XXI Enanpur Curitiba
19 a 23 de Maio de 2025
ideias, políticas e práticas em territorialidades do Sul Global

MODELAGEM E VISUALIZAÇÃO DE DADOS ESPAÇO-TEMPORAIS DO ESTUDO NATURALÍSTICO DE DIREÇÃO BRASILEIRO

Estephanie Daiane Batista da Silva
Universidade Federal do Paraná | estephaniedaiane@ufpr.br

Rafael Alessando Szeliga
Universidade Federal do Paraná | rafaelsz@ufpr.br

Silvana Philippi Camboim
Universidade Federal do Paraná | silvanacamboim@ufpr.br

Marcio Augusto Reolon Schmidt
Universidade Federal do Paraná | marcio.schmidt@ufpr.br

Jorge Tiago Bastos
Universidade Federal do Paraná | jtbastos@ufpr.br

Sessão Temática: Mobilidade Urbana e Direito à Cidade

Resumo: A segurança viária é um dos temas fundamentais para uma gestão urbana efetiva que leva em conta a qualidade de vida da população. Com o objetivo de reduzir fatalidades no trânsito, o Estudo Naturalístico de Direção Brasileiro (NDS-BR) coleta dados sobre o comportamento de condutores de veículos de passeio e o ambiente viário em que estão inseridos, gerando big data geoespacial. Esses dados proporcionam desafios quanto a sua modelagem e visualização espaço-temporal, demandando de ferramentas como o MobilityDB, que possibilita a modelagem de dados em movimento para análises de mobilidade urbana e é compatível com outros ecossistemas de banco de dados como PostgreSQL e PostGIS. Desta forma, o objetivo desse artigo foi desenvolver uma solução de geoinformação utilizando o MobilityDB para criar trajetórias espaço-temporais e gerar geovisualizações, facilitando assim a análise de velocidades na cidade de Curitiba e região metropolitana, local onde os dados foram coletados. Ao final, foi implementada a interface web para visualização e análise dos dados.

Palavras-chave: velocidade; NDS-BR; banco de dados espaço-temporal; big data geoespacial; solução de geoinformação.

MODELING AND VISUALIZATION OF SPATIO-TEMPORAL DATA FROM THE BRAZILIAN NATURALISTIC DRIVING STUDY

Abstract: *Road safety is one of the fundamental issues for effective urban management that considers the population's quality of life. With the aim of reducing traffic fatalities, the Brazilian Naturalistic Driving Study (NDS-BR) collects data on the behavior of drivers of passenger vehicles and the road environment in which they are inserted, generating geospatial big data. These data pose challenges in terms of their modeling and spatial-temporal visualization, requiring tools such as MobilityDB, which enables the modeling of data in motion for urban mobility analysis and is compatible with other database ecosystems such as PostgreSQL and PostGIS. Therefore, the objective of this article was to develop a geoinformation solution using MobilityDB to create spatial-temporal trajectories and generate geovisualizations, thus facilitating the analysis of speeds in the city of Curitiba and the metropolitan region, where the data was collected. Finally, a web interface was implemented for data visualization and analysis.*

Keywords: *speed; NDS-BR; spatial-temporal database; geospatial big data; geoinformation solution; web.*

MODELADO Y VISUALIZACIÓN DE DATOS ESPACIOTEMPORAL DEL ESTUDIO DE CONDUCCIÓN NATURALISTICO BRASILEÑA

Resumen: *La seguridad vial es uno de los temas fundamentales para una gestión urbana eficaz que tenga en cuenta la calidad de vida de la población. Con el objetivo de reducir las muertes en accidentes de tránsito, el Estudio Brasileño de Conducción Naturalistico (NDS-BR) recopila datos sobre el comportamiento de los conductores de vehículos de pasajeros y el entorno vial en el que operan, generando big data geoespaciales. Estos datos presentan desafíos en cuanto a su modelado y visualización espaciotemporal, requiriendo herramientas como MobilityDB, que permite el modelado de datos en movimiento para el análisis de movilidad urbana y es compatible con otros ecosistemas de bases de datos como PostgreSQL y PostGIS. Por lo tanto, el objetivo de este artículo fue desarrollar una solución de geoinformación utilizando MobilityDB para crear trayectorias espaciotemporales y generar geovisualizaciones, facilitando así el análisis de velocidades en la ciudad de Curitiba y la región metropolitana, donde se recolectaron los datos. Finalmente se implementó la interfaz web para la visualización y análisis de datos.*

Palabras clave: *velocidad; NDS-BR; base de datos espaciotemporal; big data geoespaciales; solución de geoinformación.*

INTRODUÇÃO

A segurança viária é tema importante para a gestão urbana, pois impacta diretamente na qualidade e seguridade de vida dos habitantes e nas interrelações entre pessoas, veículos e ambiente viário (Welle et al., 2015).

Dentre os muitos fatores de risco que fragilizam a segurança no contexto viário, a velocidade é tida como um dos principais, pois quando elevada impacta proporcionalmente na gravidade das lesões que causa (OPAS; OMS, 2012. Neste contexto, os elevados resultados apontam para a necessidade de construir vias mais seguras, com aplicação de políticas de redução de velocidade (ITDP, 2024) e programas para educação e conscientização do condutor (OMS, 2021).

O Estudo Naturalístico de Direção Brasileiro – NDS-BR, realizado em Curitiba e em sua região metropolitana, fornece dados provenientes do monitoramento da tarefa real de condução. Esses dados, registram o comportamento do condutor, bem como o ambiente externo no qual o motorista está inserido (Bastos *et al.,* 2023), e podem ser usados para compreender os desafios quanto aos fatores de risco, como velocidades inseguras, que interferem nos avanços para alcançar melhores patamares de segurança viária e qualidade na mobilidade urbana. Indivíduos mais suscetíveis, como pedestres, ciclistas e motociclistas, enfrentam consideráveis riscos devido à falta de uma infraestrutura adequada e da predominância de uma cultura que favorece o uso de veículos motorizados. Como uma das principais características desses estudos naturalísticos, há uma grande quantidade de geração de informações acrescidas, principalmente, do seu aspecto posicional e temporal, caracterizando-os como *big data* geoespacial.

Ao tratar de *big data*, muitos são os desafios encontrados, principalmente no que tange a sua complexidade, sua demanda por recursos computacionais acima da capacidade tradicional, e sua percepção, compreensão e representação (Jin *et al.*,2015). Nesse sentido, *big data* geoespacial é um tipo de *big data* incorporado de dados de localização, forma, tamanho, orientação, relações espaciais, e ainda da ligação inerente entre espaço e tempo, pois muitas das fontes dos dados possuem informações temporais. Dessa forma, no que concerne a cartografia e a geovisualização está o desafio em modelar esses dados, carecendo de ferramentas que auxiliem na modelagem espaço-temporal, otimize o processamento dessas informações e gere visualizações dinâmicas, a fim de representar adequadamente como esses dados se movimentam no espaço e no tempo (Robinson *et al.*, 2017).

Moving Object Database (MOD) ou banco de dados espaço-temporal é um sistema que permite o gerenciamento de objetos em movimento. Similar ao banco de dados relacional, o sistema atua como uma camada intermediária entre os dados e a interface de visualização (Zimányi *et al.*, 2019). Nesse sentido, dada a necessidade de um sistema que gerencie em larga escala e reutilize ecossistemas já consolidados, em 2016 iniciou-se a criação do MobilityDB, que é um MOD implementado como uma extensão do PostgreSQL e PostGIS, e possibilita aplicar

consultas para gerenciar trajetórias geoespaciais e suas propriedades de variação no tempo (Zimányi *et al.*, 2020).

Em vista disso, esse trabalho tem como objetivo desenvolver uma solução de geoinformação para gerenciamento dos dados resultantes do NDS-BR, utilizando o MobilityDB para criar trajetórias espaço-temporais. Com base nessa modelagem dos dados, foram geradas geovisualizações que permitem a representação e compreensão dessas informações, possibilitando aos usuários realizarem análises e identificar padrões acerca de velocidades inseguras praticadas em Curitiba e Região Metropolitana. Assim, as etapas constituintes desse trabalho iniciam-se no tratamento dos dados, seguindo para modelagem do banco, aplicação do projeto cartográfico dos mapas confeccionados e, por fim, implementação da interface em conjunto com os mapas para a *web*.

JUSTIFICATIVA

Armazenamento de dados em arquivos de planilhas como, por exemplo, Excel pode ser vantajoso quando há pequenas quantidades de dados, pois suas limitações tangem a quantidade de linhas, colunas, tabelas e principalmente ao desempenho eficiente, podendo ser afetado por lentidão e risco de corrupção dos arquivos (Microsoft Excel, 2024). Desse modo, ao tratar de *big data* é necessário ter ferramentas robustas para gerenciamento dos dados, principalmente para poder enfrentar uma de suas principais característica: o volume de informações.

Ferramentas como banco de dados são uma solução para gerenciar dados em grande escala, pois sua robustez e variedade de funcionalidades garantem não somente a integridade dos dados, por meio da construção de restrições, como também otimização de consultas complexas, controle de acesso detalhado e normalização dos dados, reduzindo redundâncias e proporcionando melhor organização das informações (Casanova et al., 2005). Nesse sentido, ao optar pela utilização da ferramenta PostgreSQL como banco de dados gerenciador das informações do NDS-BR, tem-se como limitação inicial o espaço de armazenamento de servidores ou disco rígido de máquinas antes de alcançar os limites absolutos da própria ferramenta (PostgreSQL, 2024). Além disso, é possível realizar análises espaciais, por meio da integração com PostGIS (PostGIS, 2023) e, principalmente, com MobilityDB (Zimányi *et al.*, 2019), ferramenta essencial para gerenciar as características espaço-temporais de mobilidade dos dados.

