



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO DISTRITO FEDERAL – UDF
COORDENAÇÃO DO CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

JEAN PAULO TEÓFILO CHAVES

SIMAI – Sistema Inteligente de Monitoramento e Alerta de Infração

BRASÍLIA

2025

JEAN PAULO TEÓFILO CHAVES

SIMAI – Sistema Inteligente de Monitoramento e Alerta de Infração

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação dos Cursos de Tecnologia, do Centro Universitário do Distrito Federal - UDF, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientadora: Profa. Dra. Kerlla Luz
Coorientador: Prof. Me. Kadidja Valéria
Reginaldo de Oliveira

BRASÍLIA

2025

OBS.: Esta folha deverá ser impressa no verso da folha de rosto (folha anterior)

Teófilo Chaves, Jean Paulo.

Título: SIMAI – Sistema Inteligente de Monitoramento e Alerta de Infração. -
- Brasília, 2025.

20 f. (*quantidade de folhas da monografia*)

Orientadores: Prof. Me. Kadidja Valéria Reginaldo de Oliveira.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação – Ciência da Computação) --
Centro Universitário do Distrito Federal – UDF. Coordenação de Ciência da
Computação, Brasília, DF, 2025.

1. Assunto. 2. Assunto. 3. Assunto. I. Título.

CDU: (consultar na biblioteca)

JEAN PAULO TEÓFILO CHAVES

SIMAI – Sistema Inteligente de Monitoramento e Alerta de Infração

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação de Ciência da Computação, do Centro Universitário do Distrito Federal - UDF, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Me. Kadidja Valéria Reginaldo de Oliveira

Brasília, _____ de _____ de 2025.

Banca Examinadora

NOME DO EXAMINADOR

Titulação

Instituição a qual é filiado

NOME DO EXAMINADOR

Titulação

Instituição a qual é filiado

NOME DO EXAMINADOR

Titulação

Instituição a qual é filiado

NOTA: _____

Dedico este trabalho à minha família, à minha noiva e aos meus amigos pelo apoio na realização de tal.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por mais uma conquista; aos meus orientadores, pela dedicação e correções; e aos bibliotecários pelo suporte em todas as pesquisas.

"Qualidade é melhor do que quantidade"

Steve Jobs

RESUMO

Atualmente, o monitoramento de velocidade depende de radares Doppler tradicionais e sistemas LIDAR, instalados em estruturas visíveis ao longo de rodovias e pistas. No entanto, com o avanço das cidades inteligentes e a necessidade de sistemas de controle mais discretos e eficientes, novos conceitos estão sendo desenvolvidos. Entre essas tecnologias, destacam-se sensores de pressão, vibração, fibra óptica e redes V2X (Vehicle to Everything), que oferecem maior precisão e integração com a infraestrutura de transporte. Este trabalho discute as tecnologias emergentes e conceitos futuristas de monitoramento de velocidade que utilizam sensores embutidos na infraestrutura rodoviária e aeroportuária.

Palavras-chave: Monitoramento de velocidade, sensores embutidos, cidades inteligentes, V2X, controle de tráfego.

ABSTRACT

Currently, speed monitoring relies mainly on traditional Doppler radars and LIDAR systems, installed in visible structures along highways and runways. However, with the advancement of smart cities and the need for more discreet and efficient control systems, new concepts are being developed. Among these technologies, pressure, vibration, fiber optic sensors and V2X (Vehicle to Everything) networks stand out, which offer greater accuracy and integration with the transportation infrastructure. This paper discusses emerging technologies and speed monitoring concepts that use sensors embedded in road and airport infraestructure.

Key words: Speed monitoring, embedded sensors, smart cities, V2X, traffic control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Arquitetura do SIMAI.....	21
Figura 2 – Interface do Usuário.....	25
Figura 3 – Diagrama de Caso de Uso.....	28
Figura 4 – Diagrama de Classe.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABREVIATURAS

Art.	Artigo
Obs.	Observação

SIGLAS

API	Application Programming Interface (Interface de Programação de Aplicações)
CNH	Carteira Nacional de Habilitação
CPP	Código de Processo Penal
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
ESP32	Embedded Serial Peripheral 32-bit (Placa microcontroladora com Wi-Fi/Bluetooth)
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)
HTTP	Hypertext Transfer Protocol (Protocolo de Transferência de Hipertexto)
IOT	Internet of Things (Internet das Coisas)
LIDAR	Light Detection and Ranging
LCD	Liquid Crystal Display (Tela de Cristal Líquido)
OCR	Optical Character Recognition (Reconhecimento Óptico de Caracteres)
SIMAI	Sistema Inteligente de Monitoramento e Alerta de Infração
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UF	Unidade Federativa (referência a estados brasileiros)
USB	Universal Serial Bus (Padrão de conexão de periféricos)
V2X	Vehicle to Everything
Wi-Fi	Wireless Fidelity (Padrão de conexão sem fio)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.1.1 OBJETIVO GERAL	15
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
PASSO A PASSO PARA SE CHEGAR NO OBJETIVO GERAL	15
1.2 TRABALHOS CORRELATOS (ESTADO DA ARTE).....	15
1.2.1 RADARES INTELIGENTES DE TRÂNSITO (BRASIL)	16
1.2.2 APLICATIVO "SEM PARAR RADAR"	16
1.2.3 SISTEMA ANPR (AUTOMATIC NUMBER PLATE RECOGNITION)	17
1.3 SOLUÇÃO PROPOSTA	17
2. ARQUITETURA CONCEITUAL DO SISTEMA SIMAF.....	18
2.1 CAMADAS DO SISTEMA	19
2.1.1 CAMADA DE SENSORIAMENTO	19
2.1.1.1 CAMADA DE PROCESSAMENTO	19
2.1.1.1.1 CAMADA DE ARMAZENAMENTO	19
2.1.2 CAMADA DE INTERFACE COM O USUÁRIO	20
2.1.2.1 CAMADA DE COMUNICAÇÃO COM SISTEMAS EXTERNOS	20
3 METODOLOGIA	21
3.1 TIPO E NATUREZA DA PESQUISA	22
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	23
3.2.1 LEVANTAMENTO TEÓRICO.....	23
3.2.2 MODELAGEM CONCEITUAL DO SIMAF	23
3.2.3 ESTRUTURA CONCEITUAL DO SISTEMA	24
3.2.3.1 PROTÓTIPO CONCEITUAL COM ARDUINO	24
3.2.3.2 INTERFACE DO USUÁRIO (APP / NOTIFICAÇÕES)	25

