

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

João Victor Guizi Gerardi

**Análise de padrão em base de dados de
monitoramento de rodovias**

Uberlândia, Brasil

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

João Victor Guizi Gerardi

**Análise de padrão em base de dados de monitoramento
de rodovias**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à Faculdade de Computação da Universidade
Federal de Uberlândia, como parte dos requi-
sitos exigidos para a obtenção título de Ba-
charel em Sistemas de Informação.

Orientador: Mauricio Cunha Escarpinati

Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Faculdade de Computação

Bacharelado em Sistemas de Informação

Uberlândia, Brasil

2025

João Victor Guizi Gerardi

Análise de padrão em base de dados de monitoramento de rodovias

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Trabalho aprovado. Uberlândia, Brasil, 09 de maio de 2025:

Mauricio Cunha Escarpinati
Orientador

Bruno Augusto Nassif Travencolo
Professor convidado

Luiz Gustavo Almeida Martins
Professor convidado

Uberlândia, Brasil
2025

Resumo

Este trabalho tem como objetivo analisar padrões de um banco de dados de monitoramento de rodovias, aplicando técnicas computacionais para processar e interpretar dados coletados pela concessionária responsável pela administração da BR-365 e BR-364. As informações são extraídas das coordenadas geográficas dos veículos monitorados de uma base de dados fornecidas pela concessionária, possibilitando a identificação de padrões de tráfego, bem como trechos onde há lacunas na cobertura do monitoramento e na efetividade do serviço prestado pela concessionária. O processamento e a organização dos dados foram feitos utilizando Python, PostgreSQL e algumas APIs de geocodificação reversa para esta análise. A metodologia adotada foi a criação de um banco de dados, adaptação de registros e aplicação de estatísticas para avaliação da regularidade do monitoramento. Os resultados mostraram que embora algumas regiões apresentem cobertura satisfatória em uma análise mais geral quando se observam pontos específicos, há trechos com falhas significativas no seu monitoramento pela concessionária e maior atenção deve ser dada a essas áreas. Conclui-se que a análise de dados tem papel fundamental na otimização da gestão das rodovias, permitindo que as concessionárias direcionem os investimentos para melhorar o monitoramento e garantir maior segurança aos usuários das rodovias. O estudo também sugere melhorias na infraestrutura de monitoramento e o uso de tecnologias mais robustas para mitigar falhas na coleta de dados.

Palavras-chave: Monitoramento, rodovia, concessionária de rodovias, análise.

Abstract

This study aims to analyze patterns from a road monitoring database, applying computational techniques to process and interpret data collected by the private company responsible for managing highways BR-365 and BR-364. The information is extracted from the geographical coordinates of monitored vehicles based on data provided by the concessionaire, enabling the identification of traffic patterns, as well as segments where there are gaps in monitoring coverage and in the effectiveness of the service provided by the concessionaire. Data processing and organization were carried out using Python, PostgreSQL, and some reverse geocoding APIs for this analysis. The adopted methodology included the creation of a database, adaptation of records, and application of statistical techniques to assess the regularity of monitoring. The results showed that although some regions exhibit satisfactory coverage in a general analysis, when examining specific points, there are segments with significant monitoring failures by the concessionaire, and greater attention should be given to these areas. It is concluded that data analysis plays a fundamental role in optimizing road management, allowing concessionaires to direct investments to improve monitoring and ensure greater safety for road users. The study also suggests improvements in monitoring infrastructure and the use of more robust technologies to mitigate failures in data collection.

Keywords: Monitoring, highway, road concessionaire, analysis.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Demonstração latitude. Fonte: Shutterstock	12
Figura 2 – Demonstração longitude. Fonte: Shutterstock	13
Figura 3 – Arquivo enviado pela EcoRodovias	17
Figura 4 – Arquivo csv (Entrada do programa)	18
Figura 5 – Arquivo csv (Saída do programa)	19
Figura 6 – Diferença das representações	22
Figura 7 – Exemplo da query feita com direções norte e nordeste	23
Figura 8 – Tabelas antes do JOIN	24
Figura 9 – Exemplo do resultado do JOIN	24
Figura 10 – Saída do programa	24
Figura 11 – Adaptação para excel	25
Figura 12 – Trechos fornecidos pela rodovia para análise	26
Figura 13 – Demonstração do resultado de intervalo de 2 horas	27
Figura 14 – Demonstração do resultado de intervalo de 4 horas	27
Figura 15 – Demonstração do resultado de intervalo de 6 horas	28
Figura 16 – Demonstração do resultado de intervalo de 8 horas	28
Figura 17 – Demonstração do resultado de intervalo de 12 horas	29
Figura 18 – Demonstração trecho do Km 609 ao Km 628 da BR-365	30
Figura 19 – Posto SAU Km 750 BR-365. Fonte: Google Maps	31

Lista de tabelas

Tabela 1 – Classificação de coeficiente de variação para cada intervalo	34
---	----

Lista de abreviaturas e siglas

ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
API	Interface de Programação de Aplicações
CSV	Valores Separados por Vírgulas
DEA	Análise Envoltória de Dados
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
GPS	Sistema de Posicionamento Global
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados

Sumário

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivos	10
1.2	Justificativa	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Conceitos Fundamentais	12
2.1.1	Coordenadas Geográficas	12
2.1.2	Geocodificação Reversa	13
2.1.3	Azimute	13
2.2	Tecnologias	13
2.2.1	API	13
2.2.2	Python	13
2.2.2.1	Dicionário	14
2.2.2.2	Bibliotecas	14
2.2.3	PostgreSQL	14
2.2.4	ElephantSQL	14
2.2.5	DBeaver	15
3	TRABALHOS CORRELATOS	16
4	DESENVOLVIMENTO	17
4.1	Tratamento dos dados	17
4.2	Banco de dados	20
4.2.1	Criação do banco de dados	20
4.2.2	População do banco de dados	21
4.2.3	Adequação dos dados	21
4.3	Programa para análise dos dados	23
5	RESULTADOS	26
5.1	Análise dos quilômetros	29
5.2	Dados estatísticos	32
5.2.1	Médias de veículos por Km	33
5.2.2	Coeficiente de Variação	33
6	CONCLUSÃO	35

REFERÊNCIAS 36

1 Introdução

As rodovias desempenham um papel fundamental no transporte de cargas e nas viagens familiares, sendo um dos meios mais utilizados pela população. No Brasil, essas vias estão sob a jurisdição do Estado, e muitas vezes são concedidas a empresas privadas por meio de contratos regulamentados pela ANTT. Segundo a própria agência ([ANTT, 2023b](#)), essas concessões estabelecem as diretrizes, serviços, responsabilidades, normas e regulamentos que devem ser seguidos pelas empresas concessionárias.

A ANTT desempenha um papel fundamental na concessão e fiscalização das rodovias. Ela é responsável por fiscalizar a execução dos contratos de concessão concedidos às empresas privadas. ([ANTT, 2023a](#)) Uma das áreas de verificação realizadas pela ANTT diz respeito ao mapeamento da rodovia. Isso ocorre porque a concessionária é obrigada a fornecer cobertura para todas as partes da rodovia que lhe foi concedida.

Para realizar o mapeamento, a concessionária EcoRodovias faz a utilização tecnologias como ondas de rádio e GPS, que captam as localizações de diversos veículos em trânsito e as enviam para uma base de dados. Essa coleta de informações facilita o processo identificar toda a área concedida, permitindo que a ANTT monitore a extensão da cobertura fornecida pela concessionária e identifique possíveis áreas que necessitam de melhorias.

A análise de padrão e o monitoramento das rodovias são de extrema importância para garantir a segurança, a eficiência e a qualidade dos serviços rodoviários. Com base nos dados de mapeamento coletados que foi fornecido pela concessionária, que permite acompanhar a extensão da cobertura fornecida pela concessionária e verificar se há áreas que não estão sendo atendidas adequadamente, é possível identificar padrões de tráfego, pontos críticos, necessidades de melhorias e aprimoramentos na infraestrutura. Isso contribui para um planejamento adequado, uma manutenção eficiente e um gerenciamento otimizado das rodovias.

1.1 Objetivos

O objetivo deste trabalho é aplicar técnicas computacionais para identificar padrões de monitoramento de veículos em rodovias por meio de uma base de dados já definida.