REVISÃO DE LITERATURA

ESTUDOS NATURALÍSTICOS DE DIREÇÃO

Os Estudos Naturalísticos de Direção, como tradução do termo em inglês *Naturalistic Driving Study* (NDS), se baseiam no acompanhamento contínuo da atividade de condução e na captura do ambiente em que o condutor e seu automóvel se encontram inseridos sem qualquer

interferência ou influência sobre as ações realizadas pelo participante. As principais caraterísticas desses estudos são que os condutores usam o próprio veículo, instrumentalizado de forma discreta de forma a captar dados do condutor, do veículo e do seu entorno. Não há interferência por parte dos pesquisados em rotas ou trajetos, tão pouco observadores nos veículos que possam gerar ruídos nos dados. As informações são registradas continuamente durante toda a atividade de condução (Schagen *et al.*, 2011).

O primeiro NDS nos EUA, chamado 100-Car Naturalistic Driving Study, envolveu 100 motoristas em 12 meses para coletar dados de comportamento dos condutores. O segundo, o SHRP2, foi maior, com 3.500 condutores durante 3 anos (Schagen et al., 2011; Njord e Steudle, 2015).

Van Nes *et al.* (2019), destaca a importância dos NDS como sendo um método para superar a defasagem que as metodologias tradicionais, como simuladores de direção ou experimentos em pista de teste, possuem ao não captarem os eventos do dia a dia ou as dinâmicas dos veículos nesses cenários cotidianos.

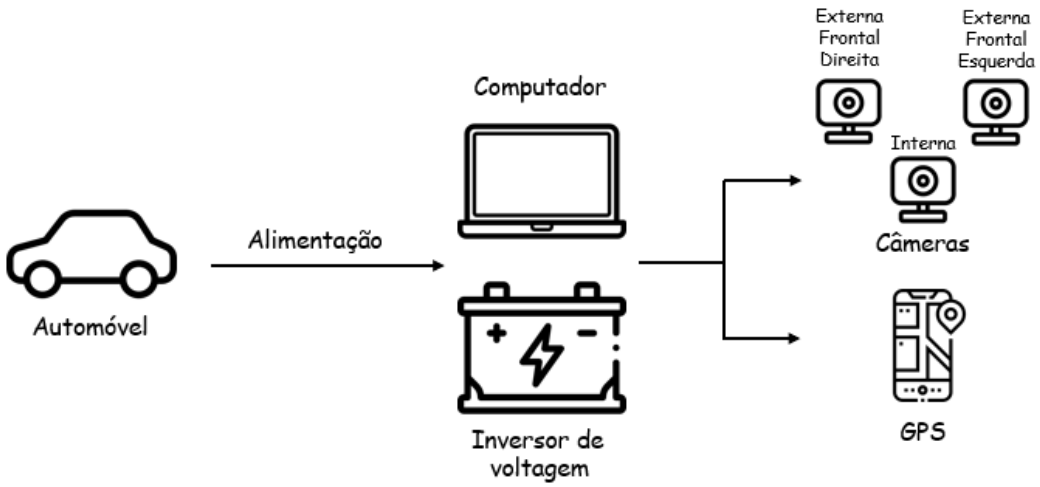
Além das iniciativas realizados nos Estados Unidos, outros NDS já foram realizados em outras localidades como na Europa com o UDRIVE (van Nes *et al.*, 2019), Austrália com o *Australian Naturalistic Driving Study* (ANDS, 2017), Japão (Uchida *et al.*, 2010), China com o Shanghai Naturalistic Driving Study (SH-NDS) (Zhu *et al.*,2018), Irã (Sheykhfard *et al.*, 2021) e Canadá (Marshall *et at.*, 2013).

Os estudos NDS geram uma ampla quantidade de dados úteis para aprimorar a segurança viária, formular leis e analisar padrões de comportamento no trânsito. Porém, é necessário levar em consideração que são iniciativas caras, trabalhosas em termos de aquisição, processamento e tratamento dos dados, e com tempo de observação mais prolongado que outras pesquisas tradicionais. (Ehsani et al., 2021; Van Nes et al., 2019).

ESTUDO NATURALÍSTICO DE DIREÇÃO BRASILEIRO

O primeiro estudo naturalista realizado no Brasil denominado Estudo Naturalístico de Direção Brasileiro (NDS-BR), ou, do termo em inglês *Naturalistic Driving Study Brazilian*, ambienta-se na cidade de Curitiba e Região Metropolitana, no Paraná. Esse NDS foi iniciado em 2019 e complementado com mais algumas campanhas desenvolvidas entre os anos de 2020 e 2023, sustido com uma plataforma de coleta de dados naturalísticos (PCDN) de baixo custo. Essa plataforma possui arquitetura ilustrada na Figura 1, e é composta por um computador, três câmeras, um GPS-USB e um inversor de voltagem. Borguezani et al. (2020) proporciona um detalhamento mais direcionado as características de software e hardware da instrumentação.

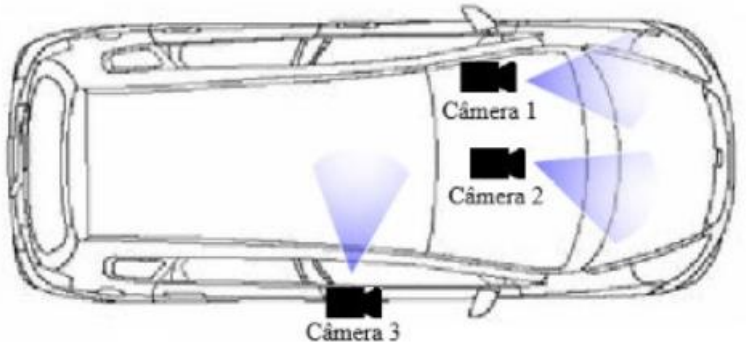
Figura 1: Arquitetura PCDN de baixo custo



Fonte: Borguezani *et al* (2020).

Ainda em Borguezani *et al.* (2020) é possível observar a disposição das câmeras no veículo (Figura 2) e as imagens resultantes dessa instrumentação (Figura 3).

Figura 2: Disposição das câmeras no automóvel do condutor



Fonte: Borguezani *et al* (2020).

Figura 3: Imagens coletadas das câmeras

Fonte: Borguezani *et al* (2020).

Bastos *et al.* (2023), aponta as seguintes características sobre o que é e o que aborda o NDS-BR:

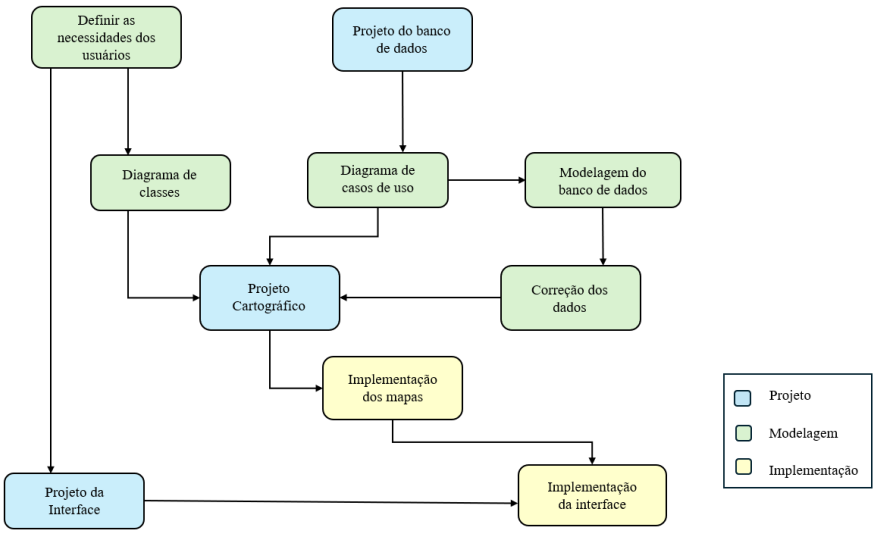
- Monitora a tarefa real de condução, sem influência sobre a atividade.
- Possui instrumentação sutil/não intrusiva.
- Uso o automóvel do próprio condutor.
- Registra informações geográficas como coordenadas (latitude, longitude), velocidade, tempo, aceleração, azimute, altitude.
- Registra tarefas suplementares à direção como uso do cinto de segurança, uso do celular etc.
- Regista o ambiente externo.
- Possui tempo médio de observação de duas semanas.
- Centrado na área urbana.
- O comportamento dos participantes é codificado de forma manual pela observação dos registros de vídeo.

Alguns dos resultados preliminares do NDS-BR podem ser encontrados em Bastos *et al.* (2023), Szeliga (2022), Amancio (2021), Bastos *et al.* (2021), Bastos *et al.* (2020) e Suguinoshita *et al.* (2020).

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia aplicada para desenvolver este trabalho iniciou-se no levantamento das necessidades do usuário e na elaboração do projeto do banco de dados. Com bases nisso, a etapa seguinte consistiu na estruturação dos diagramas de casos de uso e de classe em linguagem UML (*Unified Modeling Language*). Posterior a essa atividade, foi realizada a modelagem do banco bem como o projeto cartográfico e, após ambas as etapas concluídas, foi realizado o tratamento dos dados para a implementação dos mapas. Em paralelo a isso, foi desenvolvido o projeto da interface e sua aplicação. A Figura 4 apresenta o fluxo da metodologia aplicada.

Figura 4: Esquema da metodologia



Fonte: os autores.

MATERIAIS

Os materiais empregados neste projeto foram listados de acordo com seu escopo de aplicação e etapa de utilização, conforme apresentado a seguir:

Aquisição de dados:

- Para carregamento das informações no banco de dados foi utilizado arquivos no formato CSV;
- Para carregamento dos dados espaciais e seus atributos na interface foi utilizado arquivos no formato GeoJSON.

Projeto:

- Balsamiq: aplicação web para construção de *wireframes*.