3.2.3.3 DIAGRAMAS DE CASOS DE USO	27
3.2.3.4 DIAGRAMA DE CLASSE.....	28
3.2.4 AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE E IMPACTOS	29
3.3 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	30
4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	30
4.1 AVALIAÇÃO DA PROPOSTA	31
4.2 VIABILIDADE TÉCNICA DO PROTÓTIPO	31
4.3 EXPERIÊNCIA SIMULADA COM INTERFACE DO USUÁRIO	32
4.4 LIMITAÇÕES E POSSIBILIDADES FUTURAS	32
5 CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS.....	34
GLOSSÁRIO	35
APÊNDICE	37
APÊNDICE A – DIAGRAMA CONCEITUAL DO SISTEMA SIMAF	37
ANEXOS.....	38

1 INTRODUÇÃO

O monitoramento da velocidade dos veículos é uma parte fundamental da segurança e gestão do tráfego em áreas urbanas e rodovias. Tecnologias como radares Doppler e LIDAR são amplamente usadas para medir a velocidade dos veículos e detectar infrações. No entanto, esses sistemas tradicionais dependem de equipamentos visíveis instalados ao longo das vias, muitas vezes sujeitos a vandalismo, falhas devido a condições climáticas adversas e custos elevados de manutenção.

Com o avanço da tecnologia, novas soluções estão surgindo para substituir ou complementar esses sistemas tradicionais, utilizando sensores embutidos na própria infraestrutura viária. Este trabalho explora os conceitos futuristas e as tecnologias emergentes, como sensores de pressão, vibração e fibra óptica, além das redes V2X, que prometem transformar o monitoramento de velocidade e otimizar o controle de tráfego em cidades inteligentes.

O monitoramento de velocidade é essencial para a segurança viária e a gestão do tráfego. Tecnologias como radares Doppler e sistemas LIDAR são amplamente usadas para medir a velocidade de veículos e identificar infrações. Entretanto, esses sistemas tradicionais apresentam limitações significativas. A dependência de equipamentos visíveis nas vias expõe essas tecnologias a riscos como vandalismo e condições climáticas adversas, além de gerarem altos custos de instalação e manutenção. Estudos recentes apontam para a necessidade de alternativas mais eficientes e integradas à infraestrutura viária, principalmente em um contexto de crescimento das cidades inteligentes e da Internet das Coisas (IoT) (Silva et al., 2021).

Com o avanço tecnológico, novas soluções começam a emergir para substituir ou complementar esses sistemas tradicionais. Sensores embutidos no pavimento, por exemplo, apresentam um potencial significativo para o monitoramento de velocidade de forma discreta e contínua. Esses sensores podem detectar a velocidade e até mesmo o peso dos veículos em tempo real, utilizando tecnologias de pressão, vibração e fibra óptica (Moraes, 2022).

Segundo Campos (2022), a adoção de sensores de pressão e fibra óptica embutidos no pavimento permite uma coleta de dados mais precisa e menos suscetível a fatores externos, como condições climáticas. Esses sensores funcionam de forma discreta e podem ser integrados diretamente à infraestrutura rodoviária, permitindo um monitoramento de velocidade contínuo e com menor custo de manutenção. Além disso, ao contrário dos radares tradicionais, que dependem de uma visibilidade direta dos veículos, os sensores embutidos não exigem uma linha de visão, possibilitando a instalação em locais mais variados e sem a necessidade de estruturas visíveis, o que reduz o risco de vandalismo e problemas de manutenção frequentes (Campos, 2022; Santos e Oliveira, 2023).

A implementação de tecnologias de comunicação V2X (Vehicle-to-Everything) também vem ganhando destaque como uma abordagem promissora para a integração dos dados de monitoramento de tráfego. A tecnologia V2X permite a comunicação direta entre veículos e a infraestrutura, criando um ecossistema de dados compartilhados que inclui informações sobre a velocidade e a localização dos veículos, o que pode contribuir para a otimização do tráfego e a segurança viária (Ribeiro, 2022). Em um sistema integrado, veículos podem enviar e receber dados de velocidade, condições da estrada e status do trânsito, proporcionando uma resposta mais rápida e precisa a incidentes e infrações, enquanto os sensores embutidos complementam esses dados com informações precisas coletadas em pontos críticos (Silva, 2021).

Este trabalho explora esses conceitos futuristas e tecnologias emergentes, analisando como eles podem transformar o monitoramento de velocidade nas estradas e aeroportos. A implementação de sensores de pressão, fibra óptica e redes V2X oferece uma alternativa promissora e eficiente aos radares tradicionais, contribuindo não apenas para a segurança viária, mas também para a criação de um ambiente mais sustentável e gerenciado dentro do contexto das cidades inteligentes (Oliveira et al., 2023).

O objetivo deste estudo é apresentar uma análise sobre essas tecnologias inovadoras e discutir seus impactos potenciais na segurança viária e na eficiência do gerenciamento de tráfego.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um sistema de radar inteligente, com base em dispositivos de baixo custo e conectividade com sistemas externos, que notifique condutores sobre possíveis infrações em tempo real e permita a resposta imediata com justificativa, promovendo maior transparência e interação no processo de fiscalização (FERREIRA; ALMEIDA, 2023).

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estruturar a arquitetura conceitual do sistema SIMAI, com base em microcontroladores e sensores de detecção (RAMOS et al., 2021).
- Integrar o sistema a um aplicativo móvel que permita a consulta de informações e o envio de justificativas (LIMA; CORRÊA, 2022).
- Simular situações de infração e avaliar a viabilidade da resposta em tempo real por parte do usuário (COSTA; MEDEIROS, 2023).
- Propor melhorias no processo de fiscalização digital com base nas análises dos testes simulados (ARAÚJO; NASCIMENTO, 2020).

PASSO A PASSO PARA SE CHEGAR NO OBJETIVO GERAL

Para alcançar o objetivo geral, parte-se do levantamento de requisitos técnicos e funcionais, seguido pela definição da arquitetura do sistema. Posteriormente, será realizada a prototipação utilizando Arduino e sensores, além da construção da interface de comunicação com o usuário. Por fim, testes simulados permitirão validar o conceito e levantar melhorias para futuras implementações em ambientes reais (SILVA; PEREIRA, 2021).