Compondo o objetivo geral, são definidos os seguintes objetivos específicos:

- Por meio de uma base de dados fornecida, organizar os dados dos veículos que fazem o monitoramento das vias concessionadas;

- Identificar, a partir de uma coordenada de latitude e longitude, uma localização de um trecho específico de uma rodovia;
- Compor dados estatísticos de comportamentos de diferentes trechos da rodovia através da base de dados;
- Investigar razões para se justificar os comportamentos encontrados nos trechos da rodovia.

1.2 Justificativa

Infelizmente, nas rodovias acontecem muitos acidentes, imprevistos, ou até mesmo assaltos às pessoas que têm seus veículos quebrados. Com a análise devida feita sobre o monitoramento de rodovias, pode se aumentar a taxa de assistência feita pelas concessionárias aos usuários das estradas e melhorar a qualidade da viagem destas pessoas que passaram por situações inesperadas.

Olhando pelo lado das concessionárias, o mapeamento, análise dos padrões e fornecimento dos serviços de melhor maneira possível evitará multas milionárias aplicadas pela ANTT, já que, mesmo tendo a concessão das rodovias, o governo continua com autoridade sobre elas.

2 Referencial Teórico

A presente seção do referencial teórico é dedicada a fornecer uma base sólida de conhecimentos, conceitos e informações relevantes que sustentarão o desenvolvimento e a compreensão do trabalho de pesquisa em questão. A fim de explorar a temática proposta e responder às questões levantadas, é essencial estabelecer os conceitos fundamentais, analisar as tecnologias utilizadas e examinar trabalhos correlatos na área de estudo.

2.1 Conceitos Fundamentais

2.1.1 Coordenadas Geográficas

Segundo [Mundo UOL Educação \(2023\)](#), coordenadas geográficas são um sistema de linhas imaginárias que permitem a localização de qualquer ponto na superfície terrestre. Essa localização se dá pela intersecção de duas linhas imaginárias, sendo elas os paralelos (linhas que percorrem o planeta no sentido horizontal, dando origem à latitude) e os meridianos (linhas que percorrem o planeta verticalmente e dão origem à longitude).

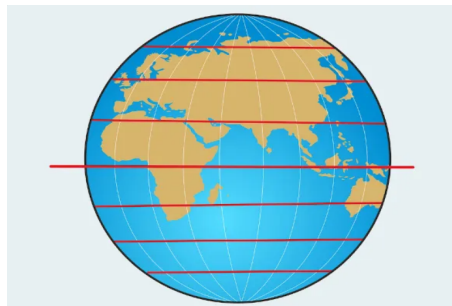


Figura 1 – Demonstração latitude. Fonte: Shutterstock

Latitude, conforme representada na figura acima, é a distância em graus entre qualquer ponto na superfície do planeta Terra e a linha do equador, que nada mais é do que o paralelo de 0° , mas dependendo da localização, as latitudes podem variar de 0 a 90° em ambos os hemisférios, Norte e Sul. ([GUITARRARA, 2023b](#))

Assim como a latitude, a principal função da longitude é identificar a posição de um referencial na superfície terrestre, nesse caso, a posição no Hemisfério Leste ou Oeste. O Meridiano de Greenwich foi estabelecido como marco zero para a contagem, sendo por isso o meridiano de longitude 0° e é representado na figura abaixo. ([GUITARRARA, 2023a](#))

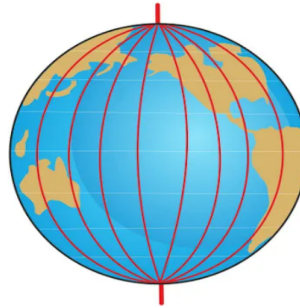


Figura 2 – Demonstração longitude. Fonte: Shutterstock

2.1.2 Geocodificação Reversa

Geocodificação reversa é o processo de conversão de coordenadas geográficas em um endereço legível. ([Plataforma Google Maps, 2023](#))

2.1.3 Azimute

Segundo [Custódio \(2016\)](#), azimute em uma direção é definido como o ângulo que se forma entre a meridiana de origem, que inclui os Pólos, sejam eles magnéticos ou geográficos, e a direção específica considerada. Esse ângulo é mensurado a partir do ponto Norte, no sentido horário, e varia no intervalo de 0° a 360.

2.2 Tecnologias

2.2.1 API

APIs são mecanismos que permitem que dois componentes de software se comuniquem usando um conjunto de definições e protocolos. ([AWS Amazon, 2023](#))

No contexto de APIs, a palavra Aplicação refere-se a qualquer software com uma função distinta. A interface pode ser pensada como um contrato de serviço entre duas aplicações. Esse contrato define como as duas se comunicam usando solicitações e respostas. A documentação de suas respectivas APIs contém informações sobre como os desenvolvedores devem estruturar essas solicitações e respostas. ([AWS Amazon, 2023](#))

2.2.2 Python

Lançada em 1991, Python é uma linguagem de programação multiparadigma, ou seja, além de suportar o paradigma funcional, pelo o qual é mais conhecido, suporta programação procedural e até mesmo paradigma imperativo. Sendo uma linguagem fracamente tipada e de alto nível, tornou-se bastante popular por ser mais comparável à linguagem humana, tornando-a mais legível em comparação a outras linguagens de programação, além da vasta coleção de bibliotecas e permitindo que seus usuários façam

cálculos complexos e criem visualização de dados, é comumente utilizada na área de aprendizado de máquina e inteligência artificial. (FARNEZI, 2022)

2.2.2.1 Dicionário

O dicionário é uma estrutura de dados em que seus elementos são armazenados de forma não ordenada. Cada elemento de um dicionário possui uma chave e valor, na qual a chave é um índice único para cada elemento e o valor é o que se costuma buscar do elemento, podendo ser uma lista, números, strings ou até mesmo um próprio dicionário. (LOPES, 2021)

2.2.2.2 Bibliotecas

As bibliotecas do Python são um conjunto de módulos e funções já implementadas que reduzem o código do programa e facilitam a escrita do usuário.

Dentro das bibliotecas, podem existir módulos, como se fossem as seções de uma biblioteca real, e dentro deles se encontram as funções. Para fazer uso desses recursos, para bibliotecas que já não vêm instaladas, basta escrever na linha de comando do computador o código 'pip install' seguido pelo nome da biblioteca desejada e então fazer a importação da biblioteca ou de algum módulo específico no código. (CATUNDA, 2022)

Neste trabalho, as bibliotecas utilizadas foram:

- Requests
- Pandas
- Datetime
- Psycpg 2

2.2.3 PostgreSQL

O PostgreSQL é um SGBD de código aberto que utiliza e expande a linguagem SQL, incorporando diversos recursos para armazenar grandes volumes de dados de maneira segura. Tendo sua origem em 1986 na Universidade da Califórnia, o PostgreSQL possui mais de 35 anos de desenvolvimento ativo na sua plataforma principal. (WHAT..., 2023)

2.2.4 ElephantSQL

ElephantSQL é um serviço de hospedagem de banco de dados na nuvem, que gerencia tarefas administrativas do PostgreSQL, como instalação, atualizações e backups. (ELEPHANTSQL..., 2023)

2.2.5 DBeaver

O DBeaver é uma ferramenta de software gratuita e de código aberto projetada para facilitar o desenvolvimento e administração de bancos de dados. Com suporte para mais de 80 bancos de dados, ele oferece uma ampla gama de opções para atender às necessidades de seus usuários. ([ABOUT...](#), 2023)

3 Trabalhos Correlatos

O projeto de [Azevedo et al. \(2012\)](#) teve como objetivo avaliar a eficiência das concessionárias de rodovias federais no Brasil, reguladas pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), no período de 2005 a 2008. Foram utilizados dois modelos de Análise Envoltória de Dados (DEA) para medir a eficiência das concessionárias em termos de uso de recursos de capital, gestão de pessoal, investimentos em segurança e utilização das receitas para melhorias. Um índice de eficiência global foi calculado a partir dos resultados dos dois modelos. O estudo mostrou que a Nova Dutra foi a concessionária mais eficiente, alcançando eficiência máxima em 2008. Outras quatro concessionárias também apresentaram eficiência global. O estudo ressaltou a importância de relatórios anuais mais abrangentes das concessionárias e a inclusão das rodovias estaduais concessionadas para uma análise mais completa no futuro. Além disso, sugere-se a avaliação da eficiência das concessionárias em cada ano separadamente.

