



INSTITUTO DE INFORMÁTICA

PADRÕES DE ARQUITETURA DE  
SOFTWARE

**LEONARDO RIBEIRO**

**GABRIEL BORGES**

**GABRIEL MESQUITA**

**FILIPPE DUARTE**

## Objetivo do Sistema

O RoadBox apresenta-se como uma solução tecnológica avançada destinada a promover melhorias significativas na segurança viária e na eficiência do tráfego. O sistema destaca-se por sua capacidade de detecção em tempo real de acidentes de trânsito, utilizando uma combinação de dispositivos móveis, câmeras inteligentes e infraestrutura baseada em nuvem. Essa abordagem integrada permite o monitoramento contínuo, a identificação precisa e a validação ágil de incidentes no trânsito, favorecendo uma resposta imediata por parte das autoridades de segurança e trânsito.

O principal objetivo do sistema é possibilitar a detecção e validação de acidentes de forma eficiente e em tempo real. A identificação precisa dos incidentes é viabilizada por meio da sinergia entre tecnologias avançadas, como câmeras equipadas com algoritmos de visão computacional, dispositivos móveis que capturam dados contextuais e uma infraestrutura em nuvem que centraliza e processa as informações. Essa arquitetura tecnológica assegura que os dados coletados sejam analisados de maneira rápida e precisa, permitindo que informações críticas sejam disponibilizadas em tempo hábil para os responsáveis pela gestão do tráfego.

Além disso, o RoadBox busca elevar os padrões de segurança viária por meio da integração de tecnologias modernas e altamente conectadas. A aplicação de câmeras inteligentes e sensores móveis permite uma vigilância contínua e abrangente, enquanto a tecnologia em nuvem atua como um elemento centralizador, garantindo que os dados sejam acessíveis de forma confiável. Essa integração resulta na criação de um ecossistema de monitoramento inteligente, que não apenas detecta incidentes, mas também oferece suporte à análise preditiva e à prevenção de riscos.

Por fim, o sistema enfatiza a necessidade de uma tomada de decisão rápida e informada. A disponibilização de informações em tempo real para as autoridades de trânsito é um dos pilares do RoadBox, permitindo que ações corretivas sejam implementadas prontamente. Esse aspecto é particularmente relevante em contextos de alta densidade de tráfego, onde a agilidade na gestão de incidentes pode minimizar impactos, evitar congestionamentos e preservar vidas. Dessa forma, o RoadBox posiciona-se como uma ferramenta indispensável para a modernização e a eficiência da gestão viária.

---

## Stakeholders e Preocupações

Os stakeholders envolvidos no sistema RoadBox são diversos e possuem preocupações específicas que orientam tanto o desenvolvimento quanto a implementação da solução. Esses grupos têm expectativas distintas que convergem para o objetivo comum de melhorar a segurança e a eficiência do trânsito. Abaixo, são detalhados os stakeholders principais e suas necessidades específicas:

- **Motoristas e Agentes de Trânsito:** Este grupo está diretamente envolvido nas operações diárias de trânsito e é fortemente impactado pela eficiência do sistema. Para eles, a principal necessidade é a existência de uma plataforma ágil e confiável que permita a detecção e o reporte em tempo real de acidentes de trânsito. Motoristas se beneficiam ao obter informações sobre incidentes próximos, permitindo rotas alternativas e maior segurança. Já os agentes de trânsito necessitam de dados precisos e rápidos para agir de maneira eficaz, evitando agravamentos e otimizando a gestão local.
  - **Supervisores de Trânsito:** Responsáveis por analisar e gerenciar as operações de trânsito em uma perspectiva estratégica, os supervisores precisam de acesso a relatórios históricos e análises de desempenho. Esses dados auxiliam na avaliação da eficácia das políticas e intervenções realizadas, permitindo a identificação de padrões que contribuem para acidentes. Com base nessas análises, os supervisores podem propor melhorias e ajustar os processos para reduzir riscos futuros.
  - **Gestão Municipal:** A gestão pública municipal desempenha um papel central na administração do sistema viário e no investimento em tecnologias que otimizem o tráfego urbano. Para este stakeholder, o RoadBox é uma ferramenta estratégica que contribui para atingir objetivos amplos, como a redução de congestionamentos, o aumento da segurança viária e a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos. Além disso, a gestão municipal busca dados robustos que justifiquem políticas públicas e investimentos na infraestrutura de transporte.
  - **Cidadãos em Geral:** Os cidadãos, enquanto usuários passivos do sistema viário, esperam benefícios diretos e indiretos com a implementação do RoadBox Ubíquo. Suas principais expectativas incluem um trânsito mais seguro, com redução de acidentes, e uma diminuição significativa nos congestionamentos. O impacto positivo na fluidez do tráfego e na segurança contribui para a percepção de uma gestão urbana eficiente e responsável, atendendo às demandas da sociedade por qualidade de vida e mobilidade sustentável.
-

