



26° Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 49ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

INTRODUÇÃO À INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA DETECÇÃO E MAPEAMENTO DE SINALIZAÇÃO VIÁRIA

Leticia Barros¹; Carlos Ivan²; Thiago Dantas³; Mariana Prysthon⁴

RESUMO

A sinalização desempenha um papel fundamental na garantia da segurança viária e na eficiência do sistema de transporte. É essencial que esteja em conformidade com as normas e manuais estabelecidos para garantir sua eficácia. O estudo destacou que problemas relacionados a sinalização vertical podem resultar em acidentes de trânsito. Para cadastros de sinalização existente são realizados levantamentos tradicionais (manuais), que demandam tempo e possui uma menor precisão. A fim de realizar uma detecção rápida e precisa, o modelo de IA baseado na arquitetura YOLO v8, treinado para identificar placas de sinalização. O estudo foi realizado em um trecho específico em Recife, Pernambuco, onde foram coletados dados de campo e aplicado o modelo desenvolvido. Os resultados mostraram uma acurácia satisfatória de 91% na detecção de placas de sinalização. No entanto, há desafios a serem superados, como melhorar o desempenho em condições adversas, especialmente em trechos urbanos. O uso da IA proporcionou uma coleta de dados mais eficiente e automatizada, com potencial para auxiliar na manutenção e monitoramento contínuo da sinalização viária, contribuindo para a segurança viária e a redução de acidentes. Este estudo destaca o potencial da IA como uma ferramenta poderosa para melhorar a gestão da infraestrutura viária e garantir a segurança dos usuários das vias.

PALAVRAS-CHAVE: infraestrutura de transporte; rodovia; sinalização viária; inteligência artificial.

ABSTRACT

Traffic signs plays a fundamental role in ensuring road safety and the efficiency of the transportation system. It is essential that it complies with established regulations and manuals to ensure its effectiveness. The study highlighted that issues related to vertical traffic signs can lead to traffic accidents. Traditional (manual) surveys are conducted for existing traffic signs registries, which are time-consuming and less accurate. In order to achieve fast and precise detection, the YOLO v8 architecture-based AI model, trained to identify traffic signs plates. The study was conducted in a specific road segment in Recife, Pernambuco, where field data was collected and the developed model was applied. The results showed a satisfactory accuracy of 91% in detecting traffic signs plates. However, there are challenges to be overcome, such as improving performance in adverse conditions, especially in urban areas. The use of AI provided a more efficient and automated data collection process, with the potential to assist in the maintenance and continuous monitoring of road traffic signs, contributing to road safety and accident reduction. This study highlights the potential of AI as a powerful tool to improve road infrastructure management and ensure the safety of road users.

KEY WORDS: transport infrastructure; highway; road signs; artificial intelligence.

¹ TPF Engenharia , leticia.pessoa@tpfe.com.br; carlos.ivan@tpfe.com.br;
thiago.dantas@tpfe.com.br; mariana.moraes@tpfe.com.br



INTRODUÇÃO

Segundo o Manual de Sinalização Rodoviária do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes DNIT (BRASIL, 2010), o aumento significativo da frota de veículos, aliado a outros fatores, como o fato de não haver uma evolução da malha rodoviária do país compatível com a demanda de veículos e o fluxo, fez com que a sinalização se tornasse cada vez mais relevante para a segurança viária.

O Ministério de Transporte (BRASIL, 2022), define segurança viária como o conjunto de métodos, ações e normas existentes necessários para a circulação segura de pessoas e veículos nas ruas e rodovias, com a finalidade de prevenir e reduzir o risco de acidentes.