Já na pesquisa realizada por [Gonze \(2014\)](#), o autor destaca que a concessão de rodovias federais é um mecanismo de financiamento para a manutenção, conservação e ampliação da infraestrutura, por meio da cobrança de pedágio dos usuários. Apesar de algumas obras terem sofrido atrasos, todos os contratos de concessão trouxeram melhorias significativas para as rodovias. No entanto, ainda existem desafios, como a limitação do escopo dos contratos e a falta de investimentos em desenvolvimento socioeconômico das localidades atendidas pelas rodovias. O estudo também aborda a alocação de riscos entre as concessionárias e o poder concedente, a importância da regulação técnica e os diferentes modelos de regulação utilizados nos contratos de concessão. Além disso, menciona a possibilidade de estratégias por parte das concessionárias para maximizar benefícios financeiros, como concentrar investimentos no início do contrato ou postergar investimentos em manutenção.

4 Desenvolvimento

Durante o desenvolvimento do projeto, o foco foi em atividades importantes para lidar com os dados fornecidos pela empresa responsável pelas estradas. Inicialmente foi necessário organizar cuidadosamente os dados, garantindo uma base sólida para as etapas seguintes. Em seguida, foi criado um método abrangente para tratar esses dados, limpando e organizando as informações de maneira clara. Para tornar as coisas mais simples e eficientes, estabelecemos um banco de dados para armazenar e recuperar dados. No final do processo de desenvolvimento, após a finalização de todos os passos mencionados, foi criado um programa para analisar esses dados, extraindo informações que ajudarão a melhorar a gestão e a compreensão das operações da concessionária.

4.1 Tratamento dos dados

O arquivo CSV disponibilizado pela EcoRodovias, concessionária da rodovia, continha informações sobre 51 veículos de sua frota. A obtenção das coordenadas desses veículos foi viabilizada pela presença de um identificador único para cada sinal registrado. Dessa forma, utilizando ondas de rádio e dados de GPS, a concessionária mapeou e registrou com precisão as coordenadas de cada veículo, incluindo informações como data, hora, velocidade, direção em que o veículo estava indo em cada momento apontado e enviou o arquivo da Figura 3. Tendo este arquivo, foi necessário transformá-lo no arquivo CSV da Figura 4 para ser a entrada do programa para tratar os dados.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	ID_DADO	DEVICE_ID	RECURSO	DATAHORA_DADO	LATITUDE	LONGITUDE	SPEED	DIRECTION	RADIUS	MÊS	DIA
2	14379146	29	CP.011.001	01/09/2022 00:00	-18,93638508	-49,43255978	0,056249999	302	2,90625	9	1
3	14379147	41	CP.011.002	01/09/2022 00:00	-18,65847718	-50,99720453	0,084375001	242	3,375	9	1
4	14379148	30	CA.011.001	01/09/2022 00:00	-18,65854519	-50,99710755	0,028124999	6	1,6171875	9	1
5	14379149	7	APH.011.004	01/09/2022 00:00	-18,9179278	-49,87463334	0,028124999	166	2,1953125	9	1
6	14379150	26	GL.011.003	01/09/2022 00:00	-18,97888766	-50,29605129	0,140625	122	2,390625	9	1
7	14379151	40	GP.011.003	01/09/2022 00:00	-18,28892288	-51,17220945	0,168750003	12	2,6484375	9	1
8	14379152	13	APH.011.010	01/09/2022 00:00	-18,05393237	-51,54345525	97,22812653	336	3,703125	9	1
9	14379153	98	IT.011.018	01/09/2022 00:00	-18,91479246	-50,23110428	70,95937347	248	2,9375	9	1
10	14379154	11	APH.011.008	01/09/2022 00:00	-18,93645017	-49,4327011	0,028124999	126	2,34375	9	1
11	14379155	3	IT.011.007	01/09/2022 00:00	-18,89217658	-48,6413222	65,92500305	78	2,03125	9	1
12	14379156	2	IT.011.013	01/09/2022 00:00	-18,86253838	-50,81384512	64,32187653	108	2,015625	9	1
13	14379157	35	Manutenção (IT.011.012)	01/09/2022 00:00	-18,97893108	-50,29612564	0,028124999	32	1,921875	9	1
14	14379158	29	CP.011.001	01/09/2022 00:01	-18,93637637	-49,43261493	0,028124999	348	3,25	9	1
15	14379159	41	CP.011.002	01/09/2022 00:01	-18,65847307	-50,99722465	0,028124999	242	2,96875	9	1
16	14379160	30	CA.011.001	01/09/2022 00:01	-18,65856468	-50,9971125	0,028124999	6	1,90625	9	1
17	14379161	7	APH.011.004	01/09/2022 00:01	-18,91792118	-49,87460132	0,028124999	192	2,0859375	9	1
18	14379162	26	GL.011.003	01/09/2022 00:01	-18,97884076	-50,29603469	0,056249999	122	2,1484375	9	1
19	14379163	40	GP.011.003	01/09/2022 00:01	-18,28894396	-51,17220107	0,028124999	12	2,4453125	9	1
20	14379164	30	CA.011.001	01/09/2022 00:01	-18,65854519	-50,99710755	0,028124999	6	1,6171875	9	1

Figura 3 – Arquivo enviado pela EcoRodovias

Para desenvolver o programa em Python responsável por tratar, processar e analisar os dados fornecidos pela concessionária da rodovia, foi primordial começar pela leitura do arquivo CSV disponibilizado, o que foi feito usando a biblioteca Pandas. Em seguida,

- 2,86% de registros inválidos: Representando um total de 22.856 registro inválidos em 800 mil execuções;
- 3,96% de registros não esperados encontrados: Representando um total de 31.649 registros a mais em 800 mil execuções.

A saída do programa foi o mesmo arquivo CSV que foi utilizado de entrada, mas com a diferença de que possui 3 colunas a mais: BR (representando a rodovia em que o veículo se encontra), UF (estado), KM (representando a altura da rodovia). O mesmo pode ser visto na ilustração a seguir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	ID_DADO,DEVICE_ID,RECURSO,DATAS,HORA,LATITUDE,LONGITUDE,SPPED,DIRECTION,RADIUS,MÊS,DIA,BR,UF,KM														
2	14379146,29,CP.011.001,2022/09/01,00:00:02,-18.9363850839436,-49.4325597770512,0.0562499985,302,2.90625,9,1,365,MG,750.02604225439643														
3	14379147,41,CP.011.002,2022/09/01,00:00:06,-18.6584771750494,-50.9972045291215,0.084375001,242,3.375,9,1,364,GO,69.731498676893665														
4	14379148,30,CA.011.001,2022/09/01,00:00:08,-18.6585451941937,-50.9971075505018,0.028124999,6,1.6171875,9,1,364,GO,69.718683646479832														
5	14379149,7,APH.011.004,2022/09/01,00:00:10,-18.9179277978837,-49.8746333364397,0.028124999,166,2.1953125,9,1,365,MG,794.7381034341638														
6	14379150,26,GL.011.003,2022/09/01,00:00:23,-18.9788876613602,-50.2960512880235,0.140625,122,2.390625,9,1,365,MG,843.90744370705306														
7	14379151,40,GP.011.003,2022/09/01,00:00:24,-18.2889228779822,-51.1722094472497,0.168750003,12,2.6484375,9,1,364,GO,117.11309174483144														
8	14379152,13,APH.011.010,2022/09/01,00:00:29,-18.0539323668926,-51.5434552542865,97.22812653,336,3.703125,9,1,364,GO,167.47588969389403														
9	14379153,98,IT.011.018,2022/09/01,00:00:33,-18.9147924631834,-50.2311042789369,70.95937347,248,2.9375,9,1,365,MG,833.69278669808727														
10	14379154,11,APH.011.008,2022/09/01,00:00:41,-18.9364501694217,-49.4327010959386,0.028124999,126,2.34375,9,1,365,MG,750.04228833695333														
11	14379155,3,IT.011.007,2022/09/01,00:00:47,-18.892176579684,-48.6413221992552,65.92500305,78,2.03125,9,1,365,MG,662.49883630536067														
12	14379156,2,IT.011.013,2022/09/01,00:00:48,-18.862538379617,-50.813845116645,64.32187653,108,2.015625,9,1,364,GO,39.571321472784625														
13	14379157,35,Manutenção (IT.011.012),2022/09/01,00:00:57,-18.9789310796186,-50.2961256355047,0.028124999,32,1.921875,9,1,365,MG,843.91549514577878														
14	14379158,29,CP.011.001,2022/09/01,00:01:02,-18.9363763667643,-49.432614929974,0.028124999,348,3.25,9,1,365,MG,750.03139911788537														
15	14379159,41,CP.011.002,2022/09/01,00:01:06,-18.6584730679169,-50.9972246456891,0.028124999,242,2.96875,9,1,364,GO,69.733257953067323														
16	14379160,30,CA.011.001,2022/09/01,00:01:08,-18.6585646821185,-50.9971124958246,0.028124999,6,1.90625,9,1,364,GO,69.717295974062793														
17	14379161,7,APH.011.004,2022/09/01,00:01:10,-18.9179211761802,-49.8746013175696,0.028124999,192,2.0859375,9,1,365,MG,794.73515849899707														
18	14379162,26,GL.011.003,2022/09/01,00:01:23,-18.9788407646119,-50.2960346918553,0.056249999,122,2.1484375,9,1,365,MG,843.90223121196584														
19	14379163,40,GP.011.003,2022/09/01,00:01:24,-18.2889439584687,-51.1722010653465,0.028124999,12,2.4453125,9,1,364,GO,117.1169164672405														
20	14379164,39,GP.011.002,2022/09/01,00:01:25,-18.879305999726,-48.9825009461492,0.056249999,230,4.2265625,9,1,365,MG,701.0362122287936														
21	14379165,38,GP.011.001,2022/09/01,00:01:28,-18.9788464643061,-50.2959583327174,0.028124999,346,2.84375,9,1,365,MG,843.89851604753119														
22	14379166,98,IT.011.018,2022/09/01,00:01:33,-18.9188899984583,-50.2424302417784,76.94999695,248,2.9375,9,1,365,MG,834.98043766230023														