## Visão Arquitetural

A arquitetura do sistema RoadBox foi concebida de forma modular, utilizando uma estrutura de três camadas principais, cada uma com responsabilidades bem definidas. Essa abordagem visa garantir a eficiência, robustez e escalabilidade do sistema, além de oferecer flexibilidade para integrações futuras e uma interação otimizada para os usuários. A divisão em camadas foi escolhida por diversos motivos, e cada camada desempenha um papel crucial na arquitetura global do sistema.

A arquitetura modular apresenta diversos benefícios que contribuem para o aprimoramento da eficiência, robustez e escalabilidade do sistema como um todo. A divisão do sistema em três camadas principais, que interagem de maneira coesa, permite que cada módulo seja desenvolvido, testado e otimizado independentemente, facilitando a manutenção e a evolução contínua do sistema. Este modelo modular também proporciona flexibilidade na integração de novos dispositivos e componentes, uma vez que cada módulo pode ser adaptado ou substituído sem impactar significativamente as demais partes do sistema. Além disso, a modularidade possibilita a distribuição de responsabilidades entre as camadas de forma mais clara, o que facilita o gerenciamento de dados e processos, garantindo que o sistema seja mais organizado e resiliente a falhas. Essa arquitetura também torna o sistema mais escalável, permitindo que novas funcionalidades sejam adicionadas ou que a capacidade de processamento seja expandida conforme necessário, sem a necessidade de grandes reformulações na infraestrutura existente.

### Camada de Dispositivos IoT

A camada de dispositivos IoT (Internet das Coisas) é responsável pela coleta dos dados brutos que serão processados pelas camadas subsequentes. Esta camada é composta por dispositivos sensores que capturam informações em tempo real, como câmeras inteligentes, sensores de movimento, dispositivos móveis dos motoristas e outros dispositivos de monitoramento.

A escolha de câmeras inteligentes e dispositivos móveis se dá pela necessidade de capturar dados em tempo real, permitindo a identificação de incidentes e movimentações de forma imediata. As câmeras inteligentes, equipadas com sensores de movimento, podem identificar situações críticas, como acidentes ou congestionamentos, e enviar essas informações instantaneamente para as camadas superiores do sistema. Dispositivos móveis dos motoristas garantem a comunicação direta entre os agentes de trânsito e o sistema, permitindo que o fluxo de dados seja contínuo e em tempo real.

- **Câmeras inteligentes:** Capturam dados de movimento e transmitem informações sobre possíveis incidentes ou obstruções nas vias.
- **Dispositivos móveis dos motoristas:** Fornecem informações adicionais sobre o tráfego, localização dos motoristas e condições da via, permitindo a interação com o sistema.

### Camada de Processamento

A camada de processamento é a responsável por analisar os dados coletados, validar as informações, identificar incidentes e otimizar as rotas para os agentes de trânsito. Ela processa em tempo real os dados capturados pela camada de dispositivos IoT e gera relatórios e análises que podem ser utilizados para a tomada de decisões rápidas.

O uso de algoritmos de otimização de rotas e processamento em tempo real nesta camada é fundamental para garantir que o sistema seja responsivo e eficaz, especialmente em situações de emergência, como acidentes de trânsito. A escolha de realizar o processamento de dados em tempo real assegura que os agentes de trânsito recebam informações atualizadas, permitindo uma resposta ágil e uma gestão eficiente do tráfego. Além disso, a integração de analytics de dados possibilita uma visão aprofundada do desempenho do sistema e da dinâmica do tráfego, proporcionando insights valiosos para os gestores e agentes de trânsito.

- **Algoritmos de otimização de rotas:** São responsáveis por calcular e sugerir as rotas mais eficientes para os agentes de trânsito, considerando as condições de tráfego e os incidentes em tempo real.
- **Processamento em tempo real:** Garante que os dados sejam analisados e processados de forma imediata, proporcionando uma resposta rápida e precisa a eventos como acidentes ou congestionamentos.
- **Analytics de dados:** Ferramentas que permitem a análise dos dados coletados para identificar padrões de tráfego e incidentes, bem como para gerar relatórios e métricas de desempenho do sistema.