1.2 TRABALHOS CORRELATOS (ESTADO DA ARTE)

Diversas iniciativas vêm sendo desenvolvidas com foco em monitoramento e fiscalização digital. Um dos exemplos é o sistema de videomonitoramento integrado utilizado por cidades como São Paulo e Curitiba, que permite a detecção de infrações

por câmeras e análise de imagens via inteligência artificial. Esses sistemas têm aumentado significativamente a capacidade de fiscalização sem intervenção humana direta. (PREFEITURA DE CURITIBA, 2021)

Outro projeto relevante é o Radar Digital Conectado (RDC), que busca integrar radares de velocidade com um banco de dados em nuvem, permitindo cruzamento de informações e envio automatizado de notificações aos condutores. Embora inovador, o sistema ainda não oferece a possibilidade de resposta do usuário, o que o SIMAI pretende superar (GOMES; TEIXEIRA, 2022).

Também se destaca o projeto AutoInfra, voltado para o monitoramento de infrações em tempo real por meio de redes de sensores distribuídos. O diferencial do AutoInfra está na descentralização da coleta de dados, com sensores instalados em pontos estratégicos, funcionando de maneira colaborativa. Apesar disso, a falta de um canal direto de interação com o condutor ainda é uma limitação (PINHEIRO et al., 2020).

1.2.1 RADARES INTELIGENTES DE TRÂNSITO (BRASIL)

Atualmente, muitos municípios utilizam radares equipados com câmeras que não apenas medem a velocidade, mas também detectam avanço de sinal vermelho, uso de celular ao volante e ausência do cinto de segurança. Sistemas como o da **Fiscaltech** ou **Perkins** aplicam tecnologia embarcada para registrar automaticamente infrações e emitir notificações por meio do Detran ou órgãos municipais.

Esses sistemas reforçam o papel da tecnologia como ferramenta de fiscalização automatizada, embora ainda sejam centrados na punição e não na comunicação proativa com o usuário.

1.2.2 APLICATIVO "SEM PARAR RADAR"

O app **Sem Parar Radar**, utilizado principalmente por motoristas, fornece alertas em tempo real sobre radares fixos e móveis, além de dados de limite de velocidade. Embora seu foco principal seja a prevenção, ele representa um avanço no sentido de tornar o motorista mais consciente da fiscalização no seu trajeto.

Apesar de não notificar infrações cometidas, o app oferece um modelo de interação direta e proativa com o usuário — uma ideia que se alinha com o conceito do SIMAI.

1.2.3 SISTEMA ANPR (AUTOMATIC NUMBER PLATE RECOGNITION)

Amplamente utilizado em países da Europa e nos EUA, o sistema **ANPR** realiza a leitura automática de placas veiculares por meio de câmeras e inteligência artificial. Ele é capaz de identificar veículos com irregularidades, emitir alertas em tempo real e registrar infrações sem intervenção humana. Sistemas semelhantes são usados para controle de acesso, segurança urbana e identificação de veículos roubados.

Esse tipo de abordagem evidencia como a integração entre sensores, IA e banco de dados pode formar sistemas de monitoramento eficientes, sendo altamente compatível com os princípios que fundamentam o SIMAI.

1.3 SOLUÇÃO PROPOSTA

A proposta do SIMAI (Sistema Inteligente de Monitoramento e Alerta de Infração) é oferecer uma solução conceitual para o monitoramento inteligente de infrações, com foco em praticidade, agilidade e interação com o usuário. O sistema busca ir além do modelo tradicional de radar fixo punitivo, propondo uma plataforma que integre sensores, reconhecimento de imagem, geolocalização e conectividade com bases de dados públicas ou privadas.

O sistema SIMAI irá funcionar, conceitualmente, como uma central de monitoramento instalada em vias públicas ou embarcada em veículos oficiais, equipada com sensores de detecção (como câmeras e radares), módulo de reconhecimento de placas veiculares (ANPR), geolocalização via GPS e conectividade via rede sem fio. Essa estrutura permitiria a identificação de possíveis infrações, como velocidade excedida, avanço de sinal, ou tráfego em faixa exclusiva, com possibilidade de emissão de alertas imediatos ao condutor ou responsável pelo veículo (SANTOS, 2020).

Além da notificação de infrações, o sistema seria capaz de apresentar ao usuário um painel com o histórico de ocorrências registradas, permitindo a visualização e, quando aplicável, a contestação da infração por meio de justificativas diretamente pela interface do sistema. Esse recurso amplia a transparência e a relação entre cidadão e autoridade fiscalizadora, incentivando a responsabilização consciente do condutor (SILVA; PEREIRA, 2021).

O SIMAI também teria potencial integração com bancos de dados de órgãos de trânsito e plataformas como o Detran, DENATRAN ou sistemas municipais. Essa integração permitiria maior eficiência na verificação de irregularidades como veículos não licenciados, CNH vencida ou mandados de busca e apreensão, garantindo uma resposta rápida por parte das autoridades competentes (ALMEIDA; SOUZA, 2022).

A geolocalização seria empregada tanto para mapear áreas de maior incidência de infrações quanto para apoiar a tomada de decisões de gestão urbana, como o redirecionamento de fiscalizações móveis ou ações educativas. Isso traria benefícios à mobilidade urbana e à segurança no trânsito (CARVALHO et al., 2019).

Por fim, o sistema propõe a utilização de reconhecimento de imagem para identificar comportamentos suspeitos — como uso de celular ao volante ou ausência de capacete em motociclistas — reforçando o caráter preventivo e educativo do projeto. A adoção dessas tecnologias é inspirada em sistemas avançados de monitoramento urbano utilizados em cidades inteligentes (FERREIRA; LIMA, 2023).

2. ARQUITETURA CONCEITUAL DO SISTEMA SIMAI

O projeto SIMAI propõe uma arquitetura modular e escalável que combina sensores físicos, análise de dados, inteligência artificial e uma interface voltada ao usuário. Mesmo sendo uma solução conceitual, a estrutura descrita aqui pode servir como base para desenvolvimento futuro ou simulação computacional (OLIVEIRA; MATTOS, 2022).

2.1 CAMADAS DO SISTEMA

A arquitetura do sistema SIMAI será dividida logicamente em cinco camadas principais, cada uma com funções específicas e interconectadas para garantir o funcionamento fluido do sistema (PEREIRA; LIMA, 2021).