Figura 5 – Arquivo csv (Saída do programa)

Dado o considerável volume de dados no arquivo CSV fornecido, com cerca de 800 mil linhas, totalizava 170 MB de espaço, optamos por dividi-lo em oito partes. Essa decisão visava mitigar possíveis contratempos, como oscilações na conexão de internet, falta de energia ou outras adversidades que pudessem interromper a execução e resultar em falhas, como ocorreu algumas vezes. Com essa abordagem, caso houvesse interrupções, apenas uma pequena parte da execução seria perdida, evitando que processo precisasse ser executado desde o início.

Por fim, em cada uma das oito execuções, que abrangeram toda a base de dados fornecida, o tempo total de execução era exibido na tela após o processamento completo dos dados, tradução das coordenadas em endereços legíveis e a inserção destes em um novo arquivo. Com uma abordagem de processamento de aproximadamente cem mil linhas por vez, a média de tempo gasto em cada execução foi de 7 horas. Assim, desconsiderando as vezes em que as execuções foram interrompidas, o tratamento completo dos dados levou cerca de 56 horas para ser concluído.

4.2 Banco de dados

A escolha do ElephantSQL foi feita para criar e hospedar nosso banco de dados na nuvem, devido à sua facilidade de configuração, segurança robusta, backup automático para minimizar a perda de dados e suporte a múltiplos acessos simultâneos, o que se mostrou muito útil. Optamos por este serviço também por sua escalabilidade e desempenho. Em uma fase posterior do preenchimento do banco de dados, foi necessário fazer um upgrade no plano, pois o plano inicial oferecia apenas 20MB de memória, enquanto o plano escolhido posteriormente proporciona 500MB de armazenamento.

O ElephantSQL oferece integração com o DBeaver, nossa escolha para a administração do banco de dados. O DBeaver foi selecionado por sua conectividade com o PostgreSQL, uma interface gráfica agradável e um editor SQL incorporado. Além disso, está disponível para os principais sistemas operacionais do mercado, como Windows, Linux e macOS.

4.2.1 Criação do banco de dados

Na criação do banco de dados, foi decidido por utilizar uma única tabela, correspondente ao arquivo CSV resultante da geocodificação reversa das latitudes e longitudes presentes na base de dados fornecida. Essa tabela foi estruturada com 16 campos, sendo eles:

- ID (integer): Chave primária da tabela;
- ID_DADO (integer): Apesar de aparentar redundância com o campo ID, este campo pode conter registros duplicados, já que algumas coordenadas podem fornecer mais de uma localização;
- DEVICE_ID (integer): ID do veículo registrado;
- RECURSO (varchar(100)): Nome do veículo registrado;
- DATAS (date): Data do registro;
- HORA (time): Horário do registro;
- LATITUDE (varchar(20)): Coordenada de latitude registrada do veículo;
- LONGITUDE (varchar(20)): Coordenada de longitude registrada do veículo;
- SPEED (float): Velocidade registrada do veículo;
- DIRECTION (integer): Direção para a qual o veículo se movia, em graus;

- RADIUS (float): Raio de Precisão do GPS, ou seja, indicado uma margem de erro da localização.
- MES (integer): Representa o mês do registro. Apesar de redundante, já se encontrava na base de dados fornecida;
- DIA (integer): Representa o dia do registro. Assim como o campo mês, apesar de redundante, já se encontrava na base de dados;
- BR (integer): Número da rodovia onde o veículo se encontrava;
- UF (varchar): Estado da federação em que o veículo se encontrava;
- KM (float): Altura, em quilômetros, na rodovia em que o veículo se encontrava.

4.2.2 População do banco de dados

O processo de população do banco de dados com as informações contidas no CSV foi dividido em três etapas principais. Na primeira etapa, foi feita a importação das bibliotecas Pandas e psycopg2. Pandas foi utilizado para a leitura e iteração do arquivo, enquanto psycopg2 foi empregado para conectar o Python ao PostgreSQL.

Na segunda etapa, a cada iteração, foi realizada uma query de inserção para adicionar uma linha por vez ao banco de dados. Vale ressaltar que o CSV utilizado foi dividido em oito partes, com o objetivo de evitar possíveis problemas de interrupção, conforme mencionado anteriormente.

A última etapa do código, mas não menos importante, consistiu em realizar o commit para confirmar as alterações feitas no banco de dados, garantindo assim que os dados foram inseridos com sucesso.

4.2.3 Adequação dos dados

Após a conclusão da inserção dos dados no banco, foi necessário realizar ajustes para melhor aproveitamento. Inicialmente, as quilometragens registradas foram arredondadas, tornando futuras comparações mais simples e reduzindo o espaço de armazenamento, uma vez que os dados possuíam várias casas decimais.

O segundo ajuste foi na tradução do campo que indica a direção dos veículos em movimento. Como o campo original apresentava dados em graus, antes de traduzi-los para pontos cardeais e colaterais, fiz a alteração do tipo do campo na tabela de integer para varchar(2), já que as siglas dos pontos possuem dois caracteres. Foi necessário considerar como os graus representavam as direções, pois, ao contrário de um plano cartesiano convencional, onde os graus começam a ser contados pelo eixo X e aumentam no sentido

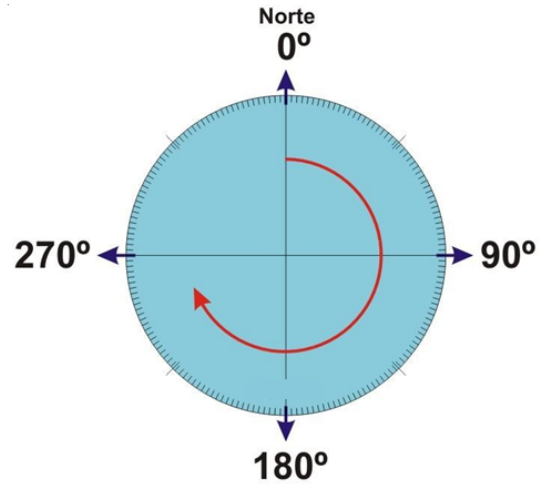
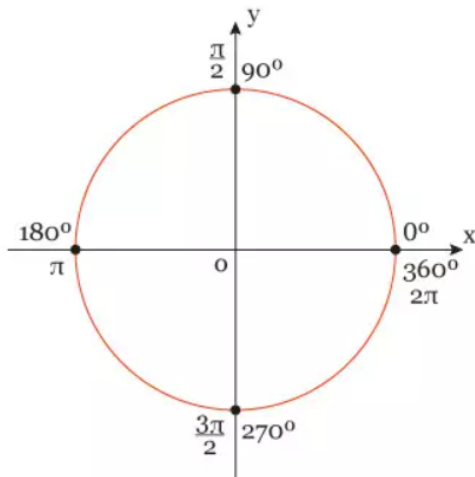
anti-horário, as direções na tabela iniciavam a contagem no eixo Y e aumentavam no sentido horário.

A figura 6 a seguir ilustra o plano cartesiano convencional e como as direções eram definidas com base nos dados da tabela, conhecido como azimuth.