### **Camada de Aplicação**

A camada de aplicação serve como a interface entre o sistema e os usuários finais, permitindo que os agentes de trânsito e os supervisores interajam com o sistema e tomem decisões baseadas nas informações fornecidas pelas camadas anteriores. Essa camada oferece funcionalidades de monitoramento, visualização de rotas otimizadas e gestão de incidentes, por meio de interfaces móveis e web.

A escolha de um aplicativo móvel para os agentes de trânsito e um portal web para os supervisores permite que os usuários acessem o sistema de acordo com suas necessidades e contextos de uso. O aplicativo móvel proporciona uma interface prática e acessível para os agentes de trânsito em campo, enquanto o portal web permite aos supervisores ter uma visão abrangente e detalhada do desempenho do sistema e das operações. A separação dessas interfaces é uma escolha arquitetural que visa garantir a flexibilidade e a adequação do sistema para diferentes tipos de usuários.

- **Aplicativo móvel para agentes de trânsito:** Permite aos agentes interagir diretamente com o sistema, visualizar as rotas otimizadas e gerenciar situações de tráfego em tempo real.
  - **Portal web para supervisores:** Fornece aos supervisores uma visão geral do sistema, incluindo relatórios, estatísticas e informações detalhadas sobre incidentes e performance das rotas.
-

## Comunicação entre as Camadas

A estruturação da comunicação entre as camadas do sistema será abordada por meio de três principais tecnologias: MQTT, APIs REST e WebSockets. A seguir, será detalhada a razão pela qual cada uma dessas tecnologias foi escolhida, como serão implementadas na arquitetura do sistema e como se relacionam entre as camadas.

### **MQTT para Comunicação Leve entre Sensores e Sistema de Processamento**

O MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) é um protocolo de comunicação leve, orientado a mensagens, utilizado para troca de dados entre dispositivos com recursos limitados, como sensores. A escolha do MQTT para a comunicação entre os sensores e o sistema de processamento está fundamentada em sua baixa sobrecarga, que o torna ideal para cenários com dispositivos IoT (Internet das Coisas). Esse protocolo utiliza o modelo publish/subscribe, onde os sensores publicam dados (como temperatura, umidade, localização, entre outros) em tópicos específicos, enquanto o sistema de processamento se inscreve nesses tópicos para receber as informações em tempo real.

- **Leveza e Eficiência:** O MQTT utiliza cabeçalhos de mensagem pequenos, o que reduz o consumo de largura de banda e é adequado para dispositivos com capacidade de processamento limitada.
- **Escalabilidade:** O modelo publish/subscribe permite que o sistema de processamento possa facilmente escalar para lidar com grandes volumes de dados de diferentes sensores simultaneamente.
- **Baixa Latência:** A comunicação em tempo real é facilitada pela natureza assíncrona do MQTT, que permite a entrega imediata de mensagens aos sistemas interessados.

A implementação do MQTT ocorrerá no nível da camada de **sensores**, onde cada sensor estará configurado para publicar dados em tópicos específicos. O sistema de **processamento** atuará como um "assinante", recebendo essas informações e realizando o processamento necessário, como a agregação de dados ou o acionamento de outras funcionalidades.

### **APIs REST para Comunicação entre a Camada de Processamento e os Dispositivos Móveis**

A comunicação entre a camada de processamento e os dispositivos móveis será realizada utilizando APIs REST (Representational State Transfer). As APIs REST são amplamente utilizadas em sistemas distribuídos devido à sua simplicidade, flexibilidade e integração fácil com sistemas baseados na web. As APIs serão responsáveis por expor recursos do sistema de processamento de maneira estruturada, permitindo que os dispositivos móveis possam consultar e enviar dados para o sistema, como informações de usuário, relatórios ou solicitações específicas.

- **Simplicidade e Popularidade:** A REST é amplamente adotada em sistemas modernos devido à sua simplicidade e suporte universal, o que facilita a

integração com dispositivos móveis, que frequentemente utilizam bibliotecas padrão para consumo de APIs.

- **Escalabilidade e Manutenção:** A estrutura de serviços baseados em HTTP permite uma arquitetura escalável e de fácil manutenção. As APIs REST podem ser facilmente expandidas ou alteradas sem impactar significativamente outros componentes do sistema.
- **Interoperabilidade:** Como as APIs REST utilizam protocolos amplamente aceitos, como HTTP e JSON, é possível integrar dispositivos móveis de diferentes plataformas, sejam eles Android ou iOS.