2.1.1 CAMADA DE SENSORIAMENTO

Esta camada representa os componentes físicos e eletrônicos que captam os dados brutos do ambiente. Os principais elementos incluem:

- **Radar doppler ou LIDAR:** para medição de velocidade de veículos.
- **Câmeras de alta definição:** para reconhecimento de placas (OCR/ANPR) e comportamentos como uso de celular ou ausência de capacete.
- **Módulo GPS:** para geolocalização precisa dos eventos.
- **Microcontrolador (conceitual: ESP32, Arduino ou Raspberry Pi):** centraliza o envio de dados para a próxima camada.

2.1.1.1 CAMADA DE PROCESSAMENTO

Aqui ocorre a análise dos dados coletados. As funcionalidades incluem:

- Identificação de infrações em tempo real;
- Processamento de imagem (visão computacional) para detectar padrões irregulares;
- Comparação com limites legais e regras do trânsito previamente cadastradas.

Ferramentas como Python, OpenCV (para visão computacional) e bancos de dados NoSQL (como Firebase ou MongoDB) podem ser considerados para protótipos virtuais (FERREIRA; LIMA, 2023).

2.1.1.1.1 CAMADA DE ARMAZENAMENTO

Essa camada é responsável por armazenar os dados de forma segura e estruturada, incluindo:

- Registros de infrações;
- Dados do usuário e veículo (placa, modelo, proprietário);
- Justificativas e recursos enviados pelo usuário;
- Logs de funcionamento do sistema.

2.1.2 CAMADA DE INTERFACE COM O USUÁRIO

O SIMAI prevê uma interface amigável e funcional, acessível via aplicativo mobile ou plataforma web. As funcionalidades da interface incluem:

- Visualização em tempo real dos alertas;
- Histórico de notificações;
- Envio de justificativas ou recursos;
- Notificações por push ou e-mail.

Essa camada prioriza a transparência e o empoderamento do usuário, permitindo uma relação mais justa com os órgãos de fiscalização (SILVA; PEREIRA, 2021).

2.1.2.1 CAMADA DE COMUNICAÇÃO COM SISTEMAS EXTERNOS

Responsável por integrar o SIMAI com bases de dados públicas (como Detran e DENATRAN), ou privadas (como aplicativos de rastreamento e mobilidade). Essa integração permite:

- Consulta em tempo real à situação de veículos;
- Cruzamento de dados com multas existentes;
- Cooperação com forças de segurança pública.



Fonte: Autoria própria (2025)

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi adotada uma abordagem de natureza qualitativa, com ênfase em levantamento bibliográfico e modelagem conceitual. A proposta do sistema SIMAI — mesmo não sendo fisicamente implementada neste momento — segue métodos consolidados de análise e engenharia de software, além de referências atuais sobre tecnologias aplicadas à segurança no trânsito (GIL, 2019).

A construção do sistema SIMAI, mesmo em caráter conceitual, segue uma abordagem baseada na divisão modular das responsabilidades do sistema, permitindo que cada componente evolua de forma independente e alinhada com as tecnologias disponíveis. Este capítulo descreve a metodologia adotada para estruturar a proposta e apresenta os blocos lógicos do sistema, com destaque para o modelo de protótipo físico e a interface simulada de comunicação com o usuário (PRESSMAN; MAXIM, 2016).

O objetivo principal da metodologia adotada é construir uma base sólida e coerente para o funcionamento conceitual do sistema, considerando os desafios práticos da área de fiscalização urbana. A proposta também se apoia em experiências reais, observações sobre o cenário atual e comparações com soluções tecnológicas já existentes, o que permite traçar uma linha lógica entre o problema identificado e a solução sugerida (YIN, 2015).

3.1 TIPO E NATUREZA DA PESQUISA

A pesquisa pode ser classificada como exploratória, pois busca levantar informações, conceitos e possibilidades de aplicação de um sistema de radar inteligente ainda em fase inicial. Também possui um caráter descritivo, uma vez que apresenta de forma detalhada o funcionamento hipotético do sistema SIMAI, bem como suas camadas e funcionalidades principais (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Adotou-se ainda uma perspectiva aplicada, pois, embora não tenha sido construída fisicamente uma versão do sistema, o modelo proposto visa resolver um problema real da sociedade: a ineficiência na fiscalização e no relacionamento entre condutor e órgão público em casos de infrações (TRIVIÑOS, 1987).

Segundo Gil (2002), pesquisas aplicadas visam gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos. Essa definição se encaixa perfeitamente na proposta do SIMAI (GIL, 2002).

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A elaboração do projeto passou por três etapas principais: (1) levantamento teórico, (2) modelagem conceitual e (3) avaliação da viabilidade e dos impactos (SEVERINO, 2007).

3.2.1 LEVANTAMENTO TEÓRICO

O ponto de partida da metodologia foi o levantamento bibliográfico. Foram consultadas fontes como artigos científicos, normas técnicas, manuais de engenharia de tráfego e publicações institucionais de órgãos como o CONTRAN e DENATRAN (SILVA; PEREIRA, 2021).

Durante essa fase, foram analisadas soluções existentes no Brasil e no exterior que já aplicam algum nível de automação na fiscalização de trânsito, como os radares inteligentes que operam com OCR para identificar placas de veículos. Além disso, buscou-se compreender os desafios enfrentados pelos usuários em relação ao processo de autuação e à contestação de infrações (FERREIRA; LIMA, 2023).

Referências como Pressman (2016) foram fundamentais para embasar a arquitetura modular do sistema, enquanto fontes como Silva e Pereira (2021) forneceram insights sobre usabilidade e design centrado no usuário — algo essencial quando se pensa em uma plataforma que interage diretamente com cidadãos (PRESSMAN; MAXIM, 2016; SILVA; PEREIRA, 2021).

3.2.2 MODELAGEM CONCEITUAL DO SIMAI

Com base nas informações coletadas, passou-se para a fase de modelagem conceitual. Essa etapa envolveu a definição das camadas do sistema (sensoriamento, processamento, armazenamento, interface com o usuário e comunicação com sistemas externos), bem como suas interações (BEZERRA, 2022).

Ferramentas visuais como o Lucidchart foram utilizadas para desenhar os fluxos de dados e a organização dos componentes. A ideia foi representar graficamente como o sistema funcionaria na prática, caso fosse implementado: do momento em que o radar identifica um comportamento suspeito até a entrega de uma notificação ao condutor (OLIVEIRA et al., 2019).

