ElectroCap Project Proposal

Forest Fires Detection

Sistema Híbrido de Deteção Precoce de Incêndios Florestais

Equipa 2

Para mais informações sobre o desenvolvimento do projeto, podem visitar a nossa página web:

https://web.tecnico.ulisboa.pt/~ist1109562/equipa2/

TÉCNICO
UNIVERSIDADE
DE LISBOA

Membros da Equipa

Bárbara Trigueirão

LEEC 109590

Gonçalo Caetano

LEEC 109925

Salvador Carvalho

LEEC 109394

Carolina Rodrigues

LEEC 109562

Marco Mendonça

LEEC 109977

Diogo Vicente

LEEC 110736

Orientador & Coorientadora

Prof. Ayman Radwan

Orientador

Mariana Santana

Coorientadora

Índice

1. Definição do problema
2. Beneficiários e Parceiros
3. Validação & Amostra de Estudo
4. Solução Tecnológica
    - 4.1. Geral
    - 4.2. Arquitetura do Problema
    - 4.3. Funcionamento das câmaras
    - 4.4. Funcionamento dos sensores
    - 4.5. Hardware a utilizar
    - 4.6. Hardware de Captura (câmara)
    - 4.7. Qualidade de Imagem/ Vídeo
    - 4.8. Localização/Instalação da câmara
5. Análise de Competidores e Trabalhos Anteriores
    - 5.1. Principais competidores do mercado
    - 5.2. Investigação e Implementações
    - 5.3. Investigação Recente (2023/2024)
6. Desafios Técnicos
7. Testes e métricas de validação da solução
8. Divisão do Trabalho
9. Calendarização das Atividades

Definição do Problema

Atualmente, o problema central reside no facto de a deteção de incêndios florestais ser realizada predominantemente por via humana, através de inspeção visual. Esta dependência exclusiva da vigilância manual revela-se frequentemente ineficiente, provocando diversas consequências negativas para a eficácia do combate aos incêndios, tais como:

Deteção tardia

Depende de alguém avistar fumo ou chamas.

Limitações Físicas e Geográficas

É limitada pela linha de visão humana, pelas condições meteorológicas, pelo período noturno e pela fadiga humana.

Falta de Precisão na Localização

É dificil para um observador humano indicar o foco de incêndio em zonas de floresta densa, atrasando a chegada das equipas ao local.

Beneficiários e Parceiros

Beneficiários da solução:

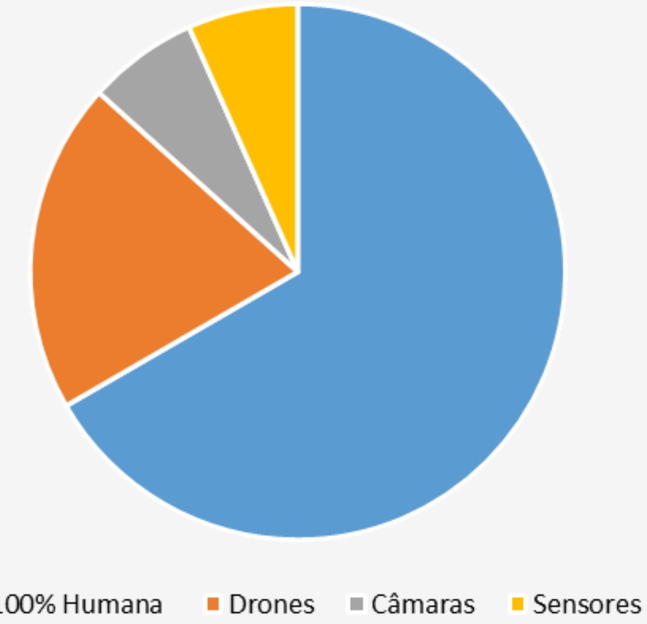
1. Habitantes de zonas rurais
2. Fauna e Flora
3. Entidades de Proteção Civíl e Bombeiros
4. Economia Local e Produtores Florestais
5. Governos e Municípios

Parceiros da solução:

Validação & Amostra de Estudo

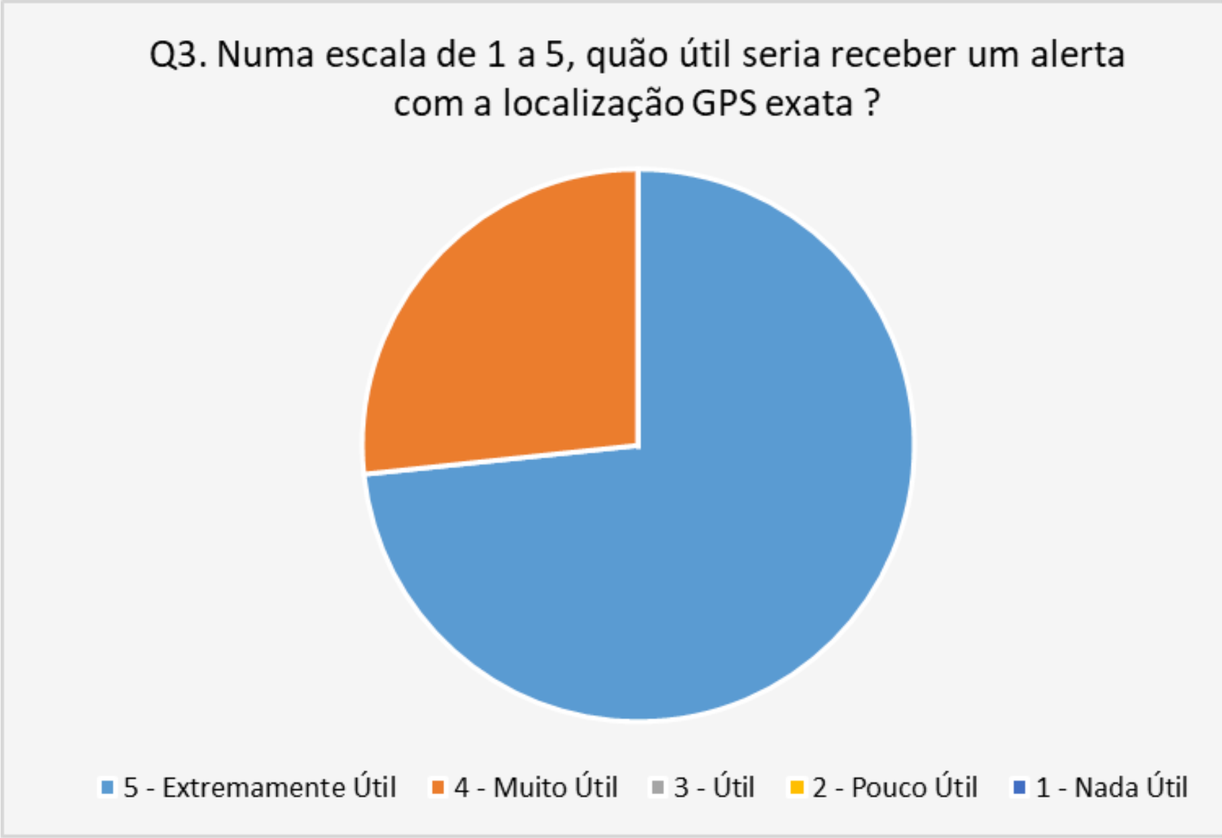
Para garantirmos que a nossa solução não é apenas teórica, fomos falar com os especialistas. Resolvemos contactar vários quartéis focando-nos estrategicamente nos distritos com maior número de ocorrências e maior área ardida. Com base nesse inquérito, chegámos a estes dados que validam as nossas escolhas técnicas:

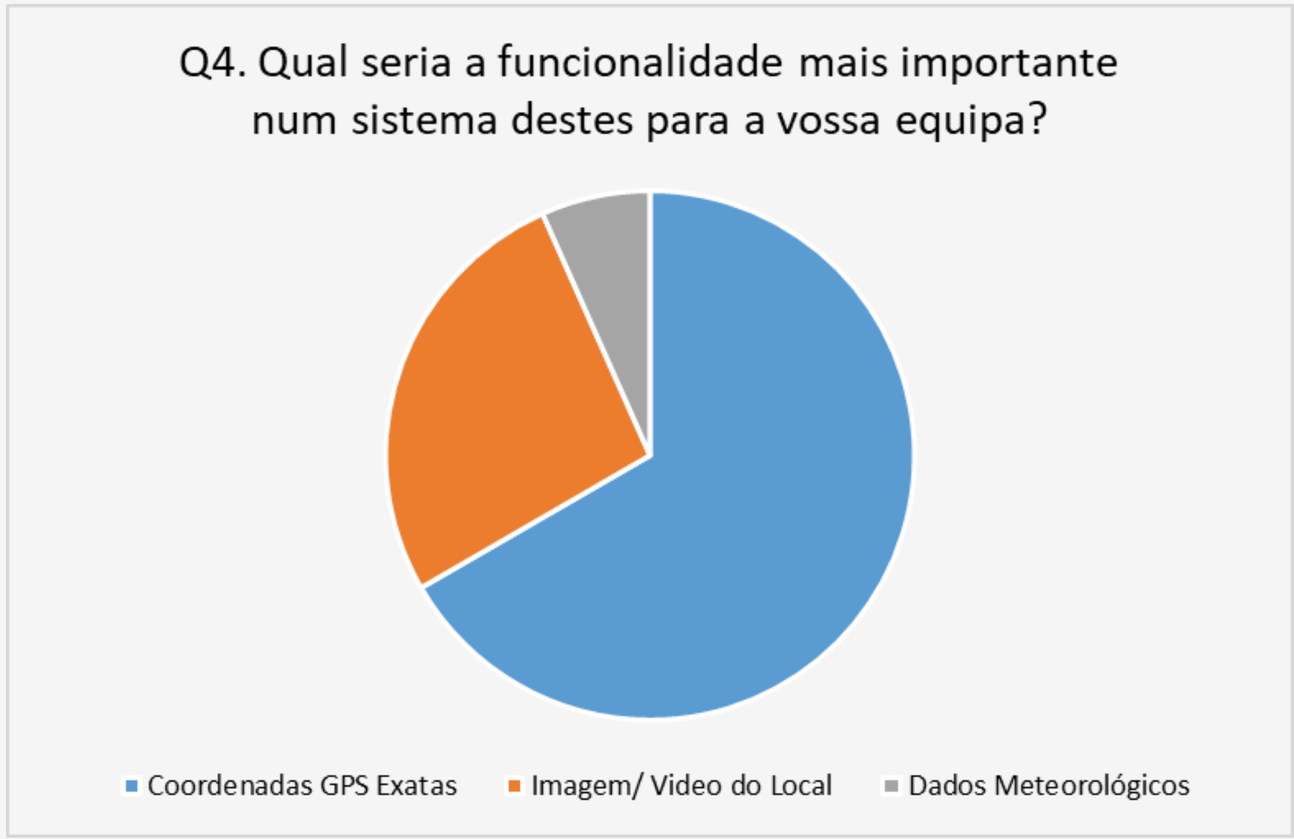
Q.1. Existe ou já existiu algum sistema tecnológico de sensores/câmaras implementado na vossa área de atuação?



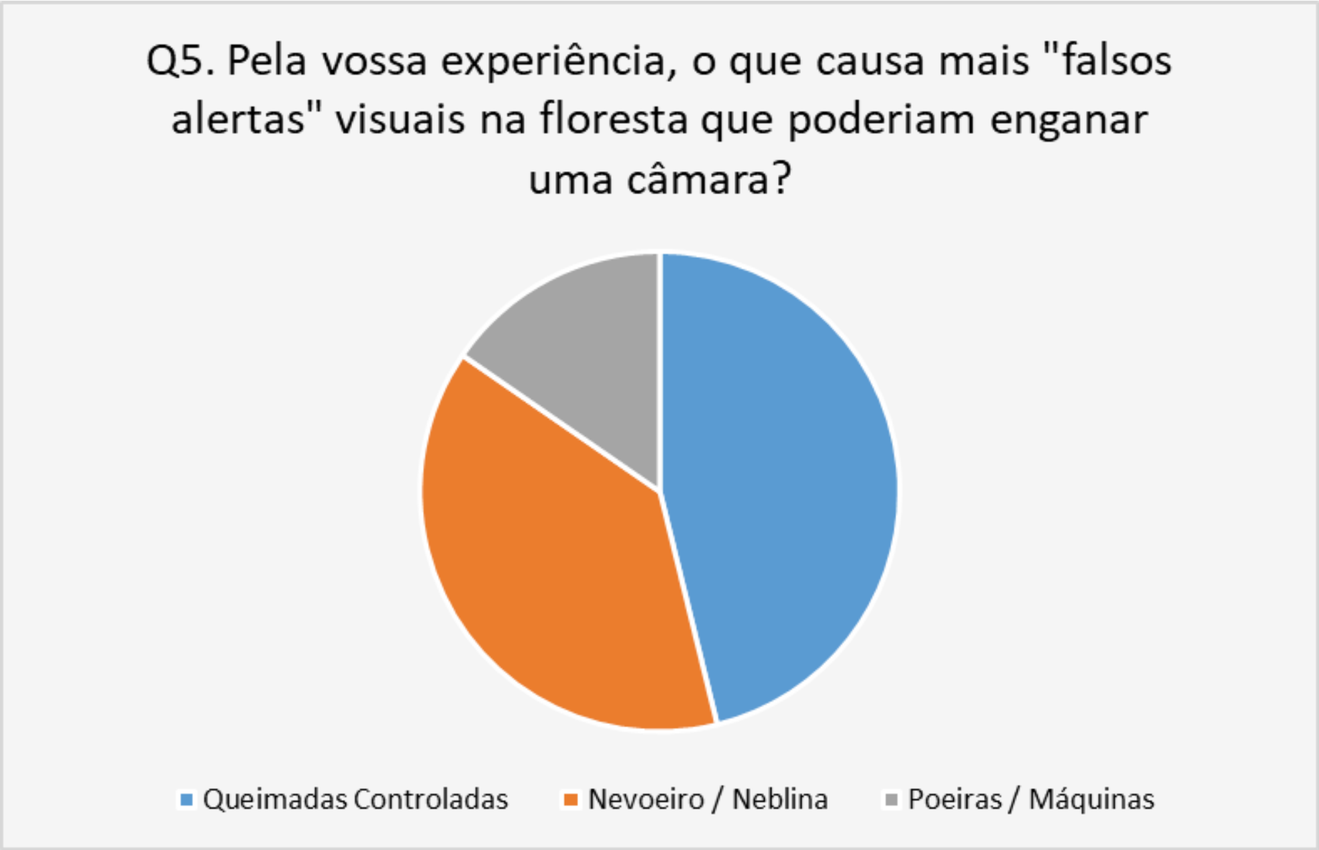
Q2. Na sua opinião, qual é a maior dificuldade técnica para manter equipamentos eletrónicos no interior da floresta?