Figura 6 – Diferença das representações

(a) Plano Cartesiano. Fonte: Educa Mais Brasil

(b) Graus em termos de azimuth. Fonte: Métrica



A definição dos intervalos das direções que passaram a representar os pontos cardeais e colaterais ficou a seguinte:

- Norte (N): Intervalo de 337.5° a 22.5°
- Nordeste (NE): Intervalo de 22.5° a 67.5°
- Leste (E): Intervalo de 67.5° a 112.5°
- Sudeste (SE): Intervalo de 112.5° a 157.5°
- Sul (S): Intervalo de 157.5° a 202.5°
- Sudoeste (SW): Intervalo de 202.5° a 247.5°
- Oeste (W): Intervalo de 247.5° a 292.5°
- Noroeste (NW): Intervalo de 292.5° a 337.5°

Para converter os valores em graus para pontos cardeais e colaterais, foi realizado um simples processo de atualização do campo 'direction' para cada intervalo listado acima. Os principais pontos de atenção incluíram a necessidade de realizar um cast dos valores de varchar para integer durante a consulta, uma vez que o tipo do campo foi

modificado previamente. Além disso, a cada nova consulta, era essencial desconsiderar o ponto cardeal ou colateral adicionado na consulta anterior. Isso se deve ao fato de que, ao ser modificado para caracteres, não seria viável nem faria sentido fazer um cast nele. Para melhor visualização, a query utilizada pode ser vista abaixo:

```
21  alter table tabela_dados alter column direction type varchar(3);
22
23  --N
24  update tabela_dados set direction = 'N'
25  where (cast(direction as integer) >= 338
26  or cast(direction as integer) <= 22)
27  and br <> 0 and km <> 0;
28
29  --NE
30  update tabela_dados set direction = 'NE'
31  where (cast(direction as integer) between 23 and 67)
32  and br <> 0 and km <> 0 and direction <> 'N';
```

Figura 7 – Exemplo da query feita com direções norte e nordeste

O último passo essencial para finalizar a adequação dos dados envolveu a remoção de localizações indesejadas armazenadas no banco de dados, incluindo principalmente aquelas registradas em rodovias não concessionadas. Este processo foi feito de maneira manual, principalmente pelo tamanho da base de dados permitir esta ação, mas também para ter mais assertividade.

Entretanto, alguns registros relacionados à BR-050 precisaram ser preservados, pois estavam localizados em pontos de interseção com a BR-365. Embora as BRs 365 e 364 tenham sido priorizadas no código em que a geocodificação reversa foi feita, alguns pontos de interseção da BR-050 não foram devidamente identificados pela API, que retornava informações apenas da BR-050, mesmo quando havia interseção com as outras rodovias.

4.3 Programa para análise dos dados

Com a conclusão da adequação dos dados, restou desenvolver um programa que identificasse os trechos da rodovia carentes de monitoramento necessário. Para realizar essa verificação, foi preciso criar uma consulta capaz de analisar cada quilômetro ao longo de todo o período registrado, em intervalos de 2, 4, 6, 8 e 12 horas. Isto foi feito por meio da criação de uma tabela temporária que possuía os intervalos e fazendo um left join com uma seleção de contagem de passagem de veículos em determinado quilômetro. Abaixo, nas figuras 8 e 9, segue um exemplo visual para melhor compreensão da lógica utilizada.

Após a execução dessa consulta, foi possível implementar um programa que rodou esta consulta em loop para todos os quilômetros presentes no banco de dados para analisar os resultados e informar todos os trechos que carecem de monitoramento adequado, além do número de veículos que passaram por trecho em cada quilômetro. O arquivo

Dados na tabela principal			Intervalos tabela temporária	
datas	hora	km	Intervalo	
2024-03-01	1:30	3	2024-03-01 00:00:00	
2024-03-01	3:15	3	2024-03-01 02:00:00	
2024-03-01	4:50	2	2024-03-01 04:00:00	

Figura 8 – Tabelas antes do JOIN

Resultado do JOIN	
Intervalo	Km (número de veiculos contados quando igual a 3)
2024-03-01 00:00:00	1
2024-03-01 02:00:00	1
2024-03-01 04:00:00	0

Figura 9 – Exemplo do resultado do JOIN

gerado foi um tipo texto, presentes na Figura 10, em que possuía linhas, representando os quilômetros, e colunas, que representam os intervalos.

contagem_registros_12km.txt - Bloco de Notas												
Arquivo	Editar	Formatar	Exibir	Ajuda								
14	27	159	57	88	102	84	52	22	188	47	39	
6	4	1	1	1	2	8	0	7	3	2	1	
4	1	2	2	1	2	5	1	2	0	0	0	
4	1	1	5	0	3	13	3	3	3	0	0	
3	5	0	0	0	2	6	0	3	3	0	2	
4	3	6	1	2	4	7	1	4	2	4	1	
5	3	3	2	1	2	6	4	7	4	1	0	
111	28	2	13	3	39	7	9	27	6	22	1	
4	7	3	2	3	3	2	1	5	3	3	1	
8	6	3	3	3	9	5	3	4	3	4	3	
12	14	10	5	5	1	5	5	6	6	2	0	
7	2	4	3	0	1	2	3	8	4	3	3	
8	9	9	2	4	9	6	3	3	4	2	1	
6	4	5	5	4	5	3	5	4	11	2	2	
7	7	5	2	0	4	2	2	5	5	1	0	
5	4	5	6	2	3	2	5	4	7	2	1	
11	10	16	4	3	5	5	3	4	13	16	8	

Figura 10 – Saída do programa

Porém, para melhor visualização dos resultados, estes foram exportados e forma-

tados para uma planilha em excel (como pode ser visto abaixo).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1		01/09/2022		02/09/2022		03/09/2022		04/09/2022		05/09/2022		06/09/2022		07/09/2022		
2	Km\Intervalos	00:00:00	12:00:00	00:00:00	12:00:00	00:00:00	12:00:00	00:00:00	12:00:00	00:00:00	12:00:00	00:00:00	12:00:00	00:00:00	12:00:00	0
3	0	14	27	159	57	88	102	84	52	22	188	47	39	9	97	
4	1	6	4	1	1	1	2	8	0	7	3	2	1	0	2	
5	2	4	1	2	2	1	2	5	1	2	0	0	0	0	0	
6	3	4	1	1	5	0	3	13	3	3	3	0	0	0	0	
7	4	3	5	0	0	0	2	6	0	3	3	0	2	0	2	
8	5	4	3	6	1	2	4	7	1	4	2	4	1	0	2	
9	6	5	3	3	2	1	2	6	4	7	4	1	0	0	2	
10	7	111	28	2	13	3	39	7	9	27	6	22	1	1	33	
11	8	4	7	3	2	3	3	2	1	5	3	3	1	1	5	
12	9	8	6	3	3	3	9	5	3	4	3	4	3	0	11	
13	10	12	14	10	5	5	1	5	5	6	6	2	0	0	14	
14	11	7	2	4	3	0	1	2	3	8	4	3	3	1	40	
15	12	8	9	9	2	4	9	6	3	3	4	2	1	1	4	
16	13	6	4	5	5	4	5	3	5	4	11	2	2	1	3	
17	14	7	7	5	2	0	4	2	2	5	5	1	0	0	2	
18	18	2	3	6	3	1	9	5	2	3	3	2	3	1	2	
19	19	5	6	3	6	3	2	8	4	1	1	4	1	0	4	

Figura 11 – Adaptação para excel

5 Resultados

Neste capítulo, o objetivo é analisar os resultados obtidos do programa descrito na seção 4.3. Os resultados foram transferidos para tabelas, que têm os quilômetros representados em suas linhas e os intervalos nas colunas. Cada campo da tabela contém a contagem de cada veículo em cada intervalo. No entanto, devido ao grande número de dados, para facilitar a compreensão e visualização das tabelas, foi decidido que, quando a contagem de veículos em cada intervalo diferir, cores diferentes seriam atribuídas. As cores utilizadas são:

- Vermelho: Nenhuma passagem;
- Laranja: De 1 a 5 passagens;
- Amarelo: De 5 a 10 passagens;
- Verde: Mais do que 10 passagens.

A concessionária da rodovia forneceu, juntamente com os dados de localização dos veículos, cinco trechos para análise, os quais estão detalhados na Figura 4. A análise desses trechos permitirá uma compreensão mais aprofundada do desempenho da rodovia, possibilitando a identificação de áreas de melhoria e a implementação de estratégias para otimização do serviço prestado aos usuários.