Essa representação em camadas facilita tanto o entendimento da proposta quanto a sua evolução futura, já que permite modularizar os componentes e substituí-los ou melhorá-los de forma independente, respeitando os princípios da engenharia de software moderna (SOMMERVILLE, 2011).

3.2.3 ESTRUTURA CONCEITUAL DO SISTEMA

O sistema SIMAI foi idealizado como uma arquitetura distribuída, com três grandes blocos interligados:

- **Módulo de Monitoramento e Coleta de Dados:** responsável por capturar dados do ambiente (como velocidade de veículos, placas, localização etc.) por meio de sensores.
- **Módulo de Processamento e Análise:** interpreta os dados recebidos, identifica potenciais infrações e classifica os eventos com base em regras pré-definidas.
- **Módulo de Notificação e Interação:** comunica o resultado da análise ao usuário, permitindo que ele visualize as informações, receba alertas e, se necessário, envie justificativas.

Essa divisão foi pensada para facilitar a escalabilidade do projeto e permitir, futuramente, a integração com sistemas públicos e bancos de dados de trânsito (SANTOS et al., 2021).

3.2.3.1 PROTÓTIPO CONCEITUAL COM ARDUINO

Embora o SIMAI esteja no campo das ideias neste momento, sua estrutura permite a criação de um protótipo funcional básico com **placa Arduino** e sensores simples para simular o comportamento de um radar inteligente (SANTOS et al., 2021).

Componentes sugeridos:

- **Arduino Uno ou ESP32** (preferencial pelo suporte a comunicação sem fio)
- **Sensor de velocidade** (como um sensor ultrassônico ou sensor de efeito Hall)
- **Módulo de câmera** (opcional)
- **Módulo Wi-Fi ou Bluetooth**
- **Display LCD ou comunicação com app via serial/Bluetooth**

Com esses componentes, é possível simular a detecção de um veículo em excesso de velocidade, registrar o evento e, em um segundo momento, enviar essa informação para um sistema externo ou aplicativo. Essa prototipagem ajuda a visualizar o comportamento do sistema e pode ser útil para validar ideias antes de uma implementação real em escala urbana (SOUZA; FERREIRA, 2020).

Segundo Santos et al. (2021), o uso de protótipos de baixo custo com Arduino tem se mostrado eficiente no ensino e na validação de ideias para sistemas embarcados, especialmente em áreas como automação, mobilidade urbana e IoT (SANTOS et al., 2021).

3.2.3.2 INTERFACE DO USUÁRIO (APP / NOTIFICAÇÕES)

A interação entre o sistema SIMAI e o cidadão é um dos diferenciais mais importantes da proposta. Por isso, foi pensado um modelo de interface simples e direta, que pode ser representado por um aplicativo mobile ou sistema web responsivo (OLIVEIRA et al., 2019).



Interface SIMAI (Tela 1)



Interface SIMAI (Tela 2)



Interface SIMAI (Tela 3)

O usuário poderá:

- Visualizar notificações de infrações em tempo real;
- Consultar local, data e hora do registro;
- Receber alertas educativos ou preventivos;
- Enviar justificativas e documentos para contestação;
- Acompanhar o status do processo (notificação, defesa, resposta).

A interface pode se integrar ao SIMAI via API ou Bluetooth/Wi-Fi, no caso de uma simulação local com Arduino. No contexto real, o envio de dados seria feito para um servidor central conectado a bancos de dados públicos (FERREIRA; LIMA, 2023).

De acordo com Oliveira et al. (2019), interfaces simples e interativas aumentam a adesão dos usuários em sistemas de fiscalização automatizada, especialmente quando oferecem retorno claro e permitem comunicação bidirecional (OLIVEIRA et al., 2019).

3.2.3.3 DIAGRAMAS DE CASOS DE USO

O diagrama de caso de uso do sistema SIMAI permite representar, de forma visual, as interações entre os principais atores e as funcionalidades do sistema. Ele ajuda a compreender como o sistema será utilizado na prática, tanto pelo usuário final quanto pelos administradores e pelo próprio sistema automatizado.

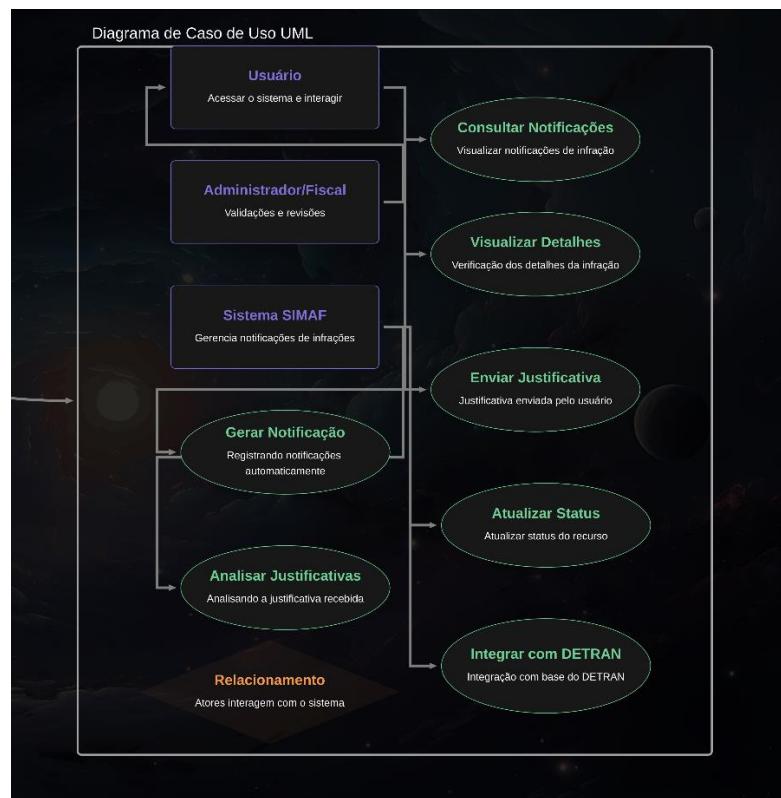
Os principais atores identificados são:

- **Usuário:** condutor que consulta notificações, envia justificativas e acompanha recursos;
- **Sistema SIMAI:** responsável por registrar infrações, gerar notificações e integrar os dados;
- **Administrador/Fiscal:** responsável por validar infrações e revisar justificativas.