Segundo Fontana (2005), a sinalização de trânsito é um dos mais importantes elementos da infraestrutura viária, pois é através dela acontece a comunicação entre a via e os usuários. Sendo assim, entende-se que um sistema de sinalização coerente é fundamental para a segurança viária e o desenvolvimento de um sistema de transportes mais eficiente. Para garantir a segurança viária faz-se necessário que as sinalizações e dispositivos de segurança estejam em conformidade com as normas vigentes. No tocante a sinalização vertical, o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito Volume I, III, III e IV (CONTRAN, 2022), elenca os seguintes princípios: legalidade, suficiência, padronização, clareza, precisão, confiabilidade, visibilidade, legibilidade, manutenção e conservação de modo assegurar a eficácia dos sinais.

A ocorrência de acidentes de trânsito está diretamente associada também a uma sinalização deficiente. No âmbito de sinalização vertical, Ferraz *et al.* (2012), elencam como principais problemas associados a sinalização a falta e/ou excesso de sinais, mal posicionamento prejudicando a visibilidade, sinais sem retrorefletância adequada e com visibilidade prejudicada por falta de manutenção e etc. Segundo os estudos de Ferraz *et al.* (2012), a correção da sinalização vertical incorreta deve causar as seguintes alterações nos números de acidentes:

- acidentes com vítimas = -25% a -3% (melhor estimativa = -15%);
- acidentes sem vítimas = -14% a 0% (melhor estimativa = -7%).

Neste contexto surgiram ferramentas para detecção de sinalização vertical. O método tradicional utilizado no levantamento/cadastro é o topográfico, contudo, é um processo manual e demorado, realizado por uma equipe de campo ao longo do trecho determinado. Nos últimos anos surgiram ferramentas computacionais que vêm sendo aplicadas, cada vez mais, ao levantamento, otimizando-o e conseqüentemente, diminuindo o tempo de coleta. Segundo Rodrigo Aguiar (2024), no artigo “Desafios e Oportunidades na Análise de Dados para segurança Viária”, a inteligência artificial pode lidar com uma quantidade maior e mais complexa de dados, permitindo identificar padrões sutis e não lineares que podem passar despercebidos em análises estatísticas tradicionais.

O presente trabalho buscou estudar a aplicação da inteligência artificial (IA) para detecção e reconhecimento de sinalização viária. O cenário avaliado foi de que, ao utilizar inovações tecnológicas atreladas a infraestrutura viária, em especial a sinalização vertical, pode-se obter um



método eficiente para cadastro da sinalização existente, com a localização geográfica, auxiliando no monitoramento e manutenção, de modo a garantir mobilidade, segurança e qualidade ao usuário.

METODOLOGIA

Área de estudo

O trecho escolhido para o experimento compreendeu a extensão da Rua Capitão Rebelinho até a Rua Amazonas, no bairro de Boa Viagem, na cidade do Recife, em Pernambuco, Brasil; o que representa aproximadamente 1 km de extensão. Este trecho é caracterizado como via urbana tipo via coletora, que conforme o Anexo – I do Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 1997) é uma via destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arterial.

Figura 1. Localização da Rua Capitão Rebelinho ao final da Rua Amazonas em Recife/PE (Elaborada pelo AUTOR, 2024).



Etapas do processo

Para a execução da IA foram definidas três etapas para o processo de detecção de objeto sendo:

- desenvolvimento do sistema de inteligência artificial;