Validação & Amostra de Estudo





Validação & Amostra de Estudo



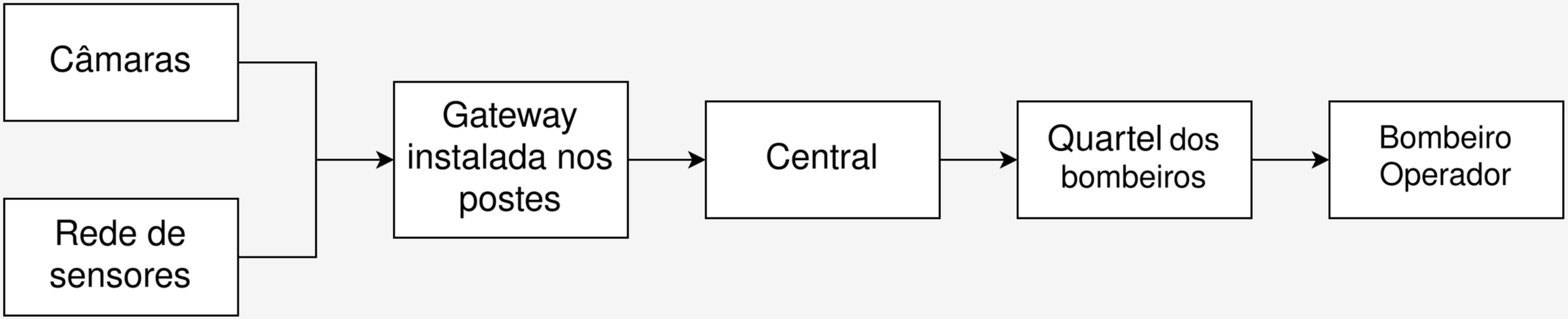
Nota: Estes gráficos estão de acordo com a resposta dos diferentes quartéis de bombeiros ao nosso forms (via email). Iremos realizar entrevistas mais extensas com alguns quartéis.

Solução tecnológica - Geral

Soluções: Deteção automática através de análise visual de uma área florestal predefinida, por parte de um modelo de machine learning, complementado por uma rede de sensores terrestre para garantir a deteção mesmo que haja obstrução visual (noite, nevoeiro).

Ideia Geral: Captar imagem aérea de uma área florestal ao instalar câmaras em postes em locais altos (já existentes, como os pontos altos dos guardas florestais ou construir os postes em si) e analisar em tempo real a imagem captada. Mesmo que não haja visibilidade suficiente, recorre-se aos sensores.