Modelagem:

- Lucidchart: aplicação *web* para construção de diagramas de caso de uso;

- OMT-G Designer: aplicação *web* para construção de diagramas de classe segundo o modelo de dados orientado a objetos;
- PostgresSQL (16.3.2) + Postgis (3.4): sistema de gerenciamento de dados objeto-relacional com extensão para manuseio da característica espacial dos dados;
- MobilityDB (1.1.1): biblioteca de gerenciamento de banco de dados para criação de trajetórias espaço-temporais;
- QGIS (3.34.7): *software* de sistema de informação geográfica para gerenciamento de dados espaciais e não espaciais;
- Python (3.12.4): linguagem de programação de alto nível, orientada a objetos e de tipagem forte;
- Docker (4.31.1): software de empacotamento de aplicações em contêineres.

Implementação:

- VS Code (1.90): editor de código-fonte para qualquer linguagem e estrutura de programação;
- GitHub: plataforma *online* ou *desktop* e hospedagem de código-fonte e versionamento;
- Streamlit (1.35.0): *framework python* para construção de aplicativos web.

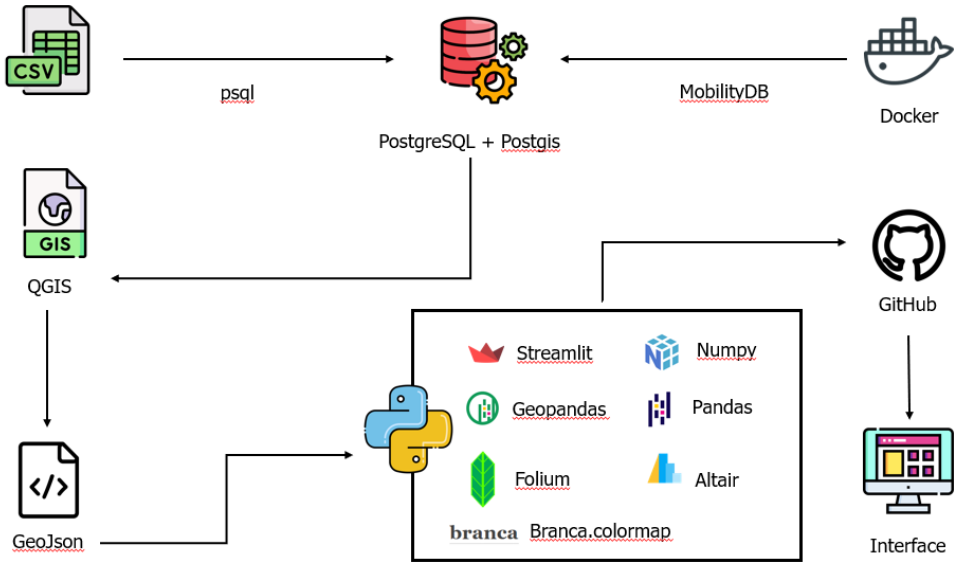
METODOLOGIA

Os usuários da aplicação resultante deste trabalho serão as pessoas envolvidas com a pesquisa relativa aos interesses do NDS-BR ou outros pesquisadores que tenham como finalidade realizar análises sobre os dados de velocidades. Dessa forma, o levantamento das necessidades desses usuários foi realizado por meio de reuniões *online* com um integrante do estudo nas quais pontuou-se que a principal demanda estaria no interesse da construção do banco de dados para manipular a grande quantidade de informações e, como consequência, trazer visualização espacial no contexto em que estão inseridos por meio de uma interface da *web*.

O sistema foi projetado iniciando com a preparação dos dados, conversão para o formato CSV e carregamento para o PostgreSQL aplicando *psql* na linha de comando. Em paralelo a isso, foi criado o contêiner usando a imagem do MobilityDB via Docker e criada a extensão associada ao PostGIS no PostgreSQL. Posterior a modelagem dos dados no banco, as informações foram carregadas no QGIS e corrigidas. Após essa etapa, as geometrias e seus atributos foram carregados em um arquivo GeoJson. Utilizando o *VS Code* e a linguagem de programação *python,* os dados do arquivo criado na etapa anterior foram consumidos para gerar os elementos dos mapas iterativos da interface. Nesta mesma etapa foram aplicadas outras bibliotecas *python* em conjunto com o *framework Streamlit* para estruturar toda a interface localmente. Por fim, para a realização da implementação da interface, todos os

arquivos foram carregados no GitHub e, utilizando o *Streamlit Community Cloud,* ferramenta do *framework* mencionado, implementou-se a interface de visualização. A seguir, a Figura 5 apresentada um esquema da arquitetura.

Figura 5: Esquema da arquitetura do sistema



Fonte: os autores.

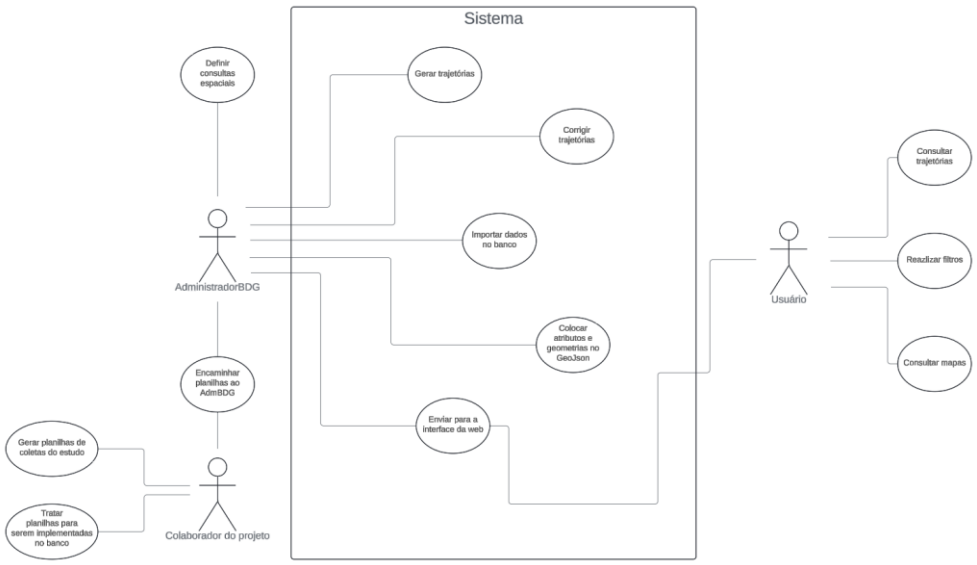
DIAGRAMA DE CASO DE USO E DIAGRAMA DE CLASSE

Segundo Booch et al. (1998), a *Unified Modeling Language* (UML) é uma linguagem que pode ser usada para visualizar, especificar, construir e registrar características de um sistema. Dessa forma, dentre os 14 modelos existentes para serem aplicados de acordo com a necessidade do sistema, dois foram selecionados: o diagrama de caso de uso e o diagrama de classe.

O Diagramada de Caso de Uso propõe de forma objetiva uma modelagem a respeito do comportamento do sistema que será desenvolvido, expondo conjuntos de caso, atores e seus relacionamentos (Booch *et al.*, 1998). Nesse sentido, os atores são uma componente externa ao sistema, mas que interagem com ele por meio de seus casos de usos, com relacionamentos expressos por linhas que conectam uns aos outros.

Para a interface de visualização proposta, os atores são os integrantes do NDS-BR e os casos de uso são as tarefas de inserção de dados no banco, manipulação dos comandos espaciais para geração das trajetórias, envio dessas informações para a interface e, por fim, interação com a interface para a exploração dos resultados. A Figura 6 ilustra a estrutura do diagrama.

Figura 6: Diagrama de Caso

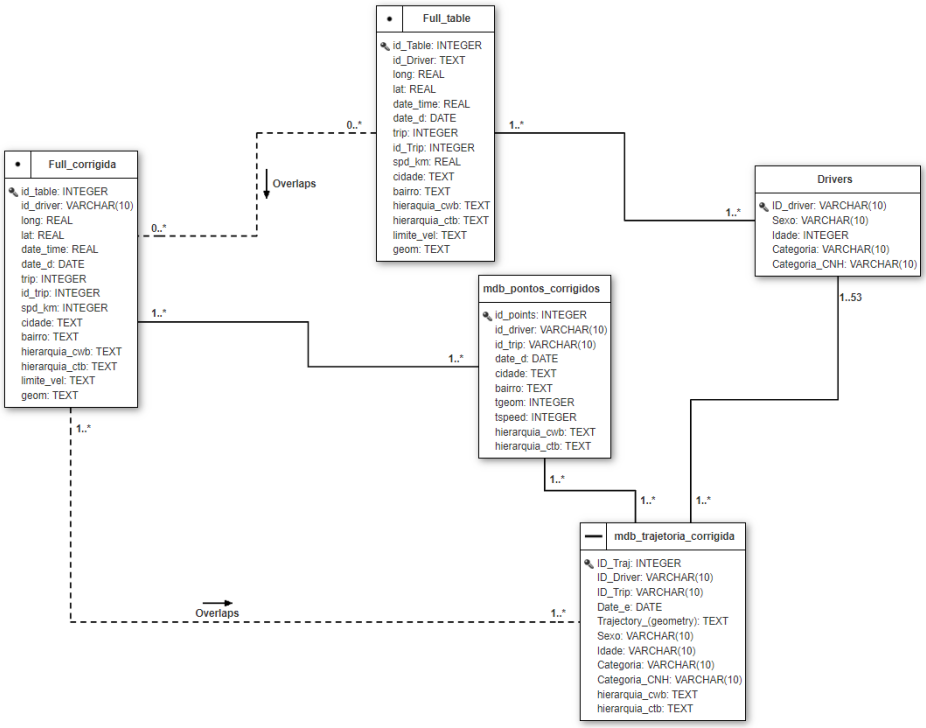


Fonte: os autores.

O Diagrama de Classe, por sua vez, visa a modelagem de um sistema, assim como o diagrama de caso de uso, mas focado para o mapeamento das classes, atributos, operações e relações entre objetos. Dessa maneira, esse diagrama possibilita a visão estática do design do sistema (Booch *et al.*, 1998). Em vista disso, o modelo de dados OMT-G parte do diagrama conceitual da UML, mas acrescenta primitivas para modelagem espacial dos dados, abrangendo tanto geometria quanto topologia (Casanova *et al.*, 2005).