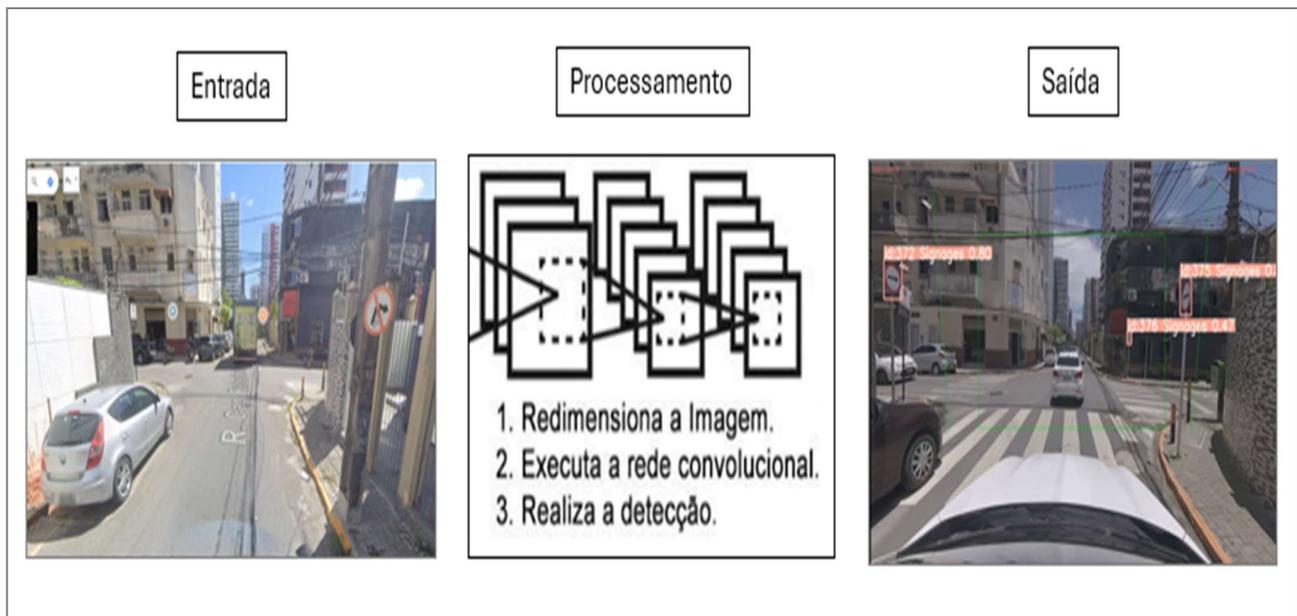
- planejamento e Treinamento;
- aplicação do modelo

O atendimento a cada atividade é crucial para a eficácia da metodologia estudada, uma vez que proporciona à equipe maior eficiência e sequencialidade. O fluxo previamente estabelecido torna os pontos de melhorias mais fáceis de detectar, e por fim, assegura a qualidade do resultado.

Desenvolvimento do sistema de inteligência artificial

Desenvolveu-se um modelo personalizado de visão computacional que utiliza da arquitetura do *You Only Look Once* (YOLO) v8, que é uma Rede Neural Convolutiva (CNN), para a identificação de placas de sinalização em cenários de rodovias urbanas e rurais. O Modelo funciona na sequência a seguir: a imagem de entrada é redimensionada, submetida à YOLO e, em seguida, a detecção é realizada, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2. Sistema de detecção do YOLO (AUTOR, adaptado google maps, 2024).



No âmbito da visão computacional, o treinamento do modelo de visão computacional envolve várias etapas das etapas, sendo elas: levantamento do conjunto de dados, preparação e rotulagem, treinamento do modelo e por fim, validação. A primeira etapa desse processo é o levantamento que constitui-se na obtenção de dados de rodovias que foram levantadas anteriormente sem o uso da IA. Com os dados adquiridos, segue-se a fase de preparação e rotulagem. Durante esta etapa, realizou-se o processamento dos dados coletados, direcionando a aprendizagem do modelo de IA para a identificação placas de sinalização



O desenvolvimento do modelo foi dividido em três conjuntos principais: treinamento, validação e teste, com as seguintes proporções específicas, 70%, 20% e 10%. A divisão foi fundamental para garantir a robustez do modelo, fornecendo uma estrutura sólida para aplicação.

Planejamento e Treinamento

Na etapa de planejamento é realizada a definição dos parâmetros relevantes para o levantamento, tais como: início e fim da via, ativos (placas.), definição de equipe e data da coleta de campo. É necessário realizar, durante o planejamento, o treinamento da equipe para execução; neste momento será apresentado como manipular os equipamentos a serem utilizados e alinhados pontos relativos à instrumentação e velocidade do veículo, dentre outros parâmetros necessários para a aplicação. Cabe ressaltar que, alguns fatores influenciam a diretamente a coleta, tais como: condições climáticas, horário (manhã ou tarde), tempo da bateria da câmera, entre outros.