Na arquitetura, as APIs REST serão implementadas na camada de **processamento**, que atuará como o servidor que disponibiliza os recursos para os dispositivos móveis. Estes, por sua vez, consumirão as APIs para interagir com o sistema, realizando operações como a consulta de dados de interesse ou envio de informações.

### **WebSockets para Atualizações em Tempo Real**

Para cenários em que há necessidade de comunicação bidirecional em tempo real, como mudanças nas rotas de transporte devido a acidentes ou condições de tráfego, a tecnologia escolhida será o WebSocket. O WebSocket é um protocolo que oferece uma comunicação full-duplex, permitindo que o servidor envie dados para os clientes (dispositivos móveis, por exemplo) sem a necessidade de uma solicitação explícita. Isso é particularmente útil para atualizações dinâmicas e em tempo real.

- **Comunicação Bidirecional em Tempo Real:** O WebSocket permite que o servidor envie dados em tempo real para os clientes, sem a necessidade de polling contínuo, o que economiza largura de banda e reduz a latência.
- **Eficiência em Atualizações Frequentes:** Quando há a necessidade de enviar informações frequentes ou constantes, como mudanças no estado de um sistema de navegação, o WebSocket garante que as atualizações sejam enviadas em tempo real de forma eficiente.
- **Melhoria na Experiência do Usuário:** As atualizações em tempo real garantem que os usuários tenham informações atualizadas instantaneamente, como alterações de rotas ou condições de tráfego.

Na camada de **processamento**, o WebSocket será implementado para transmitir dados em tempo real sobre alterações de rotas para os **dispositivos móveis**, onde os usuários serão notificados imediatamente sobre as mudanças.

---

## Decisões Arquiteturais

A definição das decisões arquiteturais para o sistema RoadBox foi cuidadosamente planejada para garantir que cada camada e componente atendesse às necessidades de escalabilidade, eficiência e robustez, ao mesmo tempo em que oferece flexibilidade para futuras evoluções. As tecnologias escolhidas para a comunicação entre as camadas, assim como os padrões de arquitetura adotados, foram baseadas em um equilíbrio entre performance, facilidade de manutenção e integração com dispositivos variados. A seguir, detalharemos as principais decisões arquiteturais tomadas, os trade-offs envolvidos e os motivos para essas escolhas.

### Arquitetura Modular e em Três Camadas

A escolha de uma arquitetura modular dividida em três camadas principais (dispositivos IoT, processamento e aplicação) foi feita para promover um sistema escalável e facilmente gerenciável.

- **Trade-offs:**

A modularidade oferece uma clara separação de responsabilidades, permitindo que cada camada seja desenvolvida e mantida de forma independente. Isso facilita a introdução de novas funcionalidades ou ajustes em uma camada sem impactar as demais. No entanto, a modularidade pode aumentar a complexidade inicial de desenvolvimento, pois exige uma definição rigorosa de interfaces de comunicação entre as camadas. Além disso, a necessidade de uma comunicação eficiente entre as camadas pode adicionar overhead, especialmente na camada de IoT, onde dispositivos podem ter limitações de capacidade.

- **Vantagens:**

- **Escalabilidade:** A modularidade permite que novas camadas sejam facilmente adicionadas conforme o sistema cresce.
- **Flexibilidade:** Cada camada pode ser otimizada independentemente.
- **Manutenção:** Problemas em uma camada podem ser isolados sem afetar outras partes do sistema.

### Comunicação entre Camadas: MQTT, APIs REST e WebSockets

A utilização de três tecnologias distintas para comunicação entre as camadas (MQTT para IoT, APIs REST para a camada de processamento e dispositivos móveis, e WebSockets para atualizações em tempo real) foi escolhida com base nas características específicas de cada interação entre as camadas.

- **Trade-offs:**



**MQTT:** Para a comunicação entre sensores e a camada de processamento, foi optado pelo MQTT devido à sua leveza e baixo consumo de largura de banda, que são essenciais para dispositivos IoT com recursos limitados. A principal vantagem do MQTT é sua capacidade de fornecer uma comunicação eficiente em ambientes de redes com baixa capacidade de transmissão de dados, como em dispositivos móveis ou sensores de tráfego. O trade-off, porém, é a limitação em termos de funcionalidades mais avançadas de segurança e complexidade que o protocolo oferece.