No âmbito deste trabalho, as classes espaciais são os pontos coletados pelo *GPS* instalado nos carros dos participantes. Esses pontos, após correção e atribuição da característica temporal instantânea e da velocidade, geram as trajetórias de interesse e a geometria dessas linhas, por sua vez, geram outra classe espacial. No que tange aos dados dos participantes, foi atribuída uma classe não espacial, ou seja, convencional, para o relacionamento com as outras classes presentes. A Figura 7 apresenta a estrutura do diagrama.

Figura 7: Diagrama de Classes



Fonte: os autores.

GEOMERTIAS ESPAÇO-TEMPORAIS

MobilityDB é uma biblioteca baseada em SQL que tem como objetivo a criação, análise e gerenciamento de dados geoespaciais para trajetórias temporais (Zimányi *et al.*, 2020). Desse modo, para este trabalho o tipo de dado selecionado para que essa característica temporal pudesse ser analisada em conjunto foi *timestamp*, correspondente ao carimbo de data e hora. Isto posto, utilizou-se a ferramenta para estruturar as geometrias e velocidades temporais de interesse. Assim, os comandos utilizados para construção dos dados foram os seguintes:

- tgeompoint_inst: insere para cada geometria de ponto o valor de timestamp associado.
- tgeompointseq: cria uma trajetória de dados continua com base no tgeompoint_inst.
- tfloat_inst: insere para cada valor de velocidade o timestamp associado.
- tfloatseq: cria uma sequência de velocidades contínuas com base no tfloat_inst.
- trajectory: constrói a trajetória espacial com base no tipo, nesse caso, tgeompoint gerados da função tgeompointseq.
- speed: retorna à velocidade variável no tempo, com unidade correspondente a unidade da geometria associada, por exemplo, metros ou pés.
- twavg: retorna um dado float, ou seja, um número real. Essa função calcula a média ponderada no tempo do tipo de dado tfloat. Para isso, calcula-se a área sob curva e faz-se a divisão pelo tempo em que dura aquele tfloat. Assim, valores de velocidade

que aparecem em maiores quantidades afetam mais a média do que aqueles que aparecem menos.

PREPARAÇÃO DOS DADOS

Os dados disponibilizados pelo NDS-BR atualmente são armazenados em formato de planilhas de Excel. Desses dados, foram selecionadas apenas as colunas com as informações de interesse para a aplicação *web*. O Quadro 1 apresenta o recorte realizado.

Quadro 1: Informações da Planilha do NDS

Colunas	Título	Unidade	Descrição
A	DRIVER	-	Código associado a cada condutor participante.
B	LONG	graus	Coordenada Longitude do ponto.
C	LAT	graus	Coordenada Latitude do ponto.
D	DAY_CORR	-	Data de registro do GPS.
E	PR	-	Horário do registro no Paraná, referenciado no horário de Brasília
F	TRIP	-	Numeração da viagem do respectivo condutor.
G	ID	km/h	Identificação da viagem.
H	SPD_KMH	-	Velocidade instantânea em km/h.
I	CIDADE	-	Município em que se encontra o ponto.
J	BAIRRO	-	Bairro do Município em que se encontra o ponto.
K	HIERARQUIA_CWB	-	Hierarquia viária (Plano Diretor de Curitiba)
L	HIERARQUIA_CTB	km/h	Hierarquia segundo o CTB
M	LIMITE_VEL	-	Limite regulamentar de velocidade da via.

Fonte: os autores.

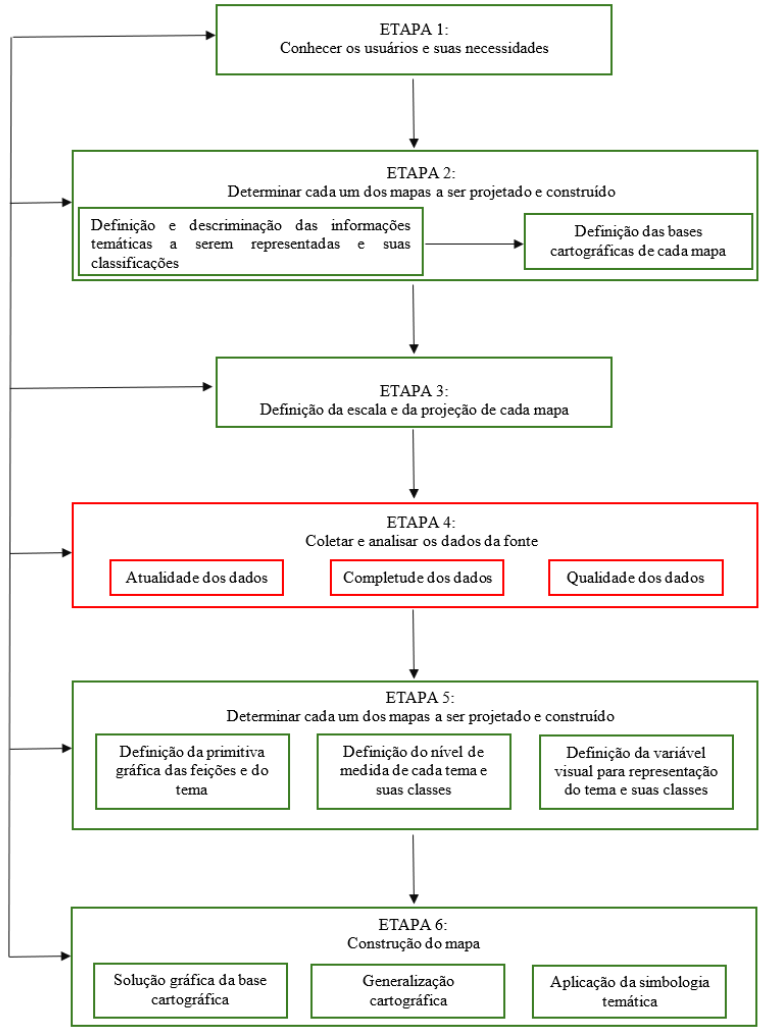
Com base no recorte realizado, os dados foram tratados a fim de serem preparados para a inserção no banco de dados. À vista disso, a principal alteração aplicada foi para elaborar colunas com característica de data e hora específicas e necessárias para a geração da tabela de pontos e velocidades temporais. Assim, as colunas DAY_CORR e PR deram origem à coluna DATE_TIME, que corresponde ao dia, mês e ano e a hora, minuto e segundo sequencial da aquisição do ponto GPS durante a viajem do participante, e DATE_D, que corresponde ao dia, mês e ano e a hora e minuto sequencial da aquisição do ponto.

Os valores da coluna DATE_TIME precisam ser obrigatoriamente sequenciais e não é permitida a repetição desses elementos na construção espaço-temporal. Desse modo, utilizando a ferramenta de Formatação Condicional > Valores Duplicados do Excel, as repetições foram identificadas e excluídas.

PROJETO CARTOGRÁFICO

O Projeto Cartográfico deste trabalho segue a metodologia proposta por Sluter (2008). No entanto, nem todas as etapas propostas foram aplicadas. A Figura 8 apresenta um modelo adaptado pontuando com mais clareza as etapas consolidadas.

Figura 8: Etapas do projeto cartográfico adaptado



Fonte: os autores, adaptado de Sluter (2008).

Em verde destacam-se as etapas realizadas ao longo do desenvolvimento deste trabalho e em vermelho as etapas que não foram realizadas.

LINGUAGEM CARTOGRÁFICA E ESCALA DE REPRESENTAÇÃO

Para consolidar o projeto cartográfico foram definidas as primitivas gráficas, níveis de medida e variáveis visuais da aplicação. O Quadro 2 apresenta a linguagem para cada camada a ser utilizada.

Quadro 2: Projeto cartográfico

Mapa	Primitiva Gráfica	Nível de Medida	Variável Visual
Hierarquia das Vias	Linha	Nominal	Cor (matiz)
Trajetórias Individuais	Linha	Intervalar	Cor (matiz)
Velocidade (Mapa de Densidade de Kernell)	Ponto	Intervalar	Cor (matiz) e tamanho
Velocidade	Linha	Intervalar	Cor (luminosidade)

Fonte: os autores.

Os níveis estabelecidos para a escala variam conforme a dimensão da área de representação e sua dinâmica de interação. Dessa forma, o Quadro 3 apresenta os parâmetros selecionados para a definição da escala.

Quadro 3: Escalas

Mapa	Nível de Recorte	Nível de detalhe (zoom para mapas da web)	Escala
Hierarquia das Vias	Municipal	11	1:250.000
Trajetórias Individuais	Municipal	15 a 17	1:15.000 a 1:4.000
Velocidade (mapa de calor)	Municipal	11	1:250.000
Velocidade	Municipal	11	1:250.000

Fonte: os autores.

PROJETO DA INTERFACE

A interface foi projetada para ser acessada em três páginas com conteúdo que apresentam mapas sobre a hierarquia das vias e aspectos da velocidade. A página 1 possui um mapa com as vias percorridas pelos participantes do estudo classificadas de acordo com sua hierarquia, que podem ser acessadas por uma caixa de seleção, seguida da legenda. A página 2 detém um mapa com trajetórias individuais de cada participante que podem ser acessadas por uma caixa de seleção e, além disso, um gráfico sobre velocidade e outras informações tabeladas. Na página 3 há um mapa de calor do volume de rotas na área de estudo e um mapa com a classificação das trajetórias no tempo. A Figura 9 apresenta o protótipo da aplicação para cada uma das páginas.

Figura 9: Protótipo da Interface

Nota: Da esquerda para a direita, protótipos das Páginas 1, 2 e 3.
Fonte: os autores.

RESULTADOS

O código final completo segue disponível como repositório no github (*endereço disponibilizado na versão final do texto*).