Após o treinamento, realizaram-se visitas ao trecho escolhido com objetivo de coletar dados para aplicação do modelo apresentado no presente trabalho.

Aplicação do modelo

Inicialmente realiza-se vídeos e imagens ao longo do trecho definido e em seguida aplica-se a execução do modelo. Sendo assim, o levantamento em campo divide-se na seguinte forma: instrumentação do veículo, coleta, aplicação do modelo e entregáveis. Na instrumentação do veículo realizou-se o posicionamento e fixação da câmera e GPS a serem utilizados na fase de coleta de novos dados.

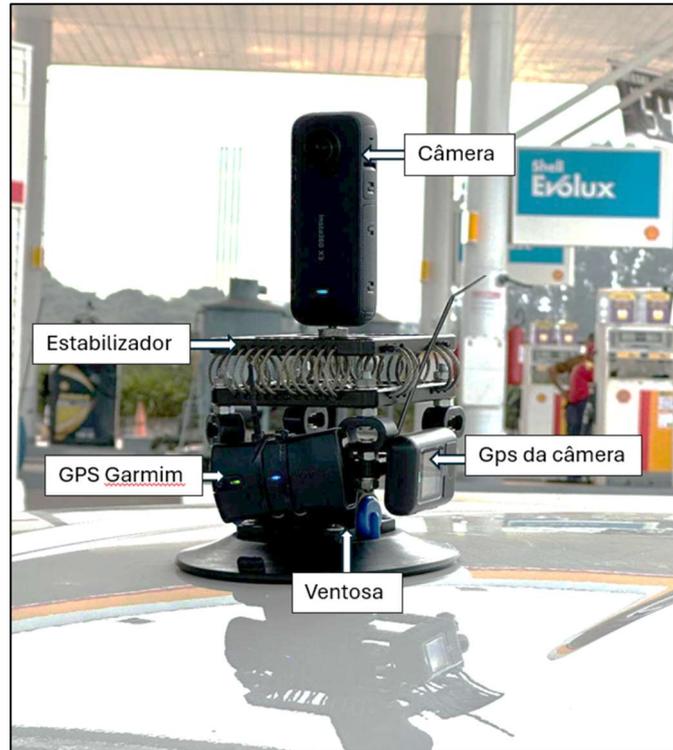
Para obtenção da mídia (imagens ou vídeos) em campo, utilizou-se a câmera Insta360 – X3, posicionada no topo do veículo a uma altura aproximada de 1,60m e ajustada para o enquadramento desejado. Esta câmera oferece capacidade para registrar imagens em 360° com resolução de até 4K. No entanto, para este estudo, optou-se por utilizar apenas a função de gravação frontal, mantendo a resolução de 4K. Para o correto funcionamento a deve-se limitar a velocidade máxima do veículo a 80 km/h. Para levantamentos de grandes trechos, recomenda-se levar mais baterias a campo, pois a durabilidade média da bateria é de uma hora e meia a duas horas.

Quanto ao sistema de georreferenciamento, inicialmente utilizou-se o acessório 'GPS Action Remote' da Insta360° X3, que se conecta via Bluetooth 5.0 e fornece dados de localização e marcação temporal. No entanto, durante os testes, observou-se uma precisão abaixo do esperado, especialmente em áreas urbanas. Para melhorar a precisão, incorporou-se um dispositivo GPS da Garmin, trabalhando em conjunto com o equipamento da Insta360° X3 e instalado externamente ao veículo, devido à interferência dentro dele. A bateria do Gps possui uma longa duração, conseguindo atender o levantamento de um dia de campo.

Na figura 3, destacam-se os equipamentos utilizados para realizar o levantamento, dentre eles a Câmera Insta360° X3, GPS Action Remote e o Garmim, suporte de ventosa tripla, estabilizador, além de cartões de memória, bateria e o tablet dentro do veículo instalado com alguns aplicativos que irão armazenar dados para o armazenar dados para subsidiar o desenvolvimento do entregável em kml.