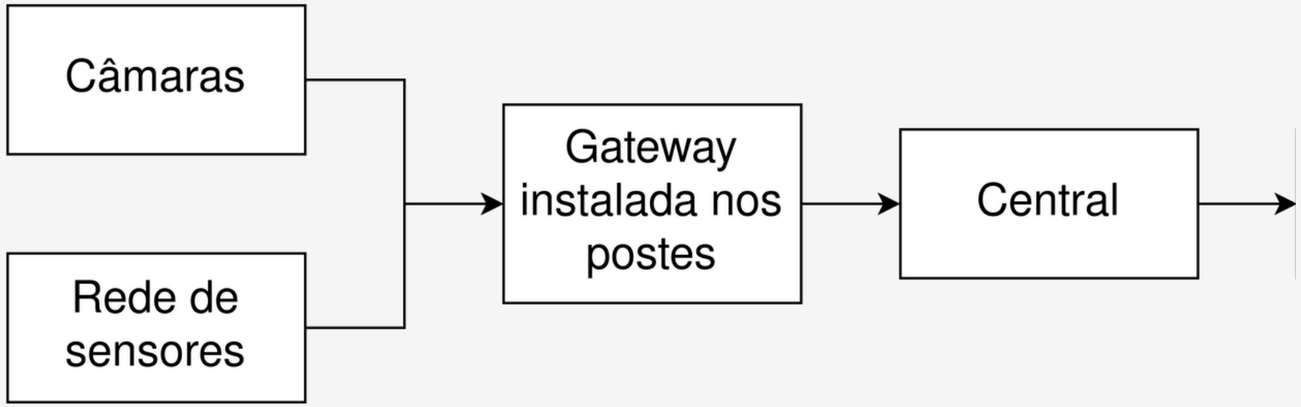
Solução Tecnológica - Arquitetura do Problema



Solução Tecnológica - Arquitetura do Problema

As câmaras estarão instaladas em postes, onde também será instalada uma “gateway” para comunicação com a central de processamento, e irão captar e enviar imagens da área frequentemente para a central analisar.

Concorrentemente, haverá uma rede de sensores em malha onde cada sensor analisará as condições (temperatura, composição química do ar, etc.) da sua região de alcance. Caso seja detectada alguma anomalia, um sinal de alerta com os dados da anomalia será enviado de sensor a sensor (multi-hop communication) até chegar à “gateway” que enviará à central.

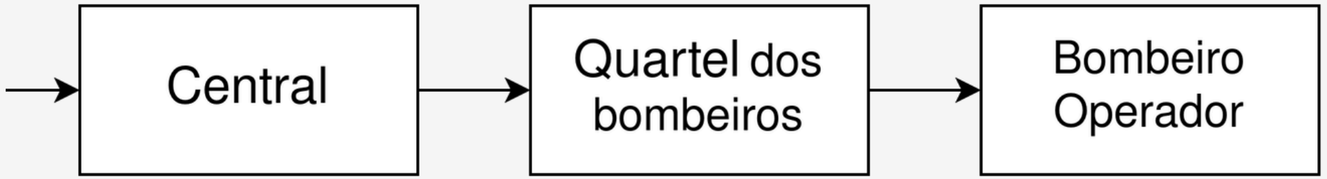


Solução Tecnológica - Arquitetura do problema

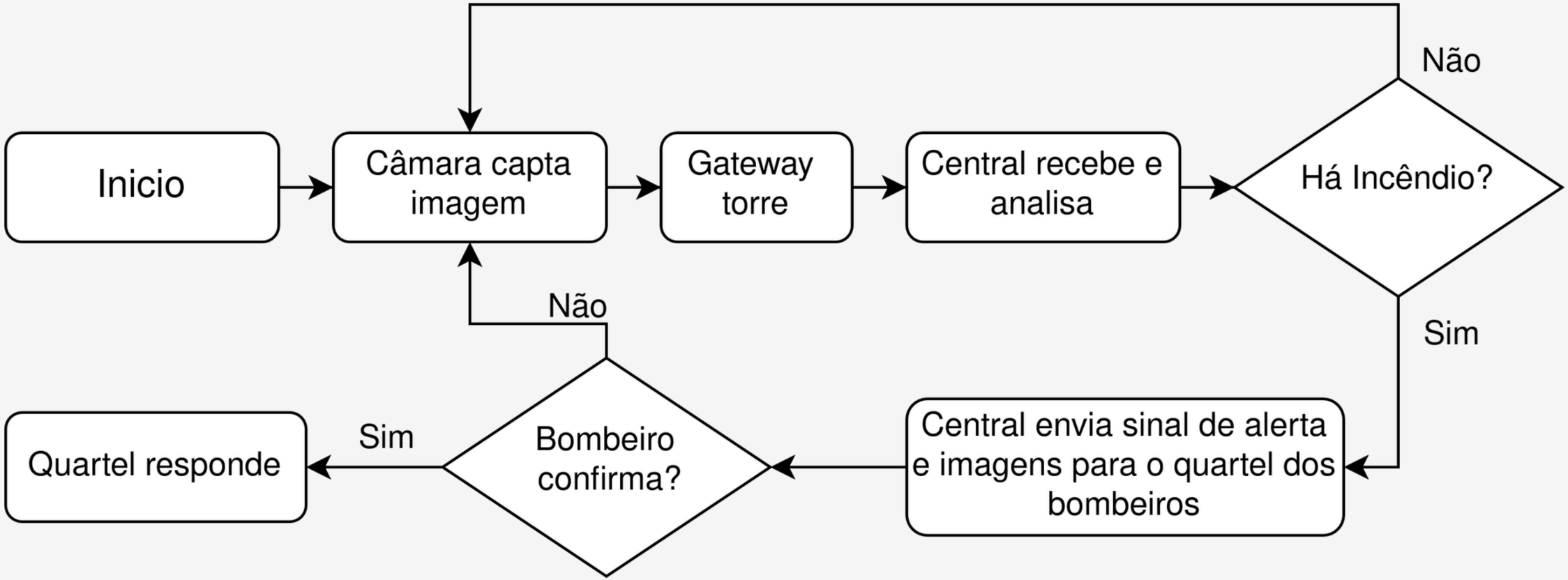
A central de processamento será responsável não só pelo tratamento e análise de toda a informação recebida, mas também pela comunicação com o quartel dos bombeiros.