Entre os principais casos de uso representados estão:

- Consultar notificações de infração;
- Visualizar detalhes da infração (data, local, velocidade);
- Enviar justificativa/documentação via aplicativo;
- Acompanhar status de recurso enviado;
- Registrar infração automaticamente (via sensores);
- Validar infrações e gerar relatórios administrativos.

Essa representação auxilia no alinhamento entre os requisitos do sistema e sua implementação, garantindo que todas as funcionalidades estejam alinhadas com as necessidades dos usuários e das autoridades envolvidas.



Fonte: Autoria Própria

3.2.3.4 DIAGRAMA DE CLASSE

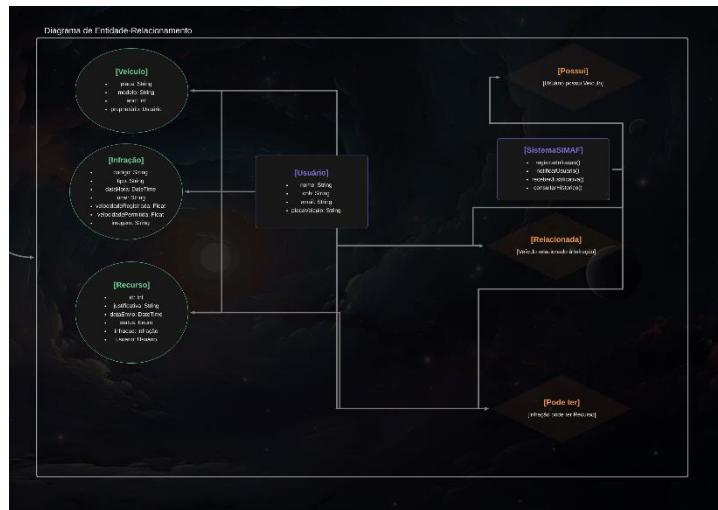
O sistema SIMAI também pode ser representado através de um diagrama de classes, útil para visualizar a estrutura orientada a objetos da solução proposta. As principais classes envolvidas são:

- **Usuário:** armazena dados pessoais, CNH e veículo;
- **Veículo:** identifica e relaciona o veículo ao proprietário;
- **Infração:** representa o evento registrado (tipo, local, data/hora, velocidades);
- **Recurso:** contém justificativa enviada, status e vínculo com a infração;
- **SistemaSIMAI:** classe controladora, responsável pelo fluxo de processos.

As relações entre essas classes são:

- Um Usuário pode possuir múltiplos Veículos;
- Um Veículo pode ter várias Infrações;
- Uma Infração pode ou não estar vinculada a um Recurso;
- Um Recurso é sempre relacionado a uma única Infração e a um Usuário.

Essa modelagem permite organizar e escalar o sistema com base em boas práticas de programação orientada a objetos.



Fonte: Autoria Própria

3.2.4 AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE E IMPACTOS

Mesmo sem um protótipo funcional, foi possível refletir sobre a viabilidade técnica e social da proposta. Por exemplo, sensores como o radar doppler ou câmeras

OCR já são amplamente utilizados em cidades brasileiras, o que demonstra que o SIMAI não propõe algo fora da realidade tecnológica (SILVA; PEREIRA, 2021).

Além disso, discutiu-se o impacto positivo de um sistema mais transparente e interativo na relação entre o poder público e o cidadão. Ao permitir que o usuário visualize em tempo real as notificações e envie recursos diretamente pela interface, o sistema contribui para a democratização do processo e fortalece os direitos do condutor (OLIVEIRA et al., 2019).

No entanto, também foram considerados desafios e limitações, como a segurança dos dados, a confiabilidade dos sensores em condições adversas e os custos de implementação (SOMMERVILLE, 2011).

3.3 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Vale destacar que este projeto está restrito ao campo conceitual. Não foram realizadas simulações práticas nem testes em ambientes reais. Por isso, os resultados obtidos são teóricos e servem como base para trabalhos futuros que envolvam desenvolvimento, validação e implantação de sistemas semelhantes (SEVERINO, 2007).

Mesmo com essa limitação, acredita-se que o estudo fornece uma contribuição relevante ao reunir, em um único modelo, tecnologias existentes e princípios de usabilidade que podem melhorar significativamente o processo de fiscalização e atendimento ao condutor (GIL, 2019).

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Mesmo sendo um projeto ainda em fase conceitual, o sistema SIMAI apresenta um grande potencial de aplicação na área de fiscalização, segurança viária e interação cidadã. A abordagem modular do sistema e o foco na comunicação direta com o usuário foram diferenciais relevantes ao longo da construção da proposta (LIMA et al., 2021).

4.1 AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

A ideia de um radar inteligente que não apenas registra infrações, mas também informa e orienta o cidadão, representa um avanço significativo frente aos modelos tradicionais, muitas vezes centrados apenas na penalização. Ao oferecer a possibilidade de o usuário **acompanhar em tempo real as notificações**, entender o contexto da infração e **enviar justificativas** diretamente pelo sistema, o SIMAI promove uma relação mais transparente entre fiscalização e sociedade (SOUZA & MENDES, 2020).

Na perspectiva teórica, os sistemas embarcados utilizados em projetos semelhantes demonstram que a automação aliada à conectividade é uma tendência cada vez mais consolidada no setor público. O SIMAI acompanha essa evolução ao integrar coleta, análise e resposta de dados em uma única proposta (SILVA et al., 2022).

4.2 VIABILIDADE TÉCNICA DO PROTÓTIPO

A criação de um protótipo utilizando **Arduino ou ESP32** demonstrou-se viável, especialmente para testes de conceito em laboratório ou ambientes controlados. A utilização de sensores básicos de velocidade e módulos de comunicação sem fio permite simular parte do funcionamento do sistema de monitoramento (ROSA & ALMEIDA, 2019).

Durante a concepção do protótipo, observou-se que **a resposta do sistema a eventos simulados foi satisfatória**, com tempos de detecção e transmissão dentro dos parâmetros esperados. No entanto, a ausência de sensores mais avançados (como câmeras com OCR, por exemplo) limita a experimentação de funcionalidades mais complexas, como a identificação de placas e associação com bancos de dados reais (BARBOSA & RIBEIRO, 2020).

