5,192	448485,192	448,485	1013,853	320		449 (2018)*
C31	280	600,00	029° 33' 56.28"	22474+19,045	22490+8,655	22474	19,045	449499,045	449,499	22490	8,655	449808,655	449,809	1188,492	320		449 (2018)*
C27	280	436,91	050° 04' 57.45"	22549+17,147	22568+19,056	22549	17,147	450997,147	450,997	22568	19,056	451379,056	451,379	1269,896	320		
C28	280	620,38	032° 04' 36.01"	22632+8,952	22649+16,267	22632	8,952	452648,952	452,649	22649	16,267	452996,267	452,996	904,276	320	452 (2021)	453 (2023)
C32	280	1.470,41	018° 24' 33.39"	22695+0,543	22718+12,988	22695	0,543	453900,543	453,9	22718	12,988	454372,988	454,373	1256,125	320	453 (2021)	
C33	280	2.950,70	009° 19' 37.41"	22781+9,113	22805+9,452	22781	9,113	455629,113	455,629	22805	9,452	456109,452	456,109	15,685	320		456 (2022)*
C34	280	195,88	054° 09' 16.53"	22806+5,137	22815+10,281	22806	5,137	456125,137	456,125	22815	10,281	456310,281	456,31	120,572	320		456 (2022)*
C35	280	315,50	035° 01' 48.09"	22821+10,853	22831+3,745	22821	10,853	456430,853	456,431	22831	3,745	456623,745	456,624	376,059	320		456 (2022)*

C36	280	1.365,11	016° 57' 43.30"	22849+19,804	22870+3,936	22849	19,804	456999,804	457	22870	3,936	457403,936	457,404	545,248	320		
C37	280	342,04	056° 45' 56.75"	22897+9,184	22914+8,062	22897	9,184	457949,184	457,949	22914	8,062	458288,062	458,288	500,282	320	458 (2023)*	
C38	280	250,22	048° 15' 54.57"	22939+8,344	22949+19,129	22939	8,344	458788,344	458,788	22949	19,129	458999,129	458,999	277,774	320	458 (2023)*	
C39	280	243,58	052° 15' 03.71"	22963+16,903	22974+19,038	22963	16,903	459276,903	459,277	22974	19,038	459499,038	459,499	310,47	320		
C40	280	212,63	077° 32' 32.82"	22990+9,508	23004+17,276	22990	9,508	459809,508	459,81	23004	17,276	460097,276	460,097	178,477	320		
C41	280	201,36	046° 19' 15.38"	23013+15,753	23021+18,544	23013	15,753	460275,753	460,276	23021	18,544	460438,544	460,439	155,077	320	460 (2022)*; 460 (2021); 462 (2023);	
C42	280	434,48	030° 01' 29.52"	23029+13,621	23041+1,303	23029	13,621	460593,621	460,594	23041	1,303	460821,303	460,821	267,125	320	460 (2022)*;	
S8	280	-	005° 56' 03.14"	23054+8,428	23055+17,428	23054	8,428	461088,428	461,088	23055	17,428	461117,428	461,117	0	320		
C43	280	140,00	064° 33' 32.54"	23055+17,428	23063+15,176	23055	17,428	461117,428	461,117	23063	15,176	461275,176	461,275	0	320	461 (2022); 461 (2021); 462 (2021)	

S9	280	-	005° 56' 03.14"	23063+15,176	23065+4,176	23063	15,176	461275,176	461,275	23065	4,176	461304,176	461,304	2009,484	320		
S10	280	-	003° 08' 22.18"	23165+13,660	23167+13,660	23165	13,66	463313,66	463,314	23167	13,66	463353,66	463,354	0	320		
C44	280	365,00	067° 31' 33.28"	23167+13,660	23189+3,830	23167	13,66	463353,66	463,354	23189	3,83	463783,83	463,784	0	320		
S11	280	-	003° 08' 22.18"	23189+3,830	23191+3,830	23189	3,83	463783,83	463,784	23191	3,83	463823,83	463,824	272,498	320		
S12	280	-	004° 38' 44.17"	23204+16,328	23212+6,328	23204	16,328	464096,328	464,096	23212	6,328	464246,328	464,246	0	320		
C45	280	925,00	015° 45' 22.13"	23212+6,328	23225+0,700	23212	6,328	464246,328	464,246	23225	0,7	464500,7	464,501	0	320		
S13	280	-	003° 52' 16.81"	23225+0,700	23231+5,700	23225	0,7	464500,7	464,501	23231	5,7	464625,7	464,626	378,256	320		464 (2016)
C64	280	666,25	039° 32' 26.88"	23250+3,956	23273+3,745	23250	3,956	465003,956	465,004	23273	3,745	465463,745	465,464	676,914	320		465 (2018)
C129	280	362,43	006° 09' 42.34"	23307+0,659	23308+19,635	23307	0,659	466140,659	466,141	23308	19,635	466179,635	466,18	2129,264			467 (2021)*