A central poderá estar localizada numa região estratégica, de modo a processar informação de várias câmaras e de redes de sensores maiores. Ou, poderá estar localizada nos postes das câmaras, analisando apenas a sua câmara e uma rede de sensores menor.

Naturalmente, na primeira situação a central terá um maior poder de processamento, já na segunda, estando infraestruturalmente restringida aos postes, terá um poder de processamento mais limitado.



Solução Tecnológica - Funcionamento das câmaras



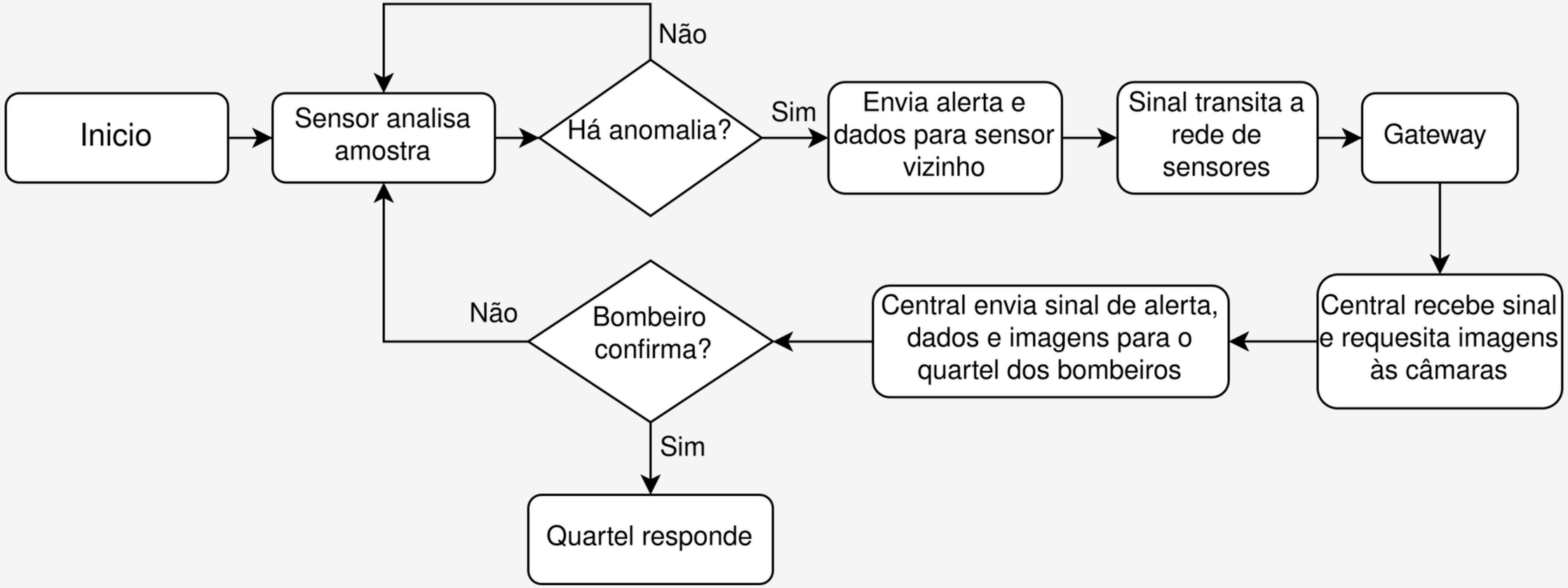
Solução Tecnológica - Funcionamento das câmaras

As câmaras irão captar imagens da sua paisagem designada periódicamente, que será enviada, através das gateways instaladas nas suas torres, para a central.