**APIs REST:** Para a comunicação entre a camada de processamento e os dispositivos móveis, as APIs REST foram escolhidas por sua simplicidade, compatibilidade e a ampla adoção em sistemas modernos. REST permite que os dispositivos móveis consultem e enviem dados de forma eficiente, além de garantir a fácil manutenção e escalabilidade do sistema. O trade-off aqui é que a natureza stateless do REST pode dificultar a implementação de funcionalidades em tempo real mais complexas, como notificações push constantes, o que exige uma combinação com outras tecnologias como WebSockets para garantir uma experiência mais fluida.

**WebSockets:** Para cenários que exigem comunicação bidirecional em tempo real, como mudanças nas rotas de transporte devido a incidentes, foi escolhido o WebSocket. Ele permite comunicação bidirecional contínua entre o servidor e os dispositivos móveis, o que é fundamental para atualizações instantâneas, como informações sobre acidentes ou bloqueios de vias. O trade-off com WebSockets é a maior complexidade de implementação em comparação com APIs REST, além de um consumo maior de recursos de rede e servidor, especialmente quando o número de conexões simultâneas aumenta.

- **Vantagens:**
  - **MQTT:** Eficiência na comunicação com dispositivos IoT com recursos limitados.
  - **APIs REST:** Facilidade de implementação e manutenção, além de ser uma tecnologia amplamente suportada.
  - **WebSockets:** Oferece comunicação em tempo real, melhorando a experiência do usuário em situações críticas.

## **Processamento em Tempo Real**

A escolha de realizar o processamento de dados em tempo real, tanto para análise de incidentes quanto para otimização de rotas, foi fundamental para garantir uma resposta ágil e eficaz, especialmente em situações emergenciais.

- **Trade-offs:**

A principal vantagem de processar os dados em tempo real é a capacidade de tomar decisões rápidas, como reencaminhar veículos de

emergência ou otimizar o fluxo de tráfego em tempo real, o que é essencial para um sistema de gerenciamento de tráfego eficiente. No entanto, a desvantagem de processar grandes volumes de dados em tempo real é o alto custo computacional. Para lidar com isso, foi necessário otimizar os algoritmos de processamento e adotar técnicas de paralelização e distribuídas quando necessário, além de balancear entre processamento local (nos dispositivos IoT) e processamento centralizado (na camada de servidores).

- **Vantagens:**

- **Reatividade:** Permite ações imediatas com base em dados atualizados.
  - **Eficiência:** Melhora a capacidade de tomar decisões rápidas, como redirecionar agentes de trânsito ou otimizar rotas para motoristas.
-

## **Requisitos de Qualidade**

A arquitetura do sistema RoadBox foi planejada para atender a diversos requisitos de qualidade que garantem sua eficiência, segurança e performance. A seguir, são apresentados os principais requisitos de qualidade do sistema:

### **Escalabilidade**

A arquitetura modular, com camadas bem definidas, permite que o sistema seja facilmente escalado para suportar um número crescente de dispositivos IoT, sensores e usuários. A capacidade de expandir a infraestrutura sem a necessidade de reestruturação completa do sistema é crucial, permitindo que o sistema continue eficiente à medida que aumenta o volume de dados e o número de interações.

### **Desempenho**

A utilização de tecnologias como MQTT para comunicação leve e processamento em tempo real na camada de processamento assegura que o sistema responda rapidamente a eventos, como acidentes ou mudanças nas condições de tráfego. A eficiência na transmissão de dados e na otimização de rotas em tempo real é fundamental para garantir que os agentes de trânsito e supervisores tomem decisões rápidas com base em informações atualizadas.

### **Confiabilidade**

O sistema foi projetado para garantir alta disponibilidade e minimizar falhas. O uso de algoritmos de otimização robustos e análise de dados em tempo real permite a detecção e correção de falhas rapidamente. A modularidade também facilita a manutenção, permitindo que falhas em uma camada não impactem diretamente outras camadas.

### **Segurança**

A segurança dos dados é uma prioridade no sistema, garantindo que informações sensíveis, como localizações e relatórios de incidentes, sejam protegidas adequadamente. A comunicação entre as camadas do sistema será criptografada, e o controle de acesso será rigorosamente implementado, garantindo que apenas usuários autorizados possam acessar informações críticas.