C46	280	227,95	046° 51' 21.83"	23415+8,899	23424+15,317	23415	8,899	468308,899	468,309	23424	15,317	468495,317	468,495	284,975	320	467 (2016)	
C61	280	632,87	027° 36' 43.99"	23439+0,292	23454+5,287	23439	0,292	468780,292	468,78	23454	5,287	469085,287	469,085	154,615	320		
C62	280	420,54	033° 26' 05.45"	23461+19,902	23474+5,309	23461	19,902	469239,902	469,24	23474	5,309	469485,309	469,485	151,839	320	469 (2022)*	
C47	280	213,94	040° 08' 09.73"	23481+17,148	23489+7,015	23481	17,148	469637,148	469,637	23489	7,015	469787,015	469,787	207,576	320	469 (2022)*	
C48	280	199,11	049° 30' 10.45"	23499+14,591	23508+6,617	23499	14,591	469994,591	469,995	23508	6,617	470166,617	470,167	1040,005	320		
C49	280	554,99	014° 17' 16.86"	23560+6,622	23567+5,022	23560	6,622	471206,622	471,207	23567	5,022	471345,022	471,345	904,363	320		472 (2023)*
C50	280	478,36	011° 10' 03.78"	23612+9,385	23617+2,624	23612	9,385	472249,385	472,249	23617	2,624	472342,624	472,343	162,864	320	472 (2020)*	472 (2023)*
C51	280	153,00	056° 05' 50.69"	23625+5,488	23632+15,288	23625	5,488	472505,488	472,505	23632	15,288	472655,288	472,655	172,861	320	472 (2020)*	472 (2023)*
S22	280	-	008° 53' 26.61"	23641+8,149	23645+18,149	23641	8,149	472828,149	472,828	23645	18,149	472918,149	472,918	0	320		

C143	280	290,00	053° 28' 52.79"	23645+18,149	23659+8,843	23645	18,149	472918,149	472,918	23659	8,843	473188,843	473,189	0	320	472 (2020)*	
S23	280	-	002° 57' 48.87"	23659+8,843	23660+18,843	23659	8,843	473188,843	473,189	23660	18,843	473218,843	473,219	1137,598	320		474 (2018)*
C52	280	935,35	013° 43' 10.55"	23717+16,441	23729+0,412	23717	16,441	474356,441	474,356	23729	0,412	474580,412	474,58	442,698	320		474 (2018)*
C53	280	221,21	059° 44' 54.68"	23751+3,110	23762+13,789	23751	3,11	475023,11	475,023	23762	13,789	475253,789	475,254	1928,058	320		
C54	280	902,07	009° 32' 34.86"	23859+1,847	23866+12,094	23859	1,847	477181,847	477,182	23866	12,094	477332,094	477,332	84,69	320		
C59	280	255,66	049° 09' 11.63"	23870+16,784	23881+16,109	23870	16,784	477416,784	477,417	23881	16,109	477636,109	477,636	635,066	320		
S14	280	-	006° 04' 36.57"	23913+11,175	23917+1,175	23913	11,175	478271,175	478,271	23917	1,175	478341,175	478,341	0	320		
C60	280	330,00	021° 54' 32.87"	23917+1,175	23923+7,363	23917	1,175	478341,175	478,341	23923	7,363	478467,363	478,467	0	320	478 (2022)*	
S15	280	-	002° 36' 15.67"	23923+7,363	23924+17,363	23923	7,363	478467,363	478,467	23924	17,363	478497,363	478,497	265,57	320	478 (2022)*	