Na central, um modelo de “machine learning” para análise de imagens irá verificar se existem sinais de incêndio.

Caso o seja, será enviado para o quartel dos bombeiros um sinal de alerta em conjunto com as imagens de onde foi detectada a anomalia, e a central aguardará o sinal de confirmação por parte dos operadores (bombeiros).

Solução Tecnológica- Funcionamento dos sensores



Solução Tecnológica- Funcionamento dos sensores

Os sensores irão, periodicamente, analisar uma amostra de ar respectiva ao seu alcance.

Caso seja detectada uma anomalia, como fumo, será transmitido um sinal de alerta, com os dados da anomalia, de sensor em sensor (multi-hopping) até alcançar a “gateway” e posteriormente a central de processamento.

A central irá “apontar” as câmaras na região do sensor na sua direção e captará imagens. Após as receber enviará as imagens, os dados do sensor e um sinal de alerta para o quartel dos bombeiros, e aguardará sinal de confirmação por parte dos operadores (bombeiros).

Solução Tecnológica - Hardware a utillizar

Ecosistema Estação

- Gateway / router
- Computador

Ecosistema Torre

- Gateway / router
- Rasberry Pi
- Câmara Ótica
- LoRaWan Hat

Ecosistema Sensor

- ESP32
- Módulo LoRaWan
- Alimentação(Bateria/Solar)
- Módulo GPS (por determinar)
- Sensor de Temperatura
- Sensor Infravermelhos
- Sensor de Compostos Orgânicos Voláteis

Solução Tecnológica - Hardware de captura (câmara)

Tipologia: Câmara Ótica .

Justificação: Opção selecionada devido a restrições orçamentais do projeto.

Análise Comparativa:

- **Solução Ótica:** Eficaz na deteção diurna de chama / fumo, com limitações noturnas para fumo.
- **Solução Térmica:** Seria a solução ideal. Contudo, devido à distância, a deteção de temperatura é muito complicada com as câmaras disponíveis no nosso orçamento, pelo que esta solução não será viável.

Solução Tecnológica - Qualidade de Imagem/ Vídeo

Capacidade máxima: Possível chegar a 4K (Bitrate: 15-30 Mbps) com 5 GHz.

Cenário Real (Operacional): Em rede 5GHz Non Stand-Alone, prevê-se 1080p (5-8 Mbps).

Estabilidade:

- Não são previsíveis perdas significativas por chuva ou nuvens devido ao uso maioritário no verão.
- A interface até à torre é 5GHz, garantindo funcionamento mesmo antes do core passar a Stand-Alone.

Gestão de Tráfego: Possibilidade de usar network slicing em zonas de tráfego elevado para garantir recursos.

Aquisição de uma câmara de elevada quantidade: Numa implementação comercial do projeto, a qualidade da câmara poderá ser muito superior. Contudo, tendo em conta o nosso orçamento reduzido e que este protótipo não passa de um proof of concept, não será adquirida outra câmara para esta unidade curricular.

Solução Tecnológica

- Localização/Instalação da câmara

Local: Instalação nas antigas torres de vigia dos guardas florestais (aproveitamento de infraestruturas existentes e boa distribuição).

Local alternativo: Caso não exista nenhuma torre para cobrir determinada área, terá de ser construída uma nova torre minimalista, de modo a não perturbar a paisagem e a reduzir custos.

Altura: O mais alto possível dentro das estruturas, dependendo sempre do terreno e da altura das árvores circundantes.