### **Usabilidade**

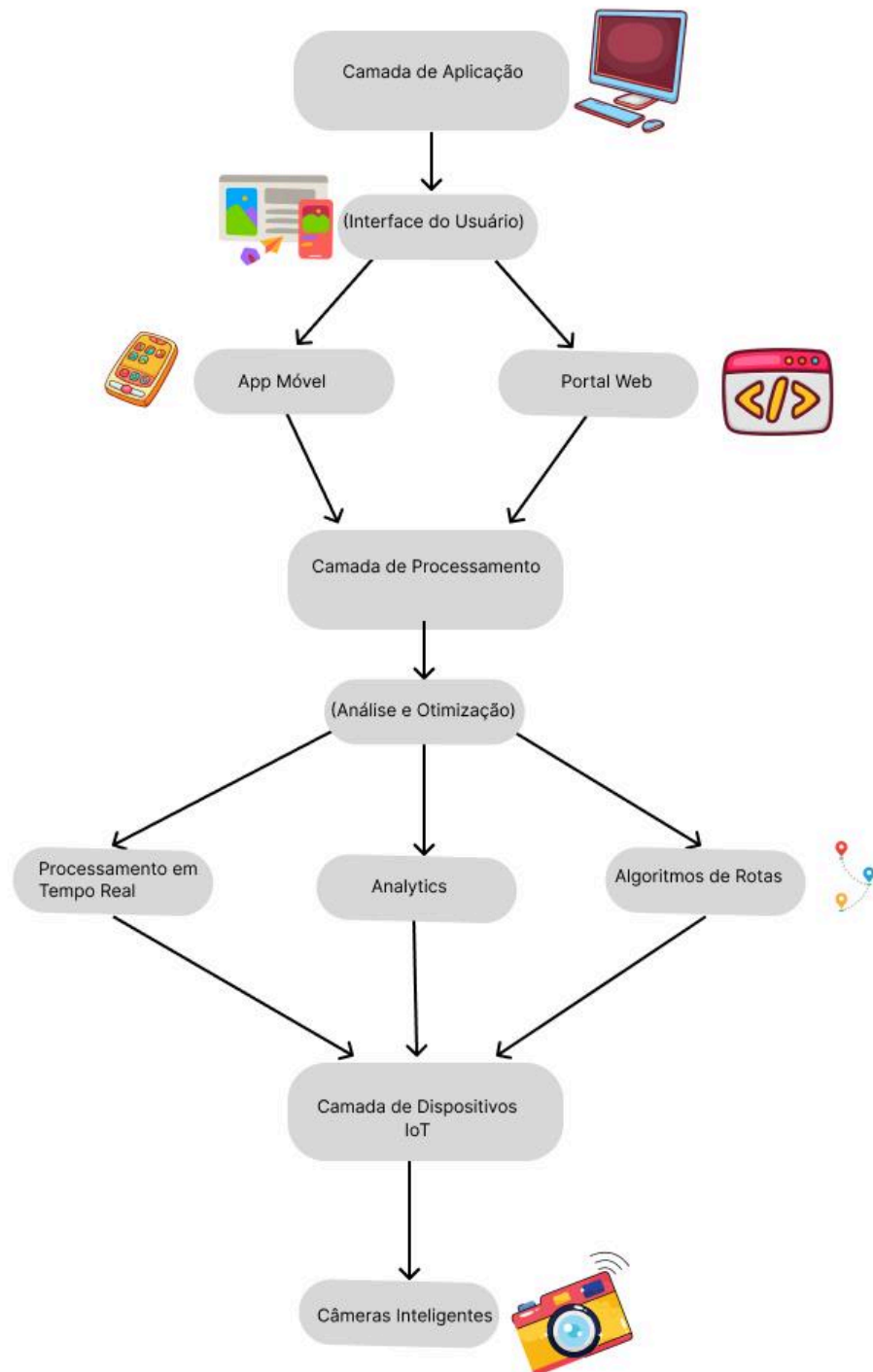
A interface de usuário, composta por aplicativos móveis para agentes de trânsito e um portal web para supervisores, foi projetada para ser intuitiva e fácil de usar. A separação das interfaces permite que cada tipo de usuário tenha acesso a funcionalidades específicas de maneira prática e eficiente, melhorando a interação com o sistema.

### **Manutenibilidade**

A separação em camadas modulares facilita a manutenção e a evolução do sistema. Cada camada pode ser atualizada ou modificada independentemente, sem impactar as outras. Além disso, a documentação detalhada e o uso de práticas de desenvolvimento ágeis asseguram que o sistema possa ser rapidamente ajustado para atender a novas necessidades ou corrigir eventuais problemas.