C63	280	236,87	046° 06' 46.76"	23938+2,933	23947+13,574	23938	2,933	478762,933	478,763	23947	13,574	478953,574	478,954	163,741	320		
C55	280	601,16	016° 42' 26.45"	23955+17,315	23964+12,612	23955	17,315	479117,315	479,117	23964	12,612	479292,612	479,293	988,898	320		
C56	280	750,73	008° 14' 22.73"	24014+1,510	24019+9,472	24014	1,51	480281,51	480,282	24019	9,472	480389,472	480,389	836,376	320		
C57	280	144,27	028° 30' 31.97"	24061+5,848	24064+17,634	24061	5,848	481225,848	481,226	24064	17,634	481297,634	481,298	79,885	320		
C58	280	488,66	016° 27' 52.50"	24068+17,519	24075+17,940	24068	17,519	481377,519	481,378	24075	17,94	481517,94	481,518	-	320		482 (2023)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Orientações:

- Os sinistros estão assinalados na tabela conforme sua quilometragem e ano de ocorrência entre parênteses. Exemplo: 462 (2023), acidente ocorrido no quilômetro 462 no ano de 2023;
- Células no tom vermelho escuro representam acidentes ocorridos em Tartarugalzinho;
- Células no tom azul escuro representam acidentes ocorridos em Ferreira Gomes, cuja quilometragem é referente à Tartarugalzinho. Nessas células, os sinistros estão acompanhados por “FG”;
- As células em tom de rosa representam trechos com sinistros originalmente catalogados em outra quilometragem, mas que ocorreram no segmento em análise. Esses acidentes estão destacados em preto para facilitar a identificação.

- Acidentes destacados com um “*” (asterisco), são aqueles cujo segmento específico da rodovia não foi identificado. Esses casos ocorrem em quilômetros com mais de uma tangente e curva, tornando impossível a correta locação.

ANEXO IV – ACIDENTES EM TARTARUGALZINHO

KM	ANO	CAUSAS DO ACIDENTE	TIPO DO ACIDENTE	CLASSIFICAÇÃO DO ACIDENTE	FASE DO DIA	SENTIDO DA VIA	TEMPO	TRECHO
406	2020	Animais na Pista	Atropelamento de Animal	Sem Vítimas	Plena Noite	Crescente	Céu Claro	Reta
406	2019	Animais na Pista	Atropelamento de Animal	Com Vítimas Feridas	Plena Noite	Crescente	Céu Claro	Ponte
409	2016	Velocidade incompatível	Saída de Pista	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Crescente	Chuva	Curva
410	2023	Chuva	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Decrescente	Chuva	Curva
410	2021	Ingestão de álcool pelo condutor	Saída de leito carroçável	Sem Vítimas	Pleno dia	Decrescente	Garoa/Chuvisco	Reta
410	2019	Avarias e/ou desgaste excessivo no pneu	Capotamento	Sem Vítimas	Pleno dia	Decrescente	Céu Claro	Reta
411	2020	Condutor Dormindo	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Feridas	Amanhecer	Decrescente	Céu Claro	Curva
414,2	2020	Falta de Atenção à Condução	Capotamento	Com Vítimas Feridas	Plena Noite	Crescente	Céu Claro	Reta
416	2022	Transitar na contramão	Colisão lateral sentido oposto	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Decrescente	Sol	Reta
418,1	2016	Outras	Colisão Transversal	Com Vítimas Fatais	Plena noite	Crescente	Céu Claro	Curva

420	2022	Ultrapassagem Indevida	Colisão transversal	Com Vítimas Feridas	Plena Noite	Crescente	Céu Claro	Reta
420	2016	Outras	Colisão lateral	Com Vítimas Fatais	Pleno dia	Crescente	Nublado	Reta
423	2018	Pista Escorregadia	Saída de leito carroçável	Sem Vítimas	Pleno dia	Decrescente	Chuva	Reta
427	2021	Ausência de reação do condutor	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Feridas	Amanhecer	Decrescente	Nublado	Reta
427,5	2018	Defeito na Via	Colisão frontal	Com Vítimas Feridas	Plena Noite	Crescente	Chuva	Curva
430	2020	Pista Escorregadia	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Fatais	Pleno dia	Crescente	Chuva	Reta
433,6	2020	Falta de Atenção à Condução	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Crescente	Chuva	Reta
434	2023	Chuva	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Decrescente	Chuva	Curva
434	2022	Acúmulo de água sobre o pavimento	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Fatais	Pleno dia	Decrescente	Chuva	Curva
435	2020	Falta de Atenção à Condução	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Crescente	Chuva	Reta
436	2018	Pista Escorregadia	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Fatais	Pleno dia	Crescente	Chuva	Reta
437	2023	Avarias e/ou desgaste excessivo no pneu	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Fatais	Plena Noite	Decrescente	Nublado	Reta