Como etapa inicial da modelagem, foi necessária a instalação do MobilityDB utilizando a imagem Docker. Após isso, foram criadas as extensões do Postgis e do MobilityDB. Posterior a isso, foram criadas as quatro tabelas correspondente aos arquivos CSV previamente tratados e mais uma tabela correspondente as características dos participantes do estudo. Em sequência, o carregamento dos dados tratados nas tabelas criadas foi realizado utilizando o psql na linha de comando do PostgreSQL.

Logo após, as tabelas foram unidas originando uma única tabela denominada *full_table* e foram adicionadas as geometrias de ponto no sistema de referência 4326.

GEOMETRIAS ESPAÇO-TEMPORAIS

Com base nas funcionalidades do MobilityDB, construiu-se a tabela *mdb_pontos*. Foram criadas duas colunas com tipos de dados temporais, sendo elas *tgeom*, com tipo de dado *tgeompoint*, e preenchida com a junção dos dados de *geom* + *date_time*, e *tspeed*, com tipo de dado *tfloat*, e preenchida com a junção dos dados de *spd_kmh* + *date_time*. Além dessas, também foram inseridas mais três colunas, sendo elas *id_driver*, *id_trip*, e *date_d*, *hierarquia_cwb, hierarquia_ctb,* pois é de interesse que se tenha a identificação dos condutores associada às viagens que foram realizadas, e que se conheça a hierarquia das vias. A coluna *date_d* foi inserida nesse contexto dada a necessidade de ter o agrupamento dos dados com base em casa instante de registro, ou seja, minuto a minuto.

Após a criação das geometrias temporais, foi criada a tabela *mdb_trajetoria* na qual foi introduzida a coluna correspondente às trajetórias e às velocidades geradas com base nos resultados da etapa posterior. Utilizando o *software* QGIS, foi possível ver as tabelas resultantes dessa modelagem como mostra a Figura 10 a seguir.

Figura 10: Trajetórias construídas com MobilityDB

Fonte: os autores.

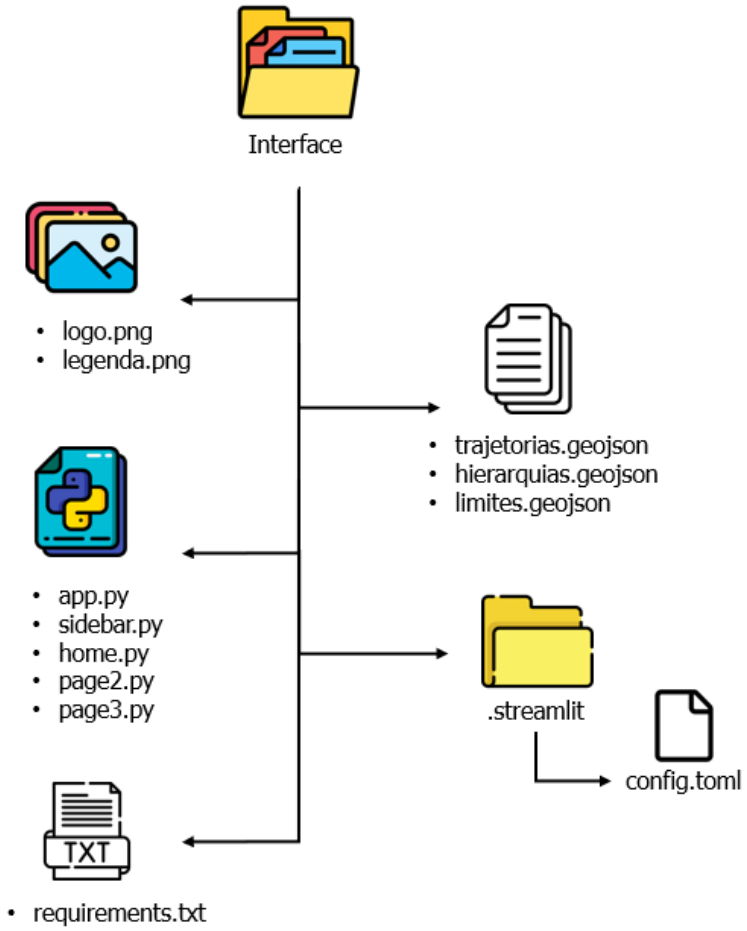
Uma característica dos NDS é a abundância em dados coletados em um curto período, demandando de recursos computacionais que proporcionem o gerenciamento dessas informações e agilidade para realização de análises frente aos resultados. Em vista disso, essa abordagem de manipulação dos dados possibilitou a compressão da quantidade de informações, transformando a união das tabelas com mais de 1.300.000 linhas em uma única tabela com aproximadamente 55 mil linhas. Assim, permitindo que objetivos de pesquisas e análises sobre os dados coletados possam ser realizados sem a demanda por processadores computacionais robustos e mantendo o propósito em ser um estudo que viabiliza o baixo custo.

Após essas etapas, as geometrias e suas propriedades foram armazenadas em um arquivo em formato GeoJSON e encaminhado para ser consumido pela aplicação.

IMPLEMENTAÇÃO DA INTERFACE

Os códigos em linguagem *python* que forneceram a estrutura para as configurações de todos os elementos que compõem a interface foram organizados em diferentes arquivos, cada um executando uma parte da interface, conforme mostrado na Figura 11 .

Figura 11: Estrutura dos arquivos que compõem a interface



Fonte: os autores.

A pasta Interface contém todos os arquivos necessários para estruturar a aplicação. O Quadro 4 a seguir apresenta as funcionalidades de cada arquivo.

Quadro 4: Funcionalidades dos arquivos de estrutura da interface

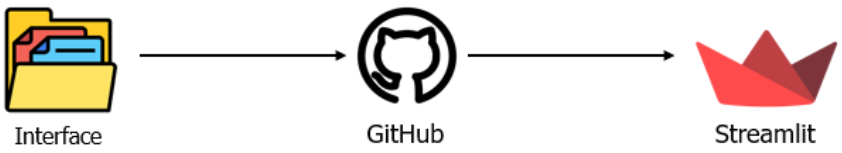
Nome do Arquivo	Funcionalidade
Logo.png	Imagem com a logo do NDS-BR
Legendas.png	Imagem com a legenda do mapa da página inicial
trajetorias.geojsonn	Arquivo com as propriedades de geometria e atributos das trajetórias
hierarquias.geojson	Arquivo com as propriedades de geometria e atributos da hierarquia das vias
limites.geojson	Arquivo com as propriedades de geometria e atributos dos limites de Curitiba
app.py	Gerencia a troca de páginas quando solicitada pelos botões na interface
sidebar.py	Configura a barra lateral com imagens, botões e informações
home.py	Página inicial da aplicação
page2.py	Página secundária da aplicação
page3.py	Página terciária da aplicação
.streamlit	Pasta com o arquivo de configuração intrínsecas ao framework Streamlit
config.toml	Arquivo de configuração da aplicação Streamlit onde foram definidas a paleta de cores das páginas, barra lateral, box de seleção, tipografia e suas respectivas cores.
requirements.txt	Arquivo de texto contendo o nome e suas respectivas versões de todas as bibliotecas utilizadas no desenvolvimento das funcionalidades da interface e elementos de visualização.

Fonte: os autores.

DEPLOY DA APLICAÇÃO

O *framework Streamlit* inicia a interface diretamente da pasta carregada no GitHub com todas as componentes desenvolvidas e utilizadas como, por exemplo, os arquivos com as escritas dos códigos em linguagem *python*, imagens, arquivos GeoJSON, CSVs, entre outros. Dessa maneira, fica disponibilizada por meio de uma URL (*Uniform Resource Locator*) o acesso à aplicação completa. O esquema é ilustrado na Figura 12 .

Figura 12: Fluxo de implementação da interface



Fonte: os autores.

A principal aplicação ao *design* da interface está na barra lateral, possuindo os seguintes elementos: logo do NDS-BR, botões para navegação entre as páginas, informações sobre os envolvidos no desenvolvimento do trabalho e seus orientadores, e *links* diretos para a

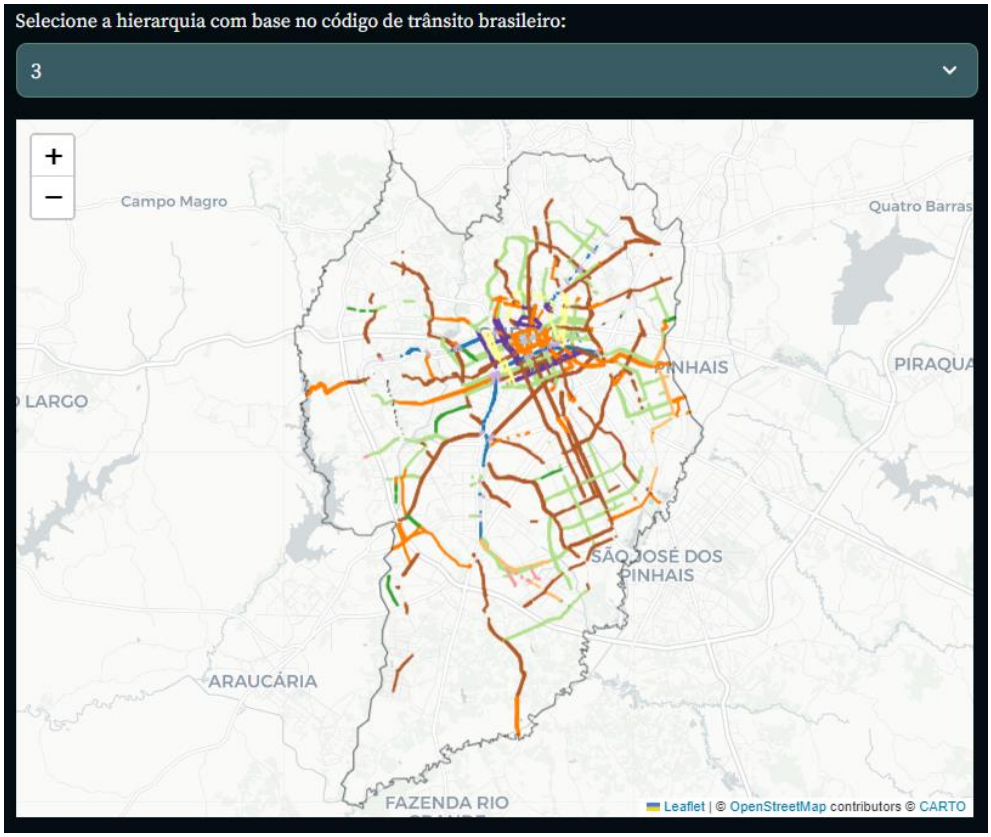
instituição de ensino, páginas que abordam conhecimento detalhado sobre o estudo e para uma aplicação sobre indicadores. A Figura 13 apresenta os detalhes.