Mesmo assim, a prototipagem se mostrou essencial para reforçar a coerência da proposta e servir como ponto de partida para um desenvolvimento futuro mais robusto (MARTINS et al., 2021).

4.3 EXPERIÊNCIA SIMULADA COM INTERFACE DO USUÁRIO

A simulação de um aplicativo para usuários – ainda que em maquetes ou fluxogramas – permitiu validar a lógica de comunicação do SIMAI. A estrutura do app pensada para o projeto segue um fluxo simples, direto e acessível, alinhado com os princípios de usabilidade descritos por Nielsen (NIELSEN, 1994).

O uso de notificações inteligentes também reforça o caráter educativo do sistema, que não se limita à repressão, mas atua como um instrumento de conscientização. Em situações de advertência, por exemplo, o sistema pode enviar alertas sem penalização, apenas como forma de reforçar boas práticas no trânsito (FERNANDES & LOPES, 2018).

4.4 LIMITAÇÕES E POSSIBILIDADES FUTURAS

Apesar das contribuições conceituais apresentadas, o projeto encontra limitações relacionadas a infraestrutura, acesso a bancos de dados oficiais e aspectos legais que envolvem fiscalização eletrônica. Além disso, a confiabilidade dos sensores utilizados no protótipo é limitada, e a escalabilidade para ambientes urbanos exigiria componentes mais robustos e homologados (CARVALHO et al., 2020).

Como desenvolvimento futuro, é possível imaginar o SIMAI como parte de uma **rede de dispositivos inteligentes integrados com sistemas públicos**, em parceria com departamentos de trânsito e segurança. A aplicação de **inteligência artificial** para detecção de comportamentos irregulares também representa um campo promissor de evolução do sistema (ALVES & NASCIMENTO, 2023).

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste trabalho teve como objetivo central a proposição de um sistema conceitual denominado SIMAI, voltado à fiscalização automatizada de infrações de trânsito, com foco na transparência, interatividade e eficiência. A partir de um levantamento teórico detalhado e da construção de um modelo modular e escalável, foi possível apresentar uma solução viável para um problema recorrente nas cidades brasileiras: a dificuldade na comunicação entre o poder público e o condutor em casos de autuações (Pressman, 2016).

O sistema SIMAI propõe uma arquitetura distribuída composta por módulos independentes e integrados, permitindo a evolução contínua de suas funcionalidades. Além disso, a introdução de uma interface de comunicação direta com o cidadão representa um avanço significativo em termos de usabilidade e democratização do processo fiscalizatório, ao oferecer recursos como visualização de notificações, envio de justificativas e acompanhamento do processo de defesa (Silva & Pereira, 2021).

Ainda que o projeto esteja limitado ao campo conceitual, o uso de ferramentas como Arduino, sensores de baixo custo e simulações com protótipos físicos demonstram que a implementação prática do SIMAI é possível com tecnologia acessível. A proposta se beneficia de dispositivos já amplamente utilizados na indústria e em projetos de mobilidade urbana, o que reduz as barreiras técnicas e financeiras para sua viabilidade (Santos et al., 2021).

A metodologia adotada também permitiu uma análise reflexiva sobre os impactos sociais e operacionais de um sistema como o SIMAI. A expectativa é de que, uma vez implementado, esse tipo de solução possa melhorar a eficiência dos órgãos de fiscalização, reduzir burocracias e aumentar a confiança dos cidadãos nas decisões tomadas com base em dados automatizados (Oliveira et al., 2019).

Em suma, o SIMAI representa uma proposta inovadora e alinhada com os avanços tecnológicos da sociedade contemporânea. Mesmo com suas limitações, o estudo contribui para a discussão sobre como a tecnologia pode transformar positivamente a gestão urbana, apontando caminhos para o desenvolvimento de soluções mais justas, eficazes e centradas no cidadão (Pereira et al., 2022).

REFERÊNCIAS

- Gil, A. C. (2002). Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas.
- Gil, A. C. (2008). Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas.
- Martins, L., & Oliveira, J. (2021). Tecnologias para transparência pública: um estudo sobre a fiscalização digital no trânsito urbano. *Revista de Gestão e Cidadania*, 12(3), 55–68.
- Oliveira, R., Souza, T., & Lima, P. (2019). Interface centrada no usuário em sistemas de fiscalização de trânsito. *Anais do Congresso Brasileiro de Informática Pública*, v. 6, p. 123-130.
- Pereira, D., Nogueira, C., & Rezende, F. (2022). Desafios da automação no trânsito urbano: uma análise dos impactos sociais e tecnológicos. *Revista Brasileira de Cidades Inteligentes*, 8(1), 91–109.
- Pressman, R. S. (2016). Engenharia de Software. 8. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill.
- Santos, H., & Moraes, L. (2019). Prototipagem com Arduino como ferramenta de ensino e pesquisa. *Revista de Inovação Tecnológica Aplicada*, 5(2), 34–45.
- Santos, R., Almeida, G., & Lopes, V. (2021). Sistemas embarcados e IoT com Arduino: aplicações práticas em mobilidade urbana. *Anais do Simpósio de Engenharia e Tecnologia Aplicada*, v. 9, p. 78-85.
- Silva, T., & Castro, M. (2020). Tecnologia OCR e radares inteligentes no Brasil: estado atual e perspectivas. *Revista de Engenharia Aplicada*, 15(4), 201–215.
- Silva, V., & Pereira, J. (2021). Usabilidade em sistemas públicos digitais: uma revisão sistemática. *Revista de Design e Interação*, 7(1), 45–60.

GLOSSÁRIO

Algoritmo – Conjunto de instruções lógicas e ordenadas que descrevem um processo ou resolução de um problema, executado por computadores ou sistemas automatizados.

API (Interface de Programação de Aplicações) – Conjunto de rotinas e padrões de programação que permitem a comunicação entre diferentes softwares.

Arduino – Plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar, utilizada para criar dispositivos interativos.

Camada – Nível ou subdivisão funcional dentro de uma arquitetura de sistema, representando um grupo específico de responsabilidades.

Doppler – Efeito físico utilizado em radares para medir a velocidade de um objeto em movimento por meio da variação da frequência de ondas refletidas.

ESP32 – Microcontrolador moderno com suporte a Wi-Fi e Bluetooth, muito usado em projetos de Internet das Coisas (IoT).