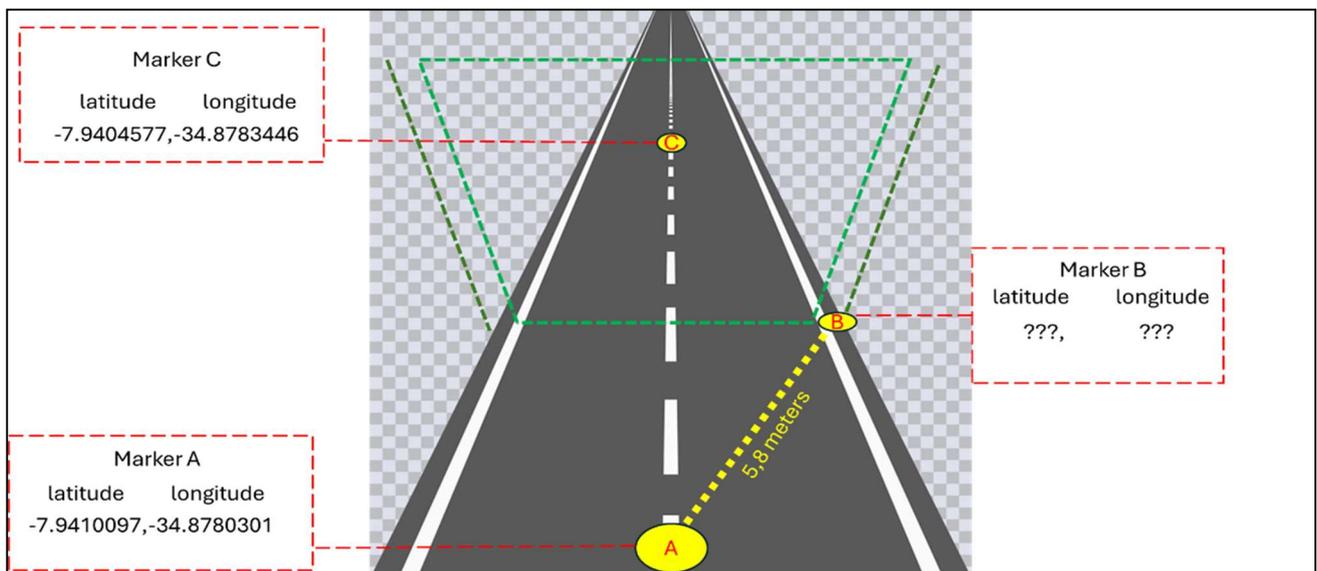


Figura 3. Instrumentação do veículo (AUTOR, 2024).



Para a determinação das coordenadas aplicou-se a trigonometria a partir do método de irradiação topográfica, também conhecida como polar. Na prática, o ponto do veículo (A) visualizará o ponto posterior, que é o trecho que o carro vai seguir (C) e o ponto que queremos descobrir (B), conforme ilustrado na Figura 4 apresentada a seguir.

Figura 4. Aplicação da trigonometria (AUTOR, 2024).





Por fim, os dados entregues são:

- Relatório fotográfico em formato XML contemplando informações como: ID, tipo, distância, latitude, longitude, tempo de vídeo, foto da placa, entre outros;
- arquivo em KML com a identificação do ativo (placas).

RESULTADOS

Após ter realizado o processo de aprendizagem do modelo, a fim de obter a alta acurácia no processamento dos vídeos e identificação dos ativos, obteve-se um resultado satisfatório, com uma acurácia de 91%, garantindo a confiabilidade dos resultados obtidos. As imagens rotuladas foram utilizadas para alimentar o modelo de visão computacional, direcionando seu aprendizado para obter alta precisão na identificação das placas.