Figura 13: Elementos da barra lateral

Fonte: os autores.

A página Início tem como título ESTUDO NATURALÍSTICOS DE DIREÇÃO BRASILEIRO e apresenta um mapa (Figura 14) no qual é possível visualizar a hierarquia das vias de Curitiba com base na hierarquia do Código de Trânsito Brasileiro selecionado na caixa de seleção no início da página.

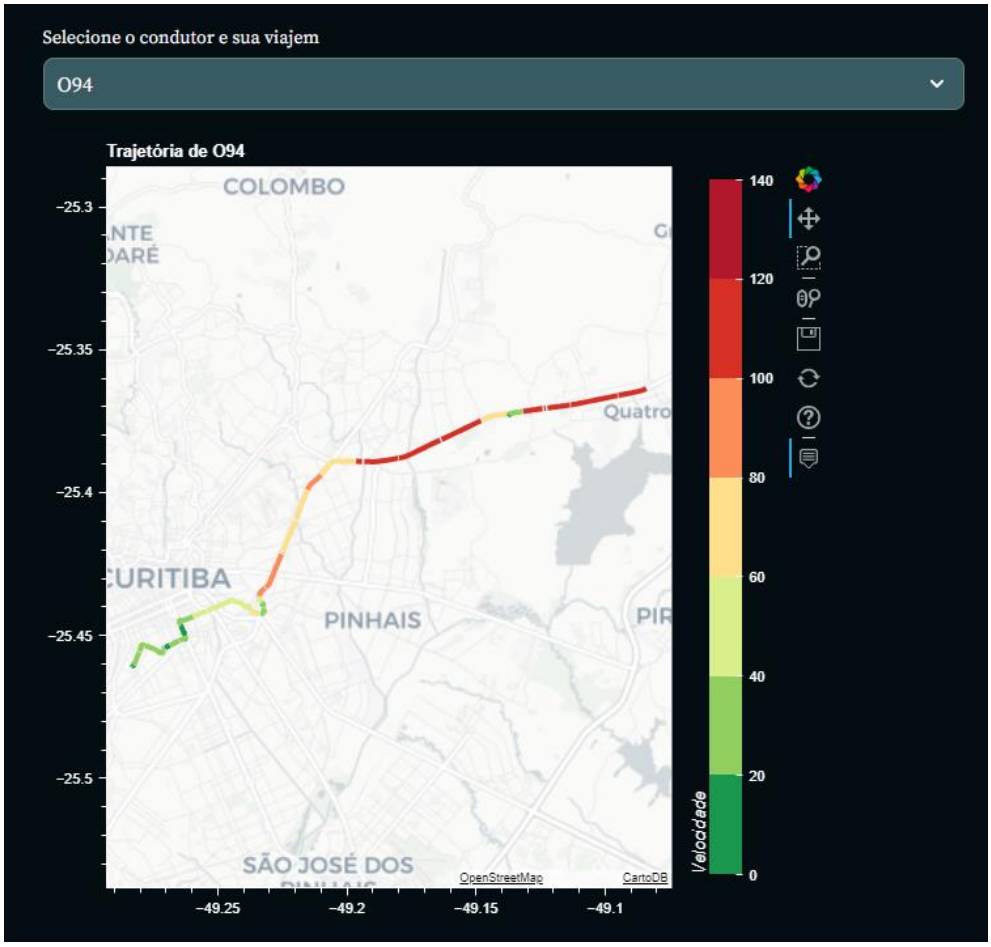
Figura 14: Mapa da página Início



Fonte: os autores.

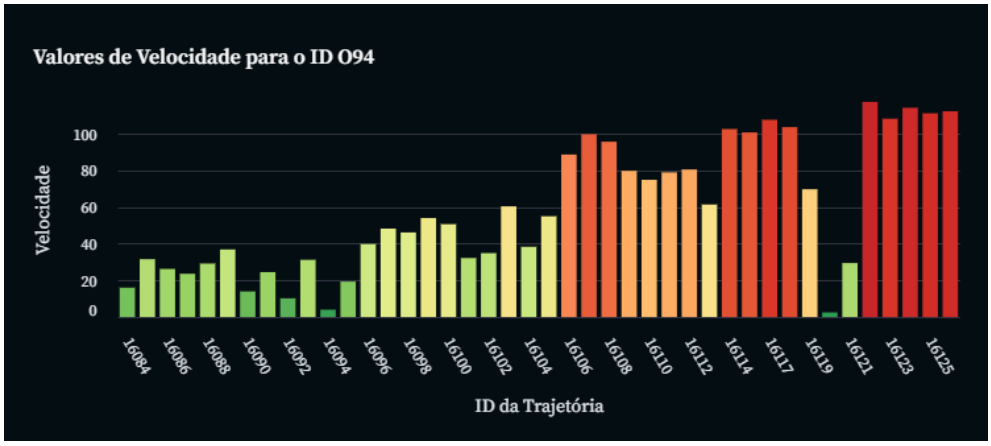
A página Trajetórias tem como título TRAJETÓRIAS INDIVIDUAIS e apresenta quatro elementos: uma caixa de seleção que permite a escolha do condutor e sua respectiva viajem, ditando todas as informações nos elementos seguintes; um mapa (Figura 15Figura 15) no qual é possível visualizar a rota individual segmentada pela velocidade em cada trecho; um gráfico de barras (Figura 16) com as informações sobre velocidade no qual o eixo X mostra o ID de cada trecho da rota e o eixo Y a variação da velocidade iniciando em 0 e atingindo o máximo conforme a máxima velocidade realizada no trecho; e uma tabela (Figura 17) apresentando informações cadastrais, de velocidade, dia, hora e localização.

Figura 15: Mapa da página Trajetórias



Fonte: os autores.

Figura 16: Gráfico da página Trajetórias



Nota: Velocidades mais baixas em tons de verde e mais altas em tons de vermelho.
Fonte: os autores.

Figura 17: Tabela da página Trajetórias

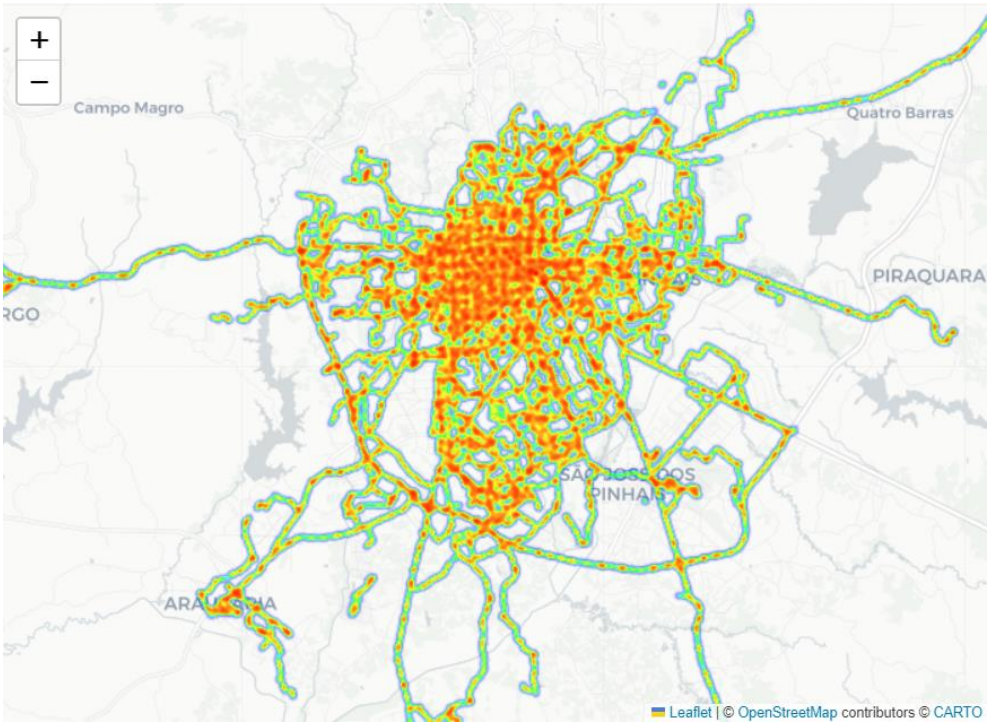
	id_traj	id_driver	sexo	idade	categoria	categoria_cnh	velocidade	date_d	cidade	bairro
7,855	1	A	F	32	Habitual	B	0.0426	2019-08-24 13:07:00	Curitiba	TARUMÃ
7,856	2	A	F	32	Habitual	B	2.8273	2019-08-24 13:08:00	Curitiba	TARUMÃ
7,857	3	A	F	32	Habitual	B	10.0079	2019-08-24 13:09:00	Curitiba	TARUMÃ
7,858	4	A	F	32	Habitual	B	24.4559	2019-08-24 13:10:00	Curitiba	CRISTO REI
7,859	5	A	F	32	Habitual	B	29.2946	2019-08-24 13:10:00	Curitiba	TARUMÃ
7,861	6	A	F	32	Habitual	B	25.8636	2019-08-24 13:11:00	Curitiba	CRISTO REI
7,862	7	A	F	32	Habitual	B	47.9136	2019-08-24 13:11:00	Curitiba	TARUMÃ
7,863	8	A	F	32	Habitual	B	15.4058	2019-08-24 13:12:00	Curitiba	ALTO DA RUA XV
7,864	9	A	F	32	Habitual	B	43.866	2019-08-24 13:12:00	Curitiba	JARDIM SOCIAL
7,865	10	A	F	32	Habitual	B	49.0044	2019-08-24 13:12:00	Curitiba	TARUMÃ
7,866	11	A	F	32	Habitual	B	16.2271	2019-08-24 13:13:00	Curitiba	ALTO DA RUA XV
7,867	12	A	F	32	Habitual	B	0.1227	2019-08-24 13:14:00	Curitiba	ALTO DA RUA XV
7,868	13	A	F	32	Habitual	B	0.0697	2019-08-24 13:15:00	Curitiba	ALTO DA RUA XV

Fonte: os autores.

