

UDF – Centro Universitário do Distrito Federal

Curso de Ciência da Computação

**SISTEMA CIBER-FÍSICO DE MONITORAMENTO E
BLOQUEIO AUTOMÁTICO DE PASSAGENS
SUBTERRÂNEAS (SMART TESOURINHAS)**

Brasília
2025

UDF – Centro Universitário do Distrito Federal

Curso de Ciência da Computação

Douglas Silva Moura - 34477853

Nathan Ferreira dos Santos - 32114001

Thayná Carneiro de Freitas - 36182729

**SISTEMA CIBER-FÍSICO DE MONITORAMENTO E BLOQUEIO AUTOMÁTICO DE
PASSAGENS SUBTERRÂNEAS (SMART TESOURINHAS)**

Solução de segurança viária para Cidades Inteligentes

Trabalho acadêmico apresentado à disciplina
do curso de Ciência da Computação do UDF –
Centro Universitário do Distrito Federal, como
requisito parcial para avaliação.

Orientadora: **Professora Kadidja Valéria**

Brasília
2025

Resumo

Em Brasília, o alagamento repentino de passagens subterrâneas (conhecidas como "Tesourinhas") durante o período chuvoso representa um risco grave à vida e ao patrimônio dos cidadãos.

O sistema atual de drenagem é passivo e a sinalização de perigo inexistente, dependendo exclusivamente da percepção visual do motorista. Este trabalho apresenta o Smart-Tesourinha, uma modernização baseada em Sistemas Ciber-Físicos (CPS).

A solução integra sensores de nível ultrassônicos, semáforos inteligentes e barreiras físicas automatizadas (cancelas). O sistema monitora o nível da água em tempo real e, ao detectar risco, bloqueia o trânsito automaticamente antes que os veículos entrem na área alagada, alertando simultaneamente a Defesa Civil.

Palavras-chave: Tesourinhas; Prevenção de Enchentes; Mobilidade Urbana; IoT; Segurança Viária.

Sumário

- 1. Introdução**
- 2. Fundamentação Teórica**
 - 2.1 O Problema da Infraestrutura "Cega"**
 - 2.2 Sistemas Ciber-Físicos (CPS)**
 - 2.3 IoT e Visão Computacional**
- 3. Metodologia: Arquitetura e Solução**
 - 3.1 Proposta da Arquitetura Tecnológica (CPS)**
 - 3.2 Novas Funcionalidades Inteligentes**
- 4. Implementação e Métricas de sucesso**
 - 4.1 Roteiro de Ação da Solução (Ação Gradual)**
 - 4.2 Definição de KPIs (Métricas de Sucesso)**
- 5. Limitações do Sistema Proposta**
- 6. Melhorias Futuras do Sistema**
- 7. Validação dos Dados da Inteligência Artificial**
- 8. Aprofundamento Científico - Explicação Técnica Avançada**
- 9. Exemplos reais de cidades que já utilizam sistemas semelhantes**
- 10. Conclusão**
- 11. Referência**

1. Introdução

A arquitetura de Brasília, com suas diversas passagens subterrâneas sob os Eixos (W e L), sofre cronicamente com falhas de drenagem. O "autômato" atual dessas estruturas é inexistente ou puramente mecânico (escoamento por gravidade). Quando as galerias saturam, a água sobe rapidamente, transformando a Tesourinha em uma armadilha para motoristas.

O custo da inação é alto: perda total de veículos, risco de afogamento e colapso no trânsito do Plano Piloto. O projeto **Smart-Tesourinha** propõe transformar essa infraestrutura passiva em um sistema ativo e inteligente. Utilizando o conceito de Cidades Inteligentes, o projeto visa implementar uma barreira de segurança autônoma que "toma a decisão" de fechar a via baseada em dados, eliminando o erro humano de tentar atravessar áreas alagadas.

2. Fundamentação Teórica

2.1 O Problema da Infraestrutura "Cega" Atualmente, a decisão de atravessar ou não uma área alagada cabe ao motorista, que muitas vezes não tem visibilidade da profundidade real da água, especialmente à noite. A infraestrutura não se comunica com o usuário.

2.2 Sistemas Ciber-Físicos (CPS) Um CPS integra o mundo físico (nível da água, fluxo de carros) com o mundo digital (algoritmos de decisão). Segundo Chourabi et al., essa integração é o pilar das Smart Cities, permitindo que a infraestrutura responda dinamicamente a eventos críticos.

2.3 IoT e Visão Computacional O projeto utiliza sensores de nível (IoT) para medir a altura da lâmina d'água e, opcionalmente, câmeras com Visão Computacional para verificar se há carros retidos, garantindo redundância na segurança.

3. METODOLOGIA: ARQUITETURA E SOLUÇÃO

3.1 Proposta da Arquitetura Tecnológica (CPS) O sistema opera em lógica de "Segurança Crítica" (*Fail-Safe*):

1. **Sensores (Entrada):**
 - **Sensor Ultrassônico/Radar:** Instalado no teto da tesourinha, mede a distância até o chão/água. Se a distância diminui, significa que o nível da água subiu.
 - **Sensor de Boia Digital (Backup):** Instalado na parte mais baixa do ralo.
2. **Rede (Conectividade):** Módulos 4G/LTE ou LoRaWAN enviam o status "Seguro", "Alerta" ou "Crítico" para a central de controle.
3. **Processamento (Edge Computing):** Um microcontrolador local (ex: Raspberry Pi ou Industrial PLC) processa os dados em tempo real para garantir resposta imediata, mesmo se a internet cair.
4. **Atuadores (Saída):**
 - **Semáforo de Acesso:** Instalado *antes* da descida da tesourinha. Muda para VERMELHO se água > 20cm.
 - **Barreira Física (Cancela):** Baixa automaticamente para impedir fisicamente a entrada de carros desavisados.
 - **Painel de Mensagem Variável (PMV):** Exibe "ALAGAMENTO - DESVIE".