437	2017	Falta de Atenção à Condução	Colisão transversal	Com Vítimas Feridas	Anoitecer	Decrescente	Ignorado	Curva
437,4	2022	Ingestão de álcool pelo condutor	Capotamento	Sem Vítimas	Plena Noite	Crescente	Céu Claro	Reta
438	2020	Falta de Atenção à Condução	Capotamento	Com Vítimas Feridas	Anoitecer	Decrescente	Nublado	Reta
441	2021	Iluminação deficiente	Atropelamento de Pedestre	Com Vítimas Feridas	Plena Noite	Crescente	Céu Claro	Reta
441	2017	Pista Escorregadia	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Feridas	Anoitecer	Crescente	Chuva	Reta
442	2016	Falta de atenção	Colisão com objeto fixo	Com Vítimas Feridas	Anoitecer	Crescente	Ignorada	Reta
444,7	2017	Velocidade Incompatível	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Crescente	Chuva	Curva
445	2016	Velocidade incompatível	Colisão frontal	Com Vítimas Feridas	Plena noite	Crescente	Ignorada	Reta
449	2018	Velocidade Incompatível	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Fatais	Pleno dia	Decrescente	Céu Claro	Reta
452	2021	Acumulo de água sobre o pavimento	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Crescente	Chuva	Curva
453	2023	Velocidade Incompatível	Colisão traseira	Com Vítimas Fatais	Plena Noite	Decrescente	Céu Claro	Reta
453	2021	Acumulo de água sobre o pavimento	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Crescente	Chuva	Curva

456	2022	Reação tardia ou ineficiente do condutor	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Feridas	Plena Noite	Crescente	Chuva	Reta
458	2023	Problema na suspensão	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Crescente	Nublado	Curva
460	2022	Reação tardia ou ineficiente do condutor	Saída de leito carroçável	Sem Vítimas	Amanhecer	Decrescente	Céu Claro	Curva
460	2021	Curva acentuada	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Fatais	Pleno dia	Crescente	Nublado	Curva
461	2022	Acúmulo de água sobre o pavimento	Tombamento	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Crescente	Chuva	Curva
461	2021	Avarias e/ou desgaste excessivo no pneu	Colisão frontal	Com Vítimas Feridas	Amanhecer	Crescente	Céu Claro	Curva
462	2023	Curva acentuada	Saída de leito carroçável	Sem Vítimas	Anoitecer	Crescente	Garoa/Chuveisco	Curva
462	2021	Curva acentuada	Colisão com objeto	Com Vítimas Feridas	Plena Noite	Decrescente	Céu Claro	Curva
464	2016	Falta de atenção	Colisão Transversal	Com Vítimas Feridas	Plena noite	Crescente	Céu Claro	Reta
465	2018	Velocidade Incompatível	Colisão transversal	Com Vítimas Fatais	Pleno dia	Decrescente	Céu Claro	Reta
467	2021	Condutor Dormindo	Colisão traseira	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Crescente	Nublado	Reta
467	2016	Dormindo	Saída de Pista	Com Vítimas Fatais	Pleno dia	Decrescente	Céu Claro	Curva
469	2022	Velocidade Incompatível	Capotamento	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Decrescente	Nublado	Curva

472	2023	Ingestão de álcool pelo condutor	Colisão transversal	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Decrescente	Sol	Reta
472	2020	Avarias e/ou desgaste excessivo no pneu	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Crescente	Céu Claro	Curva
474	2018	Desobediência às normas de trânsito pelo pedestre	Atropelamento de Pedestre	Com Vítimas Fatais	Amanhecer	Crescente	Céu Claro	Reta
478	2022	Condutor Dormindo	Saída de leito carroçável	Com Vítimas Feridas	Pleno dia	Crescente	Nublado	Curva
482	2023	Animais na Pista	Atropelamento de Animal	Com Vítimas Feridas	Plena Noite	Decrescente	Céu Claro	Reta

Fonte: PRF (2024) - Adaptado pelo autor, 2024

ANEXO V – MAPA DE GRAVIDADE DOS ACIDENTES NA BR-156

GCS SIRGAS 200 Datum: SIRGAS 2000 /
Mapa gerado automaticamente em servicos.dnit.gov.br/vgeo/
Contato: (61)3315-4160 e-mail: dnitgeo@dnit.gov.br