---

## Arquitetura de alto nível

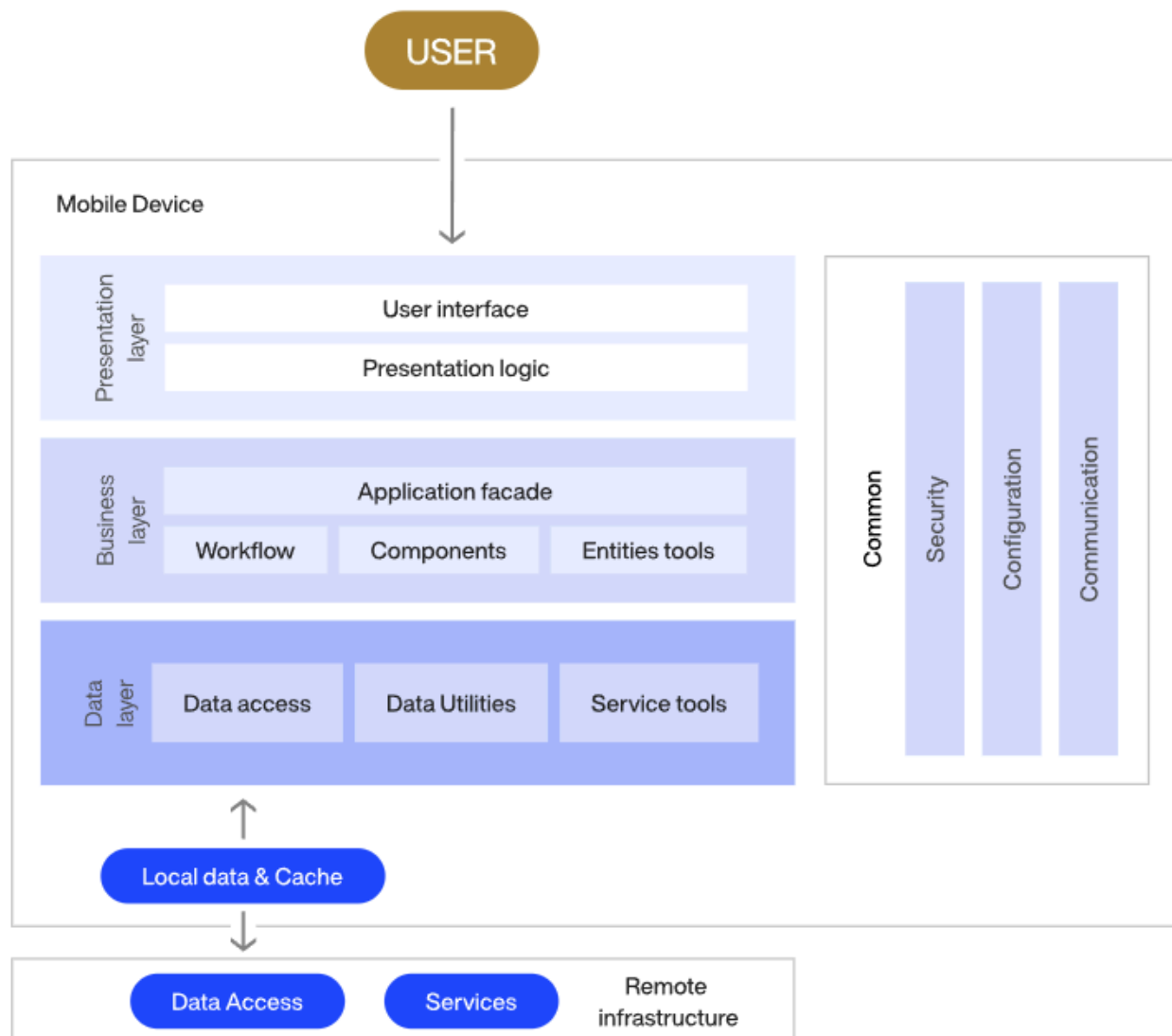


A arquitetura apresentada é baseada em uma estrutura de camadas, com uma abordagem modular, onde cada camada tem uma responsabilidade específica, facilitando a escalabilidade e a manutenção do sistema. Vamos descrever cada uma das camadas e seus componentes:

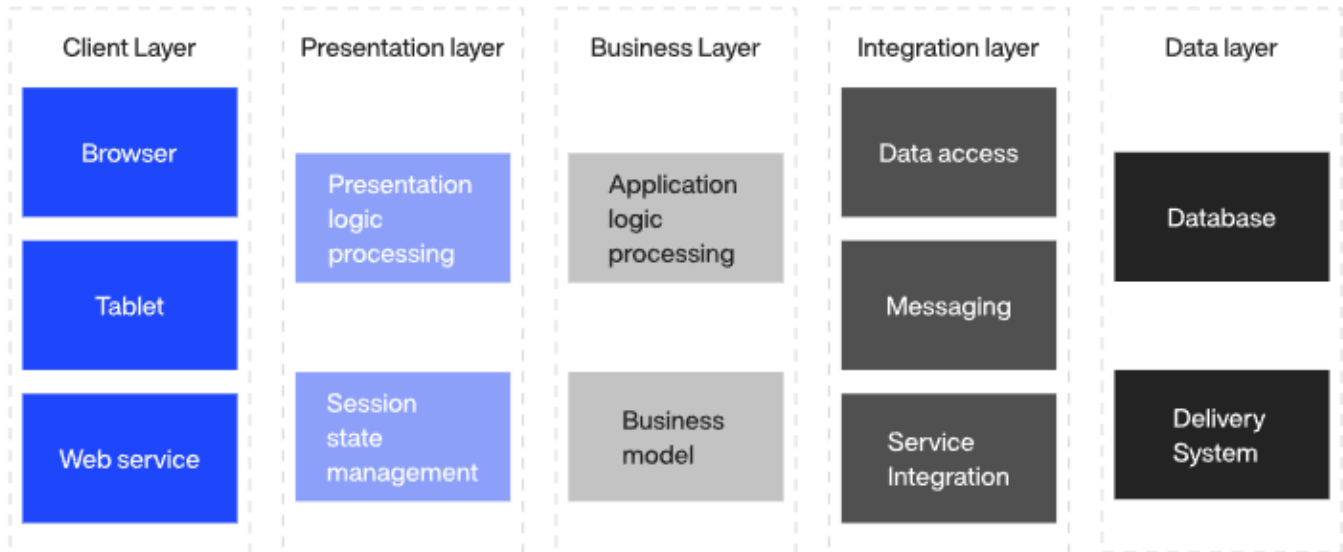
## Camada de Aplicação (Interface do Usuário)

A camada de aplicação é a interface pela qual os usuários interagem com o sistema. Ela é composta por duas principais interfaces de usuário:

- **App Móvel:** Um aplicativo para dispositivos móveis que permite aos agentes de trânsito ou motoristas interagir com o sistema em tempo real. Ele fornece funcionalidades como notificações de tráfego, sugestões de rotas e monitoramento de condições das vias.



- **Portal Web:** A interface web serve para supervisores ou administradores do sistema, oferecendo uma visão geral do tráfego, análise de dados e a gestão de rotas. A interface é mais robusta, com mais funcionalidades de monitoramento e gestão, acessível via navegador.



## Camada de Processamento (Análise e Otimização)

A camada de processamento é responsável por analisar os dados recebidos da camada de dispositivos IoT e executar as funções de otimização necessárias para melhorar o fluxo de tráfego e fornecer informações em tempo real:

- **Processamento em Tempo Real:** Realiza a análise contínua dos dados de tráfego à medida que são coletados dos dispositivos IoT, permitindo a tomada de decisões rápidas, como a alteração de rotas ou a notificação de congestionamentos.
- **Analytics:** Processa dados históricos e em tempo real para identificar padrões de tráfego e gerar relatórios que podem ser usados para otimizar ainda mais o sistema. Ele fornece insights importantes sobre a performance do tráfego e permite ajustes nas estratégias de gestão.
- **Algoritmos de Rotas:** Com base nas informações em tempo real, esses algoritmos ajudam a sugerir as rotas mais eficientes para os motoristas ou agentes de trânsito. Eles consideram fatores como acidentes, congestionamentos e condições climáticas para otimizar a movimentação de veículos.



## Camada de Dispositivos IoT

A camada de dispositivos IoT é onde os dados iniciais são coletados. Ela é composta por sensores e câmeras inteligentes, responsáveis por monitorar e registrar condições do tráfego e do ambiente:

- **Câmeras Inteligentes:** Câmeras equipadas com tecnologia para detectar e registrar condições de tráfego, como congestionamentos, acidentes ou outras anomalias. Elas transmitem dados em tempo real para a camada de processamento, que os analisa para determinar ações necessárias.