TRECHO ▾	RODOVIA ▾	KM_ALVO ▾	LATITUDE ▾	LONGITUDE ▾
T-01	365-MG	Km 628 MG	-18.901998	-48.351008
T-01	365-MG	Km 710 MG	-18.879166	-49.087991
T-02	365-MG	Km 714 MG	-18.879664	-49.125818
T-02	365-MG	Km 798 MG	-18.914934	-49.883482
T-03	365-MG	Km 802 MG	-18.905412	-49.909914
T-03	364-GO	Km 14 GO	-18.968673	-50.609288
T-04	364-GO	Km 18 GO	-18.942993	-50.635925
T-04	364-GO	Km 102 GO	-18.397755	-51.109725
T-05	364-GO	Km 106 GO	-18.363054	-51.118573
T-05	364-GO	Km 190 GO	-17.934016	-51.679271

Figura 12 – Trechos fornecidos pela rodovia para análise

Abordando os quilômetros de 0 a 197 da BR-364 e os quilômetros 609 a 868 da BR-365, a seguir, nas figuras de 5 a 9, estão os resultados de todas as execuções feitas.

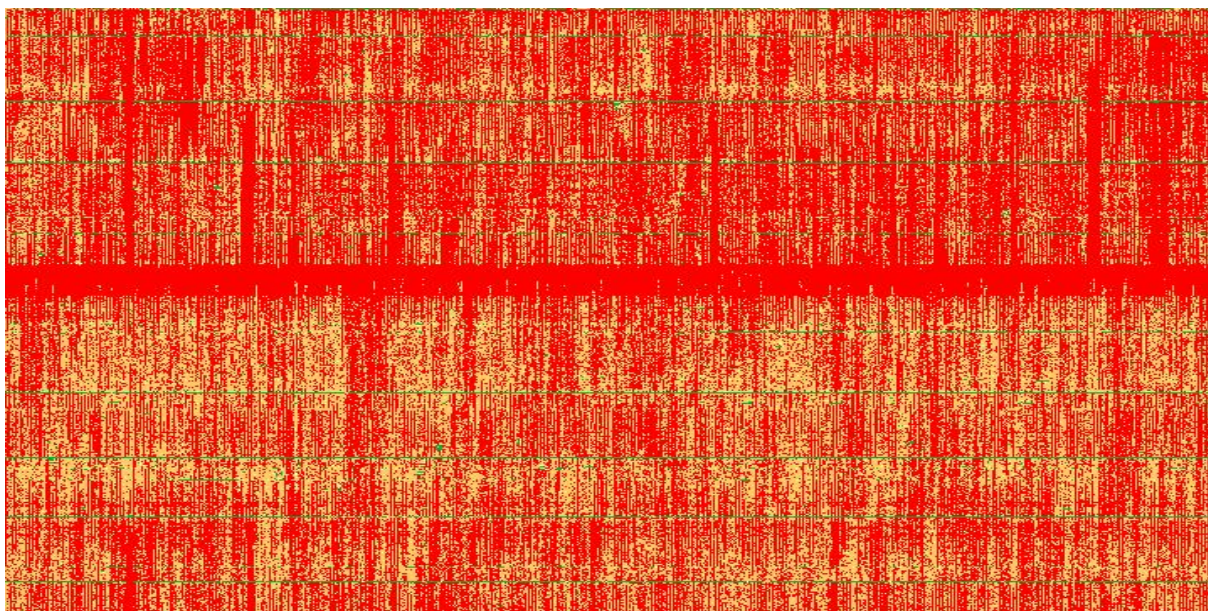


Figura 13 – Demonstração do resultado de intervalo de 2 horas

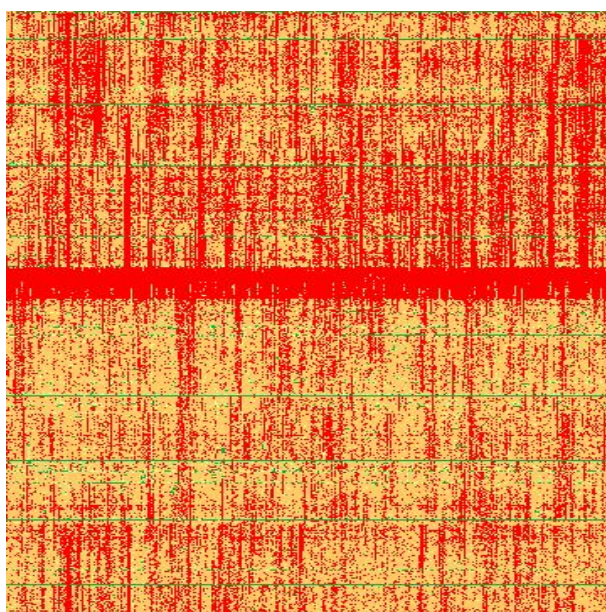


Figura 14 – Demonstração do resultado de intervalo de 4 horas

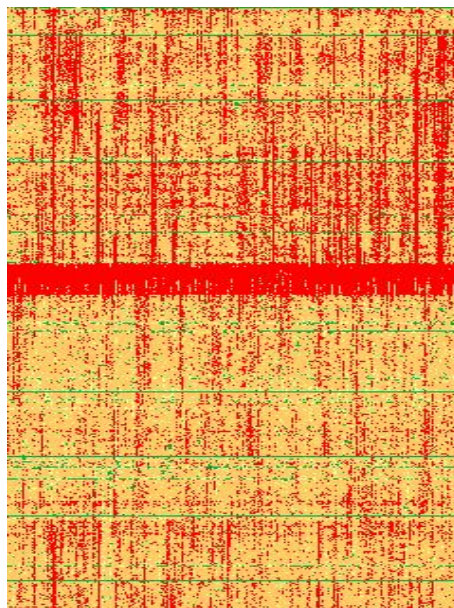


Figura 15 – Demonstração do resultado de intervalo de 6 horas

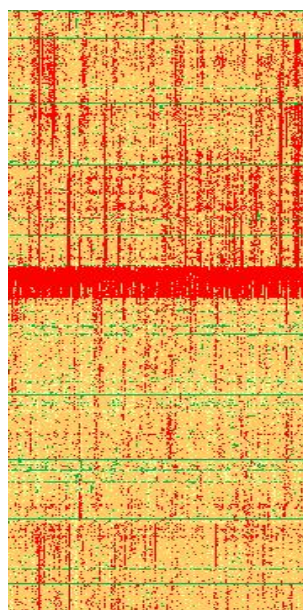


Figura 16 – Demonstração do resultado de intervalo de 8 horas

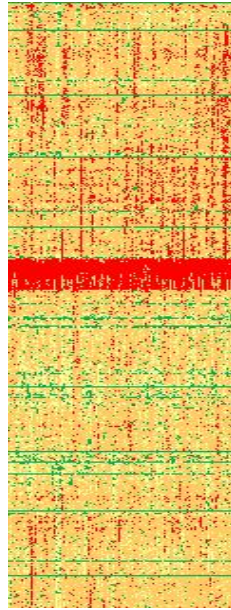


Figura 17 – Demonstração do resultado de intervalo de 12 horas

5.1 Análise dos quilômetros

Ao ver todos os resultados, pode-se concluir de maneira rápida que, conforme os intervalos aumentaram, os monitoramentos dos quilômetros foram intensificados, porém, uma coisa que continuou constante em todas as execuções foi uma faixa de dados majoritariamente vermelha no meio das tabelas. Esses dados representam uma faixa de aproximadamente 24 quilômetros, divididos entre os quilômetros 194 a 197 da BR-364 e os quilômetros 609 a 628 da BR-365.

Ao realizar uma análise mais aprofundada, observa-se, em primeiro lugar, que o trecho da BR-364 compreendido entre os quilômetros 194 e 197 está situado fora da extensão do trecho T-05, conforme ilustrado na Figura 4, cujo limite é o quilômetro 190. No entanto, é notável que, no início desse intervalo, há uma entrada para a cidade de Jataí, e entre os quilômetros 193 e 194 existe um ponto de retorno na via.

Considerando esses dois fatores, juntamente com a informação anterior, é possível concluir que a ausência de monitoramento nesse intervalo ocorre devido ao movimento de veículos realizando retorno na via, evidenciado pelo aumento significativo no número de veículos passando no quilômetro 193. É importante ressaltar que esse intervalo não está abrangido pelo trecho T-05, justificando a falta de cobertura observada.