3.2 Novas Funcionalidades Inteligentes

- **Bloqueio Autônomo:** Não espera um humano apertar um botão. Detectou água, fecha a via em 3 segundos.
- **Integração com Apps (Waze/Maps):** O sistema envia um sinal via API para os aplicativos de GPS, marcando a via como "Fechada" automaticamente, desviando o fluxo antes mesmo do motorista chegar perto.
- **Acionamento Pró-Ativo de Bombas:** Se houver bombas de drenagem no local, elas são acionadas na potência máxima assim que a tendência de subida da água é detectada, não esperando o alagamento total.

4. IMPLEMENTAÇÃO E MÉTRICAS DE SUCESSO

4.1 Roteiro de Ação (Roadmap)

1. **Fase 1: Mapeamento de Risco.** Identificar as 3 tesourinhas com maior histórico de incidentes na Asa Norte (ex: quadras 109/110 Norte).
2. **Fase 2: Instalação e Calibragem.** Instalar sensores e semáforos. Calibrar o "Ponto de Corte" (ex: 20cm de água = Bloqueio).
3. **Fase 3: Integração.** Conectar o sistema à central do DETRAN-DF e Defesa Civil para monitoramento remoto.

4.2 Definição de KPIs (Métricas de Sucesso)

1. **Zero Veículos Retidos:** O objetivo principal é que o número de carros submersos caia para zero nas tesourinhas monitoradas.
2. **Tempo de Resposta:** Tempo entre a detecção da água e o fechamento da via (Meta: < 5 segundos).
3. **Redução de Custos de Resgate:** Diminuição dos chamados para o Corpo de Bombeiros para resgate em alagamentos, liberando a corporação para outras emergências.

5. Limitações do Sistema Proposto

Falha de Energia: Tempestades costumam causar apagões. O sistema necessita de *No-Breaks* ou baterias solares robustas para continuar operando (fechando a via) sem eletricidade da rede.

Vandalismo: Equipamentos expostos na rua podem ser danificados ou furtados.

Falsos Positivos: Objetos passando na frente do sensor ultrassônico podem gerar leituras erradas, exigindo filtros de software (média móvel).

6. Melhorias Futuras do Sistema

Túnel Inteligente Completo: Inspiração no *SMART Tunnel* da Malásia, onde a própria via serve como canal de escoamento massivo quando fechada para carros.

Câmeras Térmicas: Para detectar calor de motores ou pessoas presas dentro do alagamento, mesmo no escuro total.

7. Validação dos Dados da Inteligência Artificial

Para validação, utiliza-se a lógica condicional simples e robusta:

- *Status Normal*: Nível Água = 0cm -> Semáforo VERDE.
- *Status Alerta*: Nível Água > 10cm -> Semáforo AMARELO (Piscante) + Aviso Painel.
- *Status Crítico*: Nível Água > 25cm (altura do escapamento) -> Semáforo VERMELHO + Cancela Baixa + Alerta Waze.

8. Aprofundamento Científico – Explicação Técnica Avançada

A flutuabilidade de um veículo ocorre quando a força de empuxo da água supera o peso do carro e o atrito dos pneus com o solo (Princípio de Arquimedes).

Com apenas 30cm de água corrente, muitos veículos perdem tração. O sistema previne que o veículo entre nessa "Zona de Flutuabilidade", garantindo a segurança física baseada em hidrostática.

9. Exemplos Reais de Cidades que já Utilizam Sistemas Semelhantes

Kuala Lumpur (Malásia): O *SMART Tunnel* é a maior referência mundial, funcionando como rodovia e canal de drenagem alternadamente.

São Paulo (Túneis do Anhangabaú): Já possuem sensores de nível que acionam bombas, embora o fechamento do trânsito ainda dependa frequentemente de ação humana/CET.

Houston (EUA): Utiliza sistemas de alerta de inundação em tempo real (Flood Warning System) integrados ao tráfego.

10. Conclusão

O **Smart-Tesourinha** é uma resposta tecnológica necessária para um problema antigo da capital federal. Ao retirar o fator humano da decisão de "arriscar a travessia", o sistema preserva vidas e patrimônio. A solução demonstra como a IoT pode modernizar infraestruturas de concreto das décadas de 60/70, tornando Brasília uma referência não apenas em arquitetura, mas em resiliência climática urbana.

11. Referências

- "Encontrando uma solução SMART para inundações". *A Estrela*. Recuperado 14 de novembro 2024.
- "Sucesso do túnel de dupla finalidade de Kuala Lumpur. ITS Internacional". *ITS Internacional*. Recuperado 24 de agosto 2025.
- Tecnologia em Túneis Rodoviários: Segurança, Automação e Eficiência Integrada: [Link da Matéria](#)
- Houston TranStar: [Houston TranStar - About the Roadway Flood Warning System](#)