Os entregáveis da metodologia aplicada permitem diferentes formas de análise e integração dos resultados. Na figura 5 apresenta-se o resultado da imagem capturada e analisada pela IA treinada para identificar objetos. Os resultados da análise da inteligência artificial em KML foram apresentados através da identificação das placas o relatório em XLM, que contém mais dados e imagens das placas, conforme respectivamente exemplificado na Figura 6 e 7.

Figura 5. Detecção de Placas (AUTOR, 2024).





Figura 6. Entregáveis em KML (AUTOR, 2024).

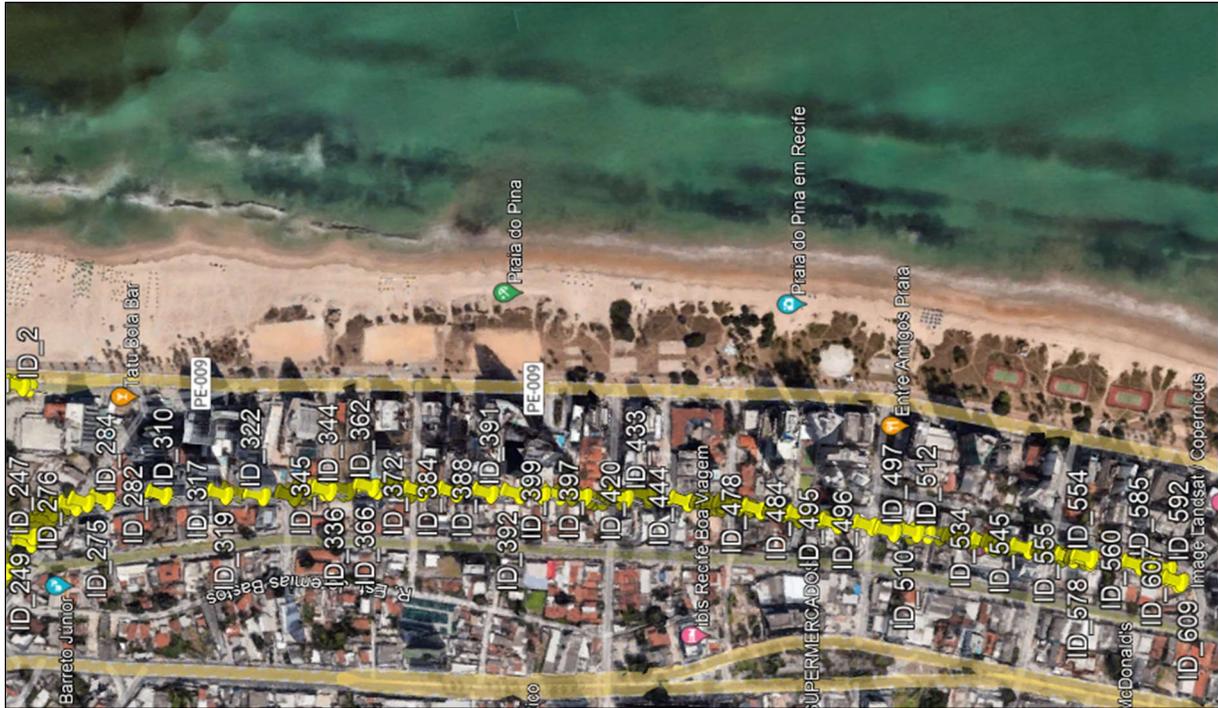


Figura 7. Entregáveis em relatório XML (AUTOR, 2024).

VERTICAL SIGNAGE EVALUATION REPORT									
ID	TYPE	DISTANCE	SIDE	VEHICLE LATITUDE	VEHICLE LONGITUDE	VIDEO TIME	ASSET LATITUDE	ASSET LONGITUDE	PHOTOGRAPHIC RECORD
4	Signages	8.06 metros	Left	-8,08993179	-34,88243804	00:00:53	-8,089893615	-34,88250033	
1	Signages	8.06 metros	Left	-8,08984034	-34,88251874	00:00:54	-8,089803125	-34,88258161	
5	Signages	8.06 metros	Right	-8,08957956	-34,88277239	00:00:57	-8,089517976	-34,88281149	



CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a aplicação da inteligência artificial na detecção de sinalização vertical representa um avanço significativo para a gestão da infraestrutura viária. A partir de algoritmos de visão computacional, foi possível inovar e automatizar o processo de identificação e classificação dos objetos, consequentemente, obteve-se uma maior precisão e rapidez na coleta de campo.