O trecho da BR-365, localizado entre os quilômetros 609 e 628, está totalmente situado dentro da cidade de Uberlândia. Assim como os quilômetros 194 a 197, este trecho não está associado a nenhum dos segmentos ilustrados na Figura 4, exceto pelo quilômetro 628, que é compartilhado com o trecho T-01. Esses dois fatores explicam a ausência de monitoramento nessa parte da rodovia, mas não condiz com o monitoramento que deveria

ser ideal. O trecho entre os quilômetros 609 e 628 está representado de forma visual na Figura 10, proporcionando uma compreensão mais detalhada da área em questão.

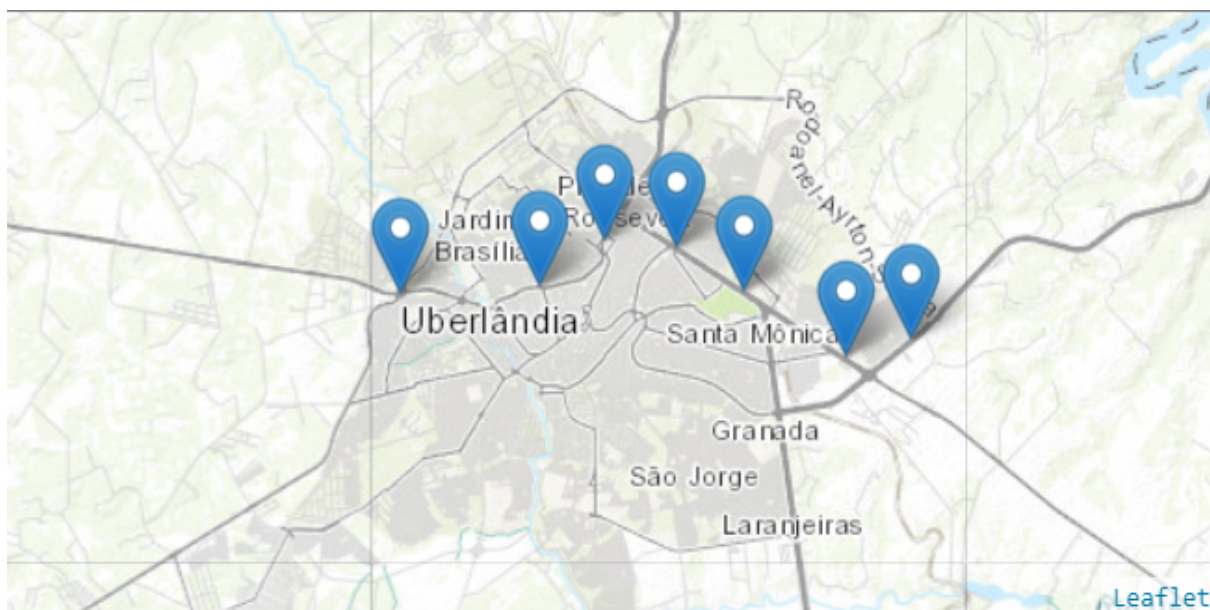


Figura 18 – Demonstração trecho do Km 609 ao Km 628 da BR-365

Nas figuras dos resultados, é possível notar faixas predominantemente verdes que percorrem praticamente todos os intervalos para seus respectivos quilômetros. Essa característica é observada nos seguintes quilômetros: 21, 70, 117, 170, 655, 701, 750, 795 e 844. Todos esses quilômetros, sem exceção, possuem um posto de Serviço de Atendimento ao Usuário (SAU), e são nestes pontos em que a incidência de veículos é maior nos intervalos.

Nos postos SAU, os veículos da concessionária permanecem prontos para atendimentos emergenciais. Além disso, de acordo com a [Esosul \(2023\)](#), filial da EcoRodovias no sul do país, esses postos oferecem uma completa estrutura para que os usuários da rodovia possam fazer paradas confortáveis, incluindo áreas para descanso, sanitários, fraldário e informações turísticas para uma viagem mais agradável.

Na Figura 11 pode se ver um exemplo de um SAU presente nos quilômetros mencionados.



Figura 19 – Posto SAU Km 750 BR-365. Fonte: Google Maps

Na análise dos resultados das execuções, observou-se que, com exceção de uma, todas exibiram menos de 5 registros de monitoramento eficaz ao longo dos quilômetros analisados, representando apenas 1,19% de sucesso. A execução que se destacou, ilustrada na Figura 9, mostrou resultados para os intervalos de 12 horas. Dos 459 quilômetros verificados, 420 são localizados dentro dos trechos informados na Figura 4, mas apenas 36 foram monitorados adequadamente, em outras palavras, 8,57% deles. Entre esses, 9 trechos receberam monitoramento eficaz devido à presença de postos de Serviço de Atendimento ao Usuário (SAU), sendo 5 em Minas Gerais e 4 em Goiás.

Dos 27 quilômetros restantes com monitoramento adequado, 2 estão localizados em Goiás: o quilômetro zero, na divisa entre os dois estados, e o quilômetro 16, que marca a entrada da cidade de Itaguaçu.

Os 25 quilômetros que sobraram estão situados em Minas Gerais. Destes, 4 não apresentaram qualquer motivo específico para o monitoramento completo. Já em cada um dos outros 21 quilômetros (equivalentes a 84%), identificou-se alguma característica relevante para justificar o monitoramento, como a presença de postos de combustível, pedágios ou retornos na via. Abaixo segue levantamento do que se foi observado em cada um destes:

- 638 -> Posto de combustível + 2 retornos
- 648 -> Pedágio
- 649 -> Pedágio
- 650 -> Pedágio + Posto de combustível
- 656 -> Perto do SAU + Trevo + Posto de combustível

- 658 -> Retorno, mas fora isso, nenhum motivo especial
- 688 -> Trevo Monte Alegre de Minas
- 691 -> Trevo Monte Alegre de Minas
- 699 -> Trecho entre dois retornos
- 700 -> Trecho entre SAU e retorno
- 702 -> Trecho entre SAU e retorno
- 707 -> Pedágio
- 754 -> Retorno no trecho urbano de Ituiutaba
- 758 -> Posto de combustível próximo a retorno no trecho urbano de Ituiutaba
- 759 -> Retorno no trecho urbano de Ituiutaba
- 760 -> Próximo a retorno no trecho urbano de Ituiutaba
- 764 -> Próximo a pedágio e saída de fazenda
- 767 -> Pedágio
- 772 -> Próximo a um cruzamento de vias
- 774 -> Próximo a um cruzamento de vias
- 833 -> Pedágio

5.2 Dados estatísticos

Na seção anterior, a análise por intervalos foi conduzida com base na verificação de que o monitoramento em cada período de tempo era considerado efetivo se, em cada intervalo, houvesse pelo menos um veículo da concessionária passando por todos os quilômetros analisados. Para facilitar sua identificação, ela será chamada de análise simples.

Embora a análise simples seja eficaz para identificar falhas nos monitoramentos, ela define se um monitoramento é falho com base em apenas um erro, adotando uma abordagem totalmente objetiva e desconsiderando o desempenho geral da concessionária ao longo do tempo. Por isso, foram calculados dados estatísticos para oferecer uma visão mais ampla dos monitoramentos como um todo.

5.2.1 Médias de veículos por Km

Para demonstrar a diferença entre a análise simples e a análise baseada nas médias de veículos, basta comparar o monitoramento por quilômetro em intervalos de duas horas. Enquanto a análise simples indicou que o monitoramento foi ineficaz em todos os trechos, a análise com médias revelou que, dos 420 quilômetros avaliados dentro dos trechos definidos na Figura 4, 75 apresentaram monitoramento adequado.

Antes de detalhar os resultados dos demais intervalos, é importante explicar o que define a efetividade do monitoramento de um trecho. Nesta análise, considera-se que o monitoramento de um quilômetro é efetivo quando a média de veículos que passam por ele em cada intervalo de tempo é superior a 1. Abaixo, apresenta-se a lista completa de resultados por intervalos.

- 2 horas: 75 quilômetros monitorados adequadamente (17,85%)
- 4 horas: 311 quilômetros monitorados adequadamente (74,04%)
- 6 horas: 394 quilômetros monitorados adequadamente (93,80%)
- 8 horas: 414 quilômetros monitorados adequadamente (98,57%)
- 12 horas: 419 quilômetros monitorados adequadamente (99,76%)

Assim como na análise simples, os resultados desta análise melhoraram à medida que os intervalos de tempo aumentaram. No entanto, as diferenças entre os resultados tornam-se mais evidentes nos intervalos de 2 e 4 horas. A partir do intervalo de 6 horas, as variações no número de trechos monitorados adequadamente tornam-se menos significativas, com um aumento de 20 trechos nos intervalos de 8 horas e apenas 5 nos intervalos de 12 horas.