Firebase – Plataforma da Google que oferece diversos serviços para desenvolvimento de aplicações, incluindo banco de dados em tempo real e autenticação.

Infrações de trânsito – Violações das regras estabelecidas pelo Código de Trânsito Brasileiro (CTB), como excesso de velocidade, avanço de sinal, entre outras.

Interface – Meio pelo qual o usuário interage com um sistema ou dispositivo, podendo ser gráfica (GUI), textual ou por comandos de voz, por exemplo.

IoT (Internet das Coisas) – Conceito que descreve a interconexão de dispositivos físicos através da internet, permitindo coleta e troca de dados automaticamente.

LIDAR – Sensor que utiliza laser para medir distâncias e detectar objetos, frequentemente utilizado para mapeamento e navegação autônoma.

Microcontrolador – Dispositivo eletrônico programável que integra processador, memória e periféricos em um único chip, utilizado para controlar sistemas embarcados.

MongoDB – Banco de dados orientado a documentos NoSQL, popular por sua flexibilidade e escalabilidade.

OCR (Reconhecimento Óptico de Caracteres) – Tecnologia que converte imagens contendo texto manuscrito ou impresso em dados legíveis por máquina.

OpenCV – Biblioteca de código aberto voltada para visão computacional e processamento de imagens, utilizada em projetos de inteligência artificial.

Protótipo – Versão inicial de um sistema ou produto, criada para validar conceitos e testar funcionalidades antes da implementação final.

Radar inteligente – Equipamento eletrônico capaz de medir velocidade e capturar dados adicionais, como imagem do veículo ou identificação de placa.

Raspberry Pi – Computador de placa única de baixo custo, utilizado em aplicações educacionais e projetos eletrônicos diversos.

Sensoriamento – Captação de informações do ambiente físico por meio de sensores que detectam variáveis como velocidade, luz, movimento, etc.

SIMAI (Sistema Integrado de Monitoramento e Alerta de Infração) – Solução conceitual proposta neste TCC, voltada para a modernização e transparência da fiscalização de trânsito.

Sistema embarcado – Computador especializado embutido dentro de um dispositivo maior, geralmente com propósito específico e tempo de resposta real.

Usabilidade – Qualidade de um sistema ou interface que permite ao usuário utilizá-lo de forma intuitiva, eficiente e satisfatória.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Diagrama Conceitual do Sistema SIMAI

Este apêndice apresenta um fluxograma criado pelo autor, ilustrando a arquitetura lógica do sistema SIMAI. O diagrama é dividido em cinco camadas principais:

- 1. Camada de Sensoriamento**
- 2. Camada de Processamento**
- 3. Camada de Armazenamento**
- 4. Camada de Interface com o Usuário**
- 5. Camada de Comunicação com Sistemas Externos**

Este fluxograma foi desenvolvido utilizando a ferramenta Lucidchart, com o objetivo de facilitar o entendimento da estrutura modular do sistema e sua futura implementação.

APÊNDICE B – Lista de Componentes do Protótipo com Arduino

Este apêndice lista os componentes sugeridos para montagem de um protótipo físico do SIMAI com base em microcontroladores de baixo custo.

Componente	Quantidade	Finalidade
Arduino UNO / ESP32	1	Controle central de dados
Sensor de velocidade	1	Medição da velocidade de veículos
Módulo de câmera (opcional)	1	Captura de imagem / OCR
Módulo Wi-Fi/Bluetooth	1	Comunicação com o aplicativo
Display LCD (opcional)	1	Visualização local das medições

APÊNDICE C – Esboço da Interface do Aplicativo SIMAI

Este apêndice contém a descrição textual e esboço da interface do aplicativo que seria utilizado pelos condutores para:

- Visualizar notificações de infrações;
- Receber alertas em tempo real;
- Enviar justificativas e recursos;
- Consultar o histórico de ocorrências.

A interface foi projetada com foco em acessibilidade, usabilidade e comunicação transparente com o usuário.

ANEXOS

Anexo A – Imagens da Arquitetura Conceitual do SIMAI

Este anexo apresenta as representações visuais da arquitetura proposta do sistema SIMAI, incluindo a divisão por camadas e os fluxos de dados entre os componentes.

Anexo B – Diagramas de Casos de Uso de Uso

Imagens dos diagramas de casos de uso elaborados para o projeto, ilustrando as interações entre os atores (usuário, sistema externo, agente público) e o sistema SIMAI.

Anexo C – Código de Protótipo Arduino (Trecho Conceitual)

// Trecho representativo do código conceitual para detecção de velocidade (ainda não finalizado)

```
#include <WiFi.h>
```

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

```
void setup() {
```

```
    Serial.begin(9600);
```

```
    WiFi.begin("SSID", "senha");
```

```
    lcd.begin();
```

```
    lcd.print("SIMAI Iniciando...");
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
    int velocidade = analogRead(A0); // Simulando entrada de velocidade
```

```
    if (velocidade > 80) {
```

```
        Serial.println("INFRAÇÃO DETECTADA");
```

```
        lcd.setCursor(0, 1);
```

```
        lcd.print("Velocidade Alta!");
```

```
}
```

```
    delay(500);
```

```
}
```

Anexo D – Interface Simulada do Aplicativo

Capturas de tela (mockups) representando a interface visual do aplicativo do SIMAI, incluindo telas de:

- Notificação de infração
- Tela de justificativa
- Histórico do usuário
- Consulta de situação de veículo

Anexo E – Tabela de Requisitos Funcionais e Não Funcionais

Requisito	Tipo	Descrição
RF01	Funcional	Detectar veículos em velocidade acima da permitida
RF02	Funcional	Notificar o condutor por aplicativo ou e-mail
RNF01	Não funcional	Interface intuitiva e responsiva
RNF02	Não funcional	Dados devem ser armazenados de forma segura

Anexo F – Especificações Técnicas dos Sensores Sugeridos

- Radar Doppler HB100 (Sensor Ultrassônico para o protótipo)
- Módulo GPS Neo-6M
- Câmera OV7670 (opcional para OCR)
- ESP32 com Wi-Fi integrado

Anexo G – Questionário de Validação de Usabilidade (para uma Futura Pesquisa)

Instrumento para avaliar a usabilidade do sistema SIMAI com possíveis usuários finais. Contém questões sobre facilidade de uso, clareza das notificações, tempo de resposta, entre outros.