Constatou-se que o mapeamento realizado pela IA além de ter maior agilidade e automação na captura, identificação e classificação, é uma inovação na gestão de ativos de rodovia pois auxilia no monitoramento contínuo da sinalização viária existentes, pois os dados podem ser enviados diariamente, subsidiando tomadas de decisões, como a implementação de medidas preventivas e adequações necessárias de modo a assegurar a segurança viária, impactando positivamente na redução do número de acidentes. A tecnologia tem potencial para ser utilizada em grande escala, por possuir um baixo custo, simplicidade operacional e alta produtividade.

Durante o desenvolvimento da pesquisa observou-se que o levantamento em trechos urbanos apresentou bastante obstáculos que dificultam a leitura dos objetos, tais como, árvores, veículos, poluição visual e etc. Uma solução para superar tal desafio, seria treinar o modelo com dados diversificados e em diferentes condições para que consiga mesmo em situações adversas, realizar uma detecção precisa e confiável. Cabe ressaltar que, em trechos rurais, os desafios são outros, danificação das placas, obstrução por vegetação/sujeira, geometria (curvas acentuadas), estes podem dificultar também a visualização.

Por fim, uma sugestão para pesquisas futuras é avaliar a aplicação da inteligência artificial na detecção de outros elementos, tais como: dispositivos de segurança (defensas, barreiras e terminais), drenagem (sarjeta, alas de bueiros, caixas e descida d'água), complementares (árvores, calçadas e etc), OAE (pontes, passarelas e viadutos) entre outros.

AGRADECIMENTOS

Os presentes autores agradecem à TPF Engenharia LTDA por todo incentivo e pelo fornecimento de dados e materiais para desenvolvimento desta pesquisa, desta forma, elevando o nível técnico de seus colaboradores e da engenharia do país.

REFERÊNCIAS

AGUIAR DOS SANTOS, Rodrigo. **Desafios e Oportunidades na Análise de dados para Segurança Viária**. Onsv, 2024. Disponível em: <<https://www.onsv.org.br/comunicacao/observadores-certificados/desafios-e-oportunidades-na-analise-de-dados-para-seguranca-viaria>> Acesso em: 08 abr. 2024

BRASIL, Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). **Manual de Conservação Rodoviária**. 2ª ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2005.

BRASIL, Ministério dos Transportes. **Segurança viária**, 2022. Disponível em:< <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transporte-terrestre/rodovias-federais/seguranca-viaria>> Acesso em: 27 de abril de 2024.



BRASIL. Lei Nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. **Institui o código de trânsito brasileiro.** Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19503compilado.htm> Acesso em: 27 de abril de 2024.

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito. **Sinalização Vertical de Advertência.** 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/docs/copy_of__02__MBST_Vol._II__Sin._Vert._Advertencia.pdf> Acesso em: 17 abr. 2024.

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito. **Sinalização Vertical de Indicação.** 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/docs/copy_of__03__MBST_Vol._III__Sin._Vert._Indicacao> Acesso em: 17 abr. 2024.

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito. **Sinalização Vertical de Regulamentação.** 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/docs/copy_of__01__MBST_Vol._I__Sin._Vert._Regulamentacao_F.pdf> Acesso em: 17 abr. 2024.

FERRAZ, Antonio Clóvis Pinto “Coca” *et al.* **Segurança Viária.** Ed: Suprema Gráfica e Editora. São Paulo, 2012.

FONTANA, A. M. **Estudo psicofísico sobre conspicuidade, estética e harmonia ambiental de sinais de trânsito.** Tese de doutorado, EESC/USP, 2005.