Análise de Competidores e trabalhos anteriores – Principais competidores de mercado

Empresa	O que faz?	Tecnologia	Ponto fraco (para nós)	A nossa vantagem
Pano AI	Solução "chave-na-mão"que utiliza câmaras 360° de ultra-alta definição montadas em torres altas, conectadas via 5G/LTE.	Deep Learning proprietário para detetar fumo e triangular a localização exata do fogo.	Custo de implementação extremamente elevado (modelo de subscrição empresarial) e dependência de infraestrutura pesada.	Solução de baixo custo (cost-effective) usando hardware acessível (Raspberry Pi/Arduino), permitindo maior densidade de cobertura em áreas com menos orçamento.
IQ FireWatch	Sistema global líder em deteção terrestre, utilizando sensores multiespectrais especializados montados em torres de vigia.	Analisa comprimentos de onda óticos e de infravermelhos próximos para distinguir fumo de poeira ou nevoeiro com alta precisão.	Sistema industrial "pesado". Exige torres robustas e investimento de capital (CAPEX) elevado, sendo pouco viável para pequenas áreas florestais ou zonas sem eletricidade estável.	Modularidade e IoT: O nosso sistema é leve, podendo ser instalado em árvores ou postes simples. A fusão com sensores locais (Arduino) fornece dados microclimáticos que a câmara da torre não consegue ler.

Análise de Competidores e trabalhos anteriores – Investigação e Implementações

Investigações	Referência	Contribuição	Limitação	A nossa evolução
TESE: YOLO Early Detection	(PDF)…	Demonstra a eficácia do algoritmo YOLO na deteção de fumo em estágios iniciais, comparando-o favoravelmente com métodos tradicionais de processamento de imagem.	O estudo foca-se em imagens estáticas e datasets limitados, sem integração em tempo real com sensores físicos.	Implementação em Edge Computing (Raspberry Pi) para processamento de vídeo em tempo real, não apenas análise estática.
Repo: YOLOv8 Fire & Smoke	GitHu…	Implementação moderna utilizando YOLOv8, que oferece melhor performance e velocidade de inferência que versões anteriores.	Baseia-se primariamente em imagens RGB (espectro visível), suscetível a falsos positivos com neblina ou cores quentes.	Adaptação do modelo para entradas de Infravermelhos (NoIR), permitindo deteção noturna e melhor distinção de temperatura.

Análise de Competidores e trabalhos anteriores – Investigação Recente (2023/2024)

- Frontiers in Env. Science (2024): Artigo 10.3389/fenvs.2024.1486212. Analisa novas métricas ambientais para deteção.
- Paper IJCRT (2023): IJCRT2306821. Foca na integração de sistemas de alerta.

Onde Ganhamos (Sensor Fusion)?

Ambos os estudos validam a necessidade de sistemas mais robustos. O nosso projeto responde a isto unindo a "Visão"(papers YOLO) com o "Olfato" (sensores IoT) e a "Validação"(Humano na Loop), criando uma arquitetura de tripla verificação.

Desafios técnicos

- Criação da rede Mesh e de multi hop do envio das mensagens ;
- Triangulação/Geolocalização dos Nós de Sensores;
- Como treinar um modelo de Machine Learning para analisar as imagens captadas em tempo real?

Testes e métricas de validação da solução

Métricas principais:

- Alcance;
- Precisão;
- False alarms por câmara por dia;
- Time-to-detect;
- Latência e FPs;
- Eficiência Energética.

Validação e testes:

- Separar dados por câmara/local;
- Dividir em treino/validação/teste;
- Criar stress test (noite, chuva, neblina);
- Validar precisão e falsos alarmes;
- Testar FPS, latência, consumo

Modelo a utilizar e a treinar :

- YOLO.

Ajustes para evitar erros:

- Reduzir falsos positivos com threshold (ajustar), janelas temporais.

Divisão do trabalho

Lead Sensors Developer

Lead Computer Vision Developer

Lead Telecom Developer

Lead Frontend Developer

Lead Hardware Developer

Lead Data Analyst

Calendarização das atividades

Atividade	Previsão ínicio	Duração	Explicação
Entrevistas a beneficiários da solução	06/03/2026	2 semana	Realização de entrevistas a comandantes dos bombeiros
Recolha de Dados	24/03/2026	1 mês	Recolha de imagens/vídeos e anotação (labeling) para o YOLO.
Desenvolvimento Intensivo	20/04/2026	1 mês	Montagem do Hardware; Treino do modelo YOLO; Implementação da rede Mesh/LoRa; Design do Dashboard.
Testes e validação	19/05/2026	2 semanas	Testes de campo (nevoeiro, noite, distância); Ajuste de thresholds para evitar falsos positivos.

ElectroCap Project Proposal

Obrigado!

Para mais informações sobre o desenvolvimento do projeto, podem visitar a nossa página web:

https://web.tecnico.ulisboa.pt/~ist1109562/equipa2/

TÉCNICO LISBOA