O conjunto desses elementos possibilita a realização de análises mais detalhadas sobre os aspectos de velocidade desenvolvida nas rotas e, além disso, associar informações de atributos para identificar padrões ou gerar possíveis estatísticas sobre os grupos.

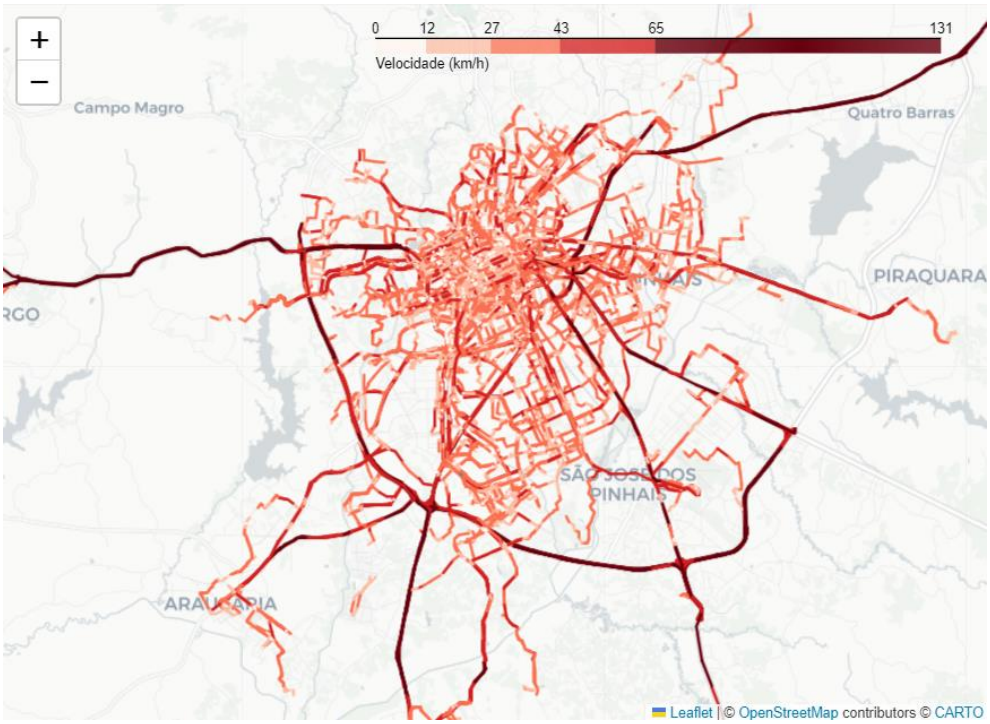
A página Velocidades tem como título TRAJETÓRIAS E VELOCIDADES e apresenta dois elementos: um mapa de densidade de Kernell – mapa de calor (Figura 18), que ilustra o volume de rotas na área de estudo, e um mapa de classificação de rotas em intervalos de velocidade (Figura 19Figura 19).

Figura 18: Mapa 1 da página Velocidades



Nota: Volume de rotas na área de estudo
Fonte: os autores.

Figura 19: Mapa 2 da página Velocidades



Nota: Classificação das rotas em intervalos de velocidades
Fonte: os autores.

Esses elementos possibilitam a compreensão de como a representação espacial do dado promove o entendimento sobre suas características.

CONCLUSÃO

A proposta deste artigo foi a modelagem do banco de dados espaço temporal e a criação de uma interface de visualização dos dados do Estudo Naturalístico de Direção Brasileiro. Essa aplicação promove a interação entre dados espaciais e não espaciais, bem como a compreensão de como as características espaciais estão aplicadas na região de estudo. Os usuários desse produto serão aqueles envolvidos com o NDS-BR.

A principal etapa desse projeto foi a modelagem do banco de dados objeto-relacional aplicando gerenciamento a essas informações com base nas suas propriedades temporais. Ademais, para a interação com todos esses dados foi desenvolvida uma interface gráfica que possibilitou a visualização por meio de mapas e comunicação com os atributos das geometrias temporais modeladas no banco. Em conjunto a isso, foi aplicado o projeto cartográfico sobre os mapas produzidos, conforme as etapas da metodologia apresentada por Sluter (2008).

Atendendo a finalidade desde trabalho com bases em seus objetivos gerais e específicos em desenvolver uma solução de geoinformação para gerenciamento dos dados processados do NDS-BR, e considerando a metodologia aplicada ao longo de todo o desenvolvimento, entende-se que os objetivos foram alcançados. Em destaque, ressalta-se que toda a aplicação foi desenvolvida utilizando softwares livres e de código aberto, todos os códigos e materiais utilizados encontram-se disponíveis no GitHub (https://github.com/Estephss/Projeto_Final) e a interface pode ser acessada pelo link https://dashboardtemporalndsbr.streamlit.app/.

Durante a modelagem dos dados foram encontrados erros na geração das trajetórias com base nos pontos temporais. Esses ruídos ocorreram porque algumas coordenadas dos pontos das tabelas iniciais diretas do processamento realizado pelo NDS-BR estavam deslocadas do seu caminhamento de origem, conectando rotas em pontos indesejados, ocasionando em ruídos nas visualizações. Assim, a correção foi realizada de maneira manual, excluindo os pontos de origem de ruídos e adicionando mais parâmetros nas consultas em SQL no banco de dados para contornar esses problemas. Uma solução mais automatizada será descrita na seção de recomendações.

A segurança viária demanda por políticas que fortaleçam suas aplicações e que sejam direcionadas não só para países com alto índice de desenvolvimento, mas que sejam acessíveis para toda a população mundial. Estudos Naturalísticos de Direção são um meio para o qual observa-se padrões e comportamentos que podem ser analisados resultando em contribuições para construção dessas políticas. Dessa forma, os dados produzidos pelo NDS

carecem de ferramentas de geoinformática que permitam modelagem e visualização dessas informações para realizar essas análises.

Modelar dados de *big data* geoespacial bem como construir visualização adequadas para representar esses dados é desafiador, pois ao buscar ferramentas que permitam a realização dessas atividades deve-se considerar não apenas a capacidade de gerenciamento dos dados que elas possuem, mas também sua flexibilidade em integração com outros ecossistemas, preferencialmente de código aberto e, consequentemente, acessíveis a todos.

RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A etapa inicial de tratamento dos dados foi aplicada sobre a reorganização das planilhas com as informações geradas do monitoramento da atividade de condução realizada pelo NDS-BR. Essa etapa demandou muito trabalho e tempo, principalmente para configurar as colunas de data e hora, e exclusão dados duplicados. Recomenda-se realizar essas modificações buscando ferramentas que auxiliem no processo de automatização dessas correções, visando otimizar o tempo nessa etapa de modelagem.

Além disso, após a geração das geometrias foram identificados alguns erros. Esses ruídos foram ocasionados por pontos que possuíam suas coordenadas (latitude, longitude) fora da linha da rota traçada pelo condutor, mas que estavam ligadas ao mesmo id_trip, gerando assim linhas retas fora do eixo da malha viária. Seria interessante para o futuro da aplicação o desenvolvimento de uma solução que identifique os pontos em que a distância é maior que determinado valor, a ser calculado com base no tempo de coleta das coordenadas pelo *GPS*, e exclua esses pontos. O grande desafio está em identificar todos os diferentes padrões e aplicar as correções com base nesses parâmetros.

Por fim, outra correção interessante de ser realizada para trazer mais qualidade ao aspecto visual das geometrias, seria a correção das trajetórias para o eixo da via em que estão posicionadas. Essa correção trará mais limpeza aos dados e possibilitará a confecção de mapas que visem atingir a comunicação cartográfica efetiva e completa

REFERÊNCIAS

AGAFONKI, V. **Níveis de zoom - Leaflet - uma biblioteca JavaScript para mapas interativos**. Disponível em: https://leafletjs.com/examples/zoom-levels/. Acesso: 24 jun 2024.

ANDS Progress report for May 2017 - Australian Naturalistic Driving Study. Disponível em: https://www.ands.unsw.edu.au/news-events/ands-progress-report-may-2017. Acesso em: 20 junho 2024.

BASTOS, T. J. *et al.* ESTUDO NATURALÍSTICO DE DIREÇÃO BRASILEIRO (NDS-BR): DA CONCEPÇÃO AOS PRIMEIROS RESULTADOS. In: **ANAIS DO CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES**, 2023, Santos. Disponível em:

https://proceedings.science/anpet-2023/trabalhos/estudo-naturalistico-de-direcao-brasileiro-nds-br-da-concepcao-aos-primeiros-res?lang=pt-br. Acesso: 12 jun. 2024.

BASTOS, J. T. *et al.* Naturalistic Driving Study in Brazil: An Analysis of Mobile Phone Use Behavior while Driving. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n.3, p. 2 - 14, Sep 2020. DOI. 10.3390/ijerph17176412.