5.2.2 Coeficiente de Variação

De acordo com [Rizzo \(2025\)](#), o coeficiente de variação é uma medida de dispersão utilizada, principalmente, em duas situações: para comparar conjuntos de dados com médias muito desiguais e para analisar dados com unidades de medida diferentes. Neste caso, ele é aplicado devido à primeira justificativa, já que na base de dados há médias de monitoramento por quilômetro em um determinado intervalo de tempo que variam de valores menores que 1 até valores superiores a 800

Para se calcular o coeficiente de variação, é necessário fazer a divisão do desvio padrão pela média. Como o resultado é uma porcentagem, a classificação é simples: valores entre 0% e 30% indicam variabilidade baixa, entre 30% e 50% indicam variabilidade moderada, e acima de 50% indicam variabilidade alta.

A tabela abaixo mostra a quantidade de quilômetros registrados para cada intervalo, classificados como variabilidade alta, moderada ou baixa.

Tabela 1 – Classificação de coeficiente de variação para cada intervalo

Intervalos/Variabilidades	Baixa (0-30%)	Moderada (30%-50%)	Alta (50%-)
2 horas	0	2	418
4 horas	0	2	418
6 horas	0	3	417
8 horas	0	6	414
12 horas	1	5	414

Embora a análise por médias tenha apresentado resultados melhores do que a análise simples, os dados acima revelam que os monitoramentos não são constantes. Em determinados momentos, um quilômetro pode registrar o monitoramento de 10 veículos da concessionária, enquanto, em outros, pode não haver nenhum veículo passando por ele. Esse é um ponto de atenção importante para a concessionária responsável pela via.

Outro aspecto da análise com coeficientes de variação é que, diferentemente das demais análises, os resultados de todos os intervalos foram praticamente idênticos, com no máximo uma diferença de 4 registros, o que representa menos de 1% dos resultados.

6 Conclusão

Os resultados obtidos têm implicações diretas para a gestão e operação das rodovias pela concessionária. Embora a análise simples tenha demonstrado majoritariamente falhas no monitoramento, a análise feita com médias mostra que, de modo geral, os monitoramentos são adequados, portanto deve se fazer um planejamento melhor do monitoramento da rodovia para que os resultados destes dois tipos de análise estejam em maior conformidade. Ao identificar trechos com monitoramento deficiente, a concessionária pode direcionar investimentos para a instalação de mais equipamentos de monitoramento, como câmeras ou sensores, nos trechos críticos, além de mobilizar mais funcionários para realizar o monitoramento das vias.

Um plano deve ser feito para que os veículos tenham constâncias mais uniformes no monitoramento das rodovias, uma maneira para poder melhorar neste ponto é avaliar quais os trechos que podem ser feitos novos SAUs, porque além de serem lugares de base estratégicos para a concessionária de rodovia, esses postos são cruciais para a segurança e o conforto de seus usuários, o que pode justificar investimentos futuros para expandir ou modernizar esses postos em outros trechos menos monitorados.

Outro ponto relevante é a necessidade de aprimorar o monitoramento, especialmente porque muitos trechos das rodovias analisadas carecem de sinal de telefonia. Essa limitação pode se tornar um fator crítico em situações de emergência, dificultando que motoristas e passageiros solicitem assistência de familiares, acionem seguros ou até mesmo entrem em contato com os serviços da concessionária responsável pela rodovia.

No entanto, o trabalho também destaca algumas limitações, como a inconsistência na resposta da API do DNIT em trechos de interseção entre rodovias, o que impediu a obtenção de alguns dados completos. Isso pode ser melhorado no futuro com a utilização de APIs mais robustas ou mesmo pela criação de um sistema próprio de monitoramento da concessionária, que capture os dados diretamente e de forma integrada com os sistemas de captação de coordenadas usando ondas de rádio e GPS já existentes. Além disso, o tempo de execução dos processos de tratamento de dados pode ser otimizado com o uso de paralelização e técnicas mais avançadas de processamento em lote, como o uso de tecnologias de Big Data.

Em suma, a melhoria do monitoramento da rodovia deve ser encarada como prioridade, garantindo não apenas um acompanhamento mais preciso dos veículos, mas também contribuindo para a segurança e a eficiência dos serviços prestados aos usuários.

Referências

ABOUT | Dbeaver Community. 2023. Disponível em: <<https://dbeaver.io/about/>>. Acesso em: 16 nov. 2023. Citado na página 15.

ANTT. **01 - O que é a ANTT e como ela atua nas rodovias?** 2023. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/resultado/-/asset_publisher/m2By5inRuGGs/content/id/497800#:~:text=A%20Ag%C3%A7%C3%A3o%20Nacional%20de%20Transportes,federais%20entregues%20a%20iniciativa%20privada>. Acesso em: 30 mar. 2023. Citado na página 10.

_____. **02 - O que é uma concessão de rodovia?** 2023. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/resultado/-/asset_publisher/m2By5inRuGGs/content/id/497822>. Acesso em: 30 mar. 2023. Citado na página 10.

AWS Amazon. **O que é uma API?** 2023. Disponível em: <<https://aws.amazon.com/pt/what-is/api/#:~:text=API%20significa%20Application%20Programming%20Interface,de%20servi%C3%A7o%20entre%20duas%20aplica%C3%A7%C3%B5es.>> Acesso em: 02 abr. 2023. Citado na página 13.

AZEVEDO, G. H. I. d.; ROBOREDO, M. C.; AIZEMBERG, L.; SILVEIRA, J. Q. d.; MELLO, J. C. C. B. S. d. Uso de análise envoltória de dados para mensurar eficiência temporal de rodovias federais concessionadas. **Journal of Transport Literature**, SciELO Brasil, v. 6, p. 37–56, 2012. Citado na página 16.

CATUNDA, H. **BIBLIOTECAS DO PYTHON: CONHEÇA AS MELHORES POR FINALIDADE!** 2022. Disponível em: <<https://www.hashtagtreinamentos.com/bibliotecas-mais-importantes-do-python#:~:text=As%20bibliotecas%20Python%20s%C3%A3o%20um,fazer%20tratamento%20de%20dados%20Python.>> Acesso em: 23 abr. 2023. Citado na página 14.

CUSTÓDIO, D. A. Topografia – i (aula 05) orientação. p. 35, 2016. Citado na página 13.

ELEPHANTSQL Documentation. 2023. Disponível em: <<https://www.elephantsql.com/docs/index.html>>. Acesso em: 15 nov. 2023. Citado na página 14.

ESOSUL. **SAU's**. 2023. Disponível em: <<https://www.ecosul.com.br/servicos/sau>>. Acesso em: 30 nov. 2023. Citado na página 30.

FARNEZI, E. **Python se tornou a linguagem de programação mais popular do mundo.** 2022. Disponível em: <<https://blog.betrybe.com/noticias/python-se-tornou-a-linguagem-de-programacao-mais-popular-do-mundo/>>. Acesso em: 23 abr. 2023. Citado na página 14.

GONZE, N. C. Concessão em rodovias federais: uma análise da evolução dos modelos de regulação técnica. **COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro**, 2014. Citado na página 16.

GUIARRARA, P. **Latitude e longitude.** 2023. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/latitudes-longitudes.htm>>. Acesso em: 10 abr. 2023. Citado na página 12.

_____. **O que é latitude?** 2023. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/geografia/o-que-e-latitude.htm>>. Acesso em: 10 abr. 2023. Citado na página 12.

LOPES, E. **DICIONÁRIOS NO PYTHON**. 2021. Disponível em: <<https://pythonacademy.com.br/blog/dicts-ou-dicionarios-no-python>>. Acesso em: 24 abr. 2023. Citado na página 14.

Mundo UOL Educação. **Coordenadas Geográficas**. 2023. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/coordenadas-geograficas.htm>>. Acesso em: 10 abr. 2023. Citado na página 12.

Plataforma Google Maps. **O que é geocodificação?** 2023. Disponível em: <<https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/overview?hl=pt>>. Acesso em: 02 abr. 2023. Citado na página 13.

RIZZO, M. L. A. **Coeficiente de variação**. 2025. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/matematica/coeficiente-variacao.htm>>. Acesso em: 27 jan. 2025. Citado na página 33.

WHAT is PostgreSQL? 2023. Disponível em: <<https://www.postgresql.org/about/>>. Acesso em: 15 nov. 2023. Citado na página 14.