BOOCH, G; RUMBAUGH, J; JACOBSON, I. **Unified Modeling Language User Guide**, The. 2ª Ed., 2005. Disponível em: http://meusite.mackenzie.com.br/rogerio/the-unified-modeling-language-userguide.9780201571684.997.pdf

BORGUEZANI, J. R.; DOS SANTOS, P. A. B.; OSÓRIO, F. DOS S.; BASTOS, J. T. **Plataforma de Coleta de Dados Naturalísticos de Segurança Viária**. In: ANTEP Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 34., 2020. Evento online.

CARSTEN, O; KIRCHER, K; JAMSON, S. Vehicle-based studies of driving in the real world: The hard truth?. Accident Analysis and Prevention, Elsevier, p. 162 - 174, Jun. 2013.

CASANOVA, M. A. *et al.* **Banco de Dados Geográficos**. Curitiba:Mundogeo, 2005.

COCA, F. *et al.* **Segurança viária**. São Paulo: Suprema Gráfica e Editora, 2012.

DENT, D. B. The Cartogram: Value-by-area Mappping. In: DENT, D. B. **Cartography Thematic Map Design**. 5. ed. Boston: WCB McGraw-Hill, 1999. p. 209 – 220.

EHSANI, J. P. Naturalistic Driving Studies: An Overview and International Perspective. In: Vickerman, Roger (eds.) **International Encyclopedia of Transportation**. UK: Elsevier, v. 7, p. 20-38. 2021. DOI. 10.1016/B978-0-08-102671-7.10651-7

ESTEBAN, Z. *et al.* MobilityDB: A Mainstream Moving Object Database System. *In:* SSTD '19: 16th International Symposium on Spatial and Temporal Databases. 2019. Vienna Austria. **Proceedings of the 16th International Symposium on Spatial and Temporal Databases.** ACM. 2019. p. 1 - 4. DOI. https://dl.acm.org/doi/10.1145/3340964.3340991

ESTEBAN, Z; MAHMOUND, S; ARTHUR, L. MobilityDB: A Mobility Database Based on PostgreSQL and PostGIS. **ACM Trans. Database Syst**. Université libre ed Bruxelles, v.45, 4., p. 19 - 42, Dec. 2020. DOI. https://doi.org/10.1145/3406534

FRANÇA, E; MELHEM J. R. S. **Manual de Desenho Urbano de Obras Viárias. 1.ed. São Paulo: Companhia de Trágefo**, 2020. Disponível em: https://manualurbano.prefeitura.sp.gov.br/manual/3-parametros-de-desenhoviario

JIN, X. et al. Significance and Challenges of Big Data Research. **Big Data Research**, China, v. 2, n. 3, p. 59-64, Jun. 2015. DOI. 10.1016/j.bdr.2015.01.006.

KOLÁCNÝ, A. Cartographic Information—a Fundamental Concept and Term in Modern Cartography. **The Cartographic Journal**, v.6, n.1, p. 47–49, 1969. https://doi.org/10.1179/caj.1969.6.1.47

MACEACHREN, A. M; TAYLOR D. R. F.Visualization in Modern Cartography: Setting the Agenda. *In*: MACEACHREN, A. M; TAYLOR, D. R. F. **Modern Cartography Series.** USA: Elsevier, 1994. p. 1-12.

MARSHALL, S. C. *et al*. The Canadian Safe Driving Study—Phase I pilot: Examining potential logistical barriers to the full cohort study. **Accident Analysis & Prevention**, v.61, p. 236 - 244, Dec. 2013. DOI. 10.1016/j.aap.2013.04.002.

MICROSOFT. **Excel specifications and limits**. Disponível em: https://support.microsoft.com/en-us/office/excel-specifications-and-limits-1672b34d-7043-467e-8e27-269d656771c3. Acesso em: 22 jul. 2024.

MICROSOFT. **What is a spreadsheet?.** Disponível em: . Acesso em: 12 jul. 2024. https://www.microsoft.com/pt-br/microsoft-365/excel/spreadsheets

NJORD, J; STEUDLE, K. **Big data hit the road - The first year of use of the SHRP 2 Safety Databases. TR News**, v.1, p. 2–8, 2015. Disponível em: http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/trnews/trnews300BigData.pdf

OMS/WHO. **Global status report on road safety 2023**. Geneva: 2023. Disponível em: https://www.who.int/teams/social-determinants-of-health/safety-and-mobility/global-status-report-on-road-safety-2023.

OPAS; OMS. **Apesar do progresso notável, a segurança viária continua sendo um problema mundial urgente**. Disponível em: https://www.paho.org/pt/noticias/13-12-2023-apesar-do-progresso-notavel-seguranca-viaria-continua-sendo-um-problema-mundial. Acesso: 12 jun. 2024.

ORGANIZATION, H. W. **Gestão da velocidade: um manual de segurança viária para gestores e profissionais da área.** Brasília, D.F.: OPAS, 2012. Título original: Global Road Safety Partnership em 2008 com o título: Speed management: a road safety manual for decision-makers and practitioners.

PEDEN, M. Road safety in 10 countries: Table 1. **Injury Prevention**, v.16, n6, p. 433, Dec. 2010. DOI. 10.1136/ip.2010.030155.

PETCHENIK, B. B. **Cognition In Cartography**. University of Toronto Press, v.14, n.1, p. 117 - 128. Jun. 1977. DOI. 10.3138/97R4-84N4-4226-0P24.

PREFEITURA DE CURITIBA. **Prefeitura cria Área Calma no Centro, com velocidade reduzida, mais árvores e melhorias na acessibilidade**. Disponível em: https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/prefeitura-cria-area-calma-no-centro-com-velocidade-reduzida-mais-arvores-e-melhorias-na-acessibilidade/37602. Acesso: 13 jun 2024.

PREFEITURA DE CURITIBA. **Velocidade máxima de 50 km/h passa a ser o padrão na cidade**. Disponível em: https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/velocidade-maxima-de-50-kmh-passa-a-ser-o-padrao-na-cidade/58449. Acesso: 13 jun. 2024.

POSTGIS PSC E OSGEO. **PostGIS**. Disponível em: https://postgis.net/. Acesso em: 22 jul. 2024.

Pt:Zoom levels - OpenStreetMap Wiki. Disponível em: . Acesso: 24 jun. 2024. https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Pt:Zoom_levels

ROBINSON, A. C. *et al*. Geospacial big data research challenges and opportunities for making maps that matter. **International Journal of Cartography**, v. 3, n. 1, p. 9-31, Oct. 2017. DOI. 10.1080/23729333.2016.1278151.

SENATRAN. **Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito. Ministério dos Transportes**. Disponível em: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/docs/renaest. Acesso: 12 jun. 2024.

SHEYKHFAR, A. *et al*. Analysis of the occurrence and severity of vehicle-pedestrian conflicts in marked and unmarked crosswalks through naturalistic driving study. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour,** Elsevier, v.76, p. 178-192. Jan. 2021. DOI. 10.1016/j.trf.2020.11.008.

SLUTER, C. R. SISTEMA ESPECIALISTA PARA GERAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.53, n1, p. 45 - 65, Dec. 2001. DOI. 10.14393/rbcv53n1-43926.

SLUTER, C. R. Uma Abordagem Sistêmica para o Desenvolvimento de Projeto Cartográfico como Parte do Processo de Comunicação Cartográfica. **Portal da Cartografia**. Londrina, v.1, n.1, p.1 - 20, May 2008. Disponível em: http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/portalcartografia

SUGUINOSHITA, M. C. *et al*. (2020). Fatores determinantes para o excesso de velocidade em vias arteriais urbanas. **Anais do 2° Simpósio de Transportes do Paraná. 3° Seminário em Aeroportos e Transporte Aéreo**. 3° Urbanidade. Curitiba: [s. n.], 2020. p. 63–74. Disponível em: https://doi.org/10.5380/2stpr2020.artcomp05p63-74

SZELIGA, R. A. **Velocidade Praticada em Curvas Horizontais em Meio Urbano: Uma Análise Baseada em Dados Naturalísticos**. 2022. 121. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2022.

THE POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP. **Appendix K. PostgreSQL Limits**. Disponível em: . Acesso em: 22 jul. 2024. https://www.postgresql.org/docs/current/limits.html

UCHIDA, N. *et al.* An investigation of factors contributing to major crash types in Japan based on naturalistic driving data. **IATSS Research**, Elsevier, v.34, n.1, p. 22 - 30. Jun. 2010. DOI. 10.1016/j.iatssr.2010.07.002.

UCHIDA, N; KAWAKOSHI, M; TAGAWA, T; MOCHIDA, T. An investigation of factors contributing to major crash types in Japan based on naturalistic driving data**. IATSS Research**, Elsevier, v.34, n.1, p. 22 - 30. Jun. 2010. DOI. 10.1016/j.iatssr.2010.07.002.

URBANA, M. M. **Caminhos para readequação de velocidades no Brasil: opinião pública e análise sobre mortes no trânsito**. São Paulo: Multiplicidade Mobilidade Urbana, 2022.

VAN NES, N.; BÄRGMAN, J.; CHRISTOPH, M.; VAN SCHAGEN, I. The potential of naturalistic driving for in-depth understanding of driver behavior: UDRIVE results and beyond. **Safety Science**, v. 119, p. 11–20, 2019. Elsevier B.V.

VAN SCHAGEN, I. *et al.* Towards a large-scale European Naturalistic Driving study: main findings of PROLOGUE. PROLOGUE Deliverable D4.2. **SWOV Institute for Road Safety Research**, p. 2- 70, Jul. 2011.

WELLE, B. *et al.* **O Desenho das Cidades Seguras: Diretrizes e Exemplos para Promover a Segurança Viária a partir do Desenho Urbano**. Tradução: Brenda Medeiros, Rafaela Cesar Machado, Shanna Lucchesi e Bruno Rizzon, 2016. Original em inglês.

ZHU, M.; WANG, X.; TARKO, A.; FANG, S. Modeling car-following behavior on urban expressways in Shanghai: A naturalistic driving study. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**. Elsevier, v. 93, p. 425–445, 2018, Jun 2018. DOI. 10.1016/j.trc.2018.06.009.