

IoT Cloud

Catarina Pereira¹

1º ano de METI²

Universidade do Minho³

Braga, Portugal

pg537336@alunos.uminho.pt

Denis-Alexandru Antonescu¹

1º ano de METI

Universidade do Minho

Dobreta, Roménia

e11021@alunos.uminho.pt

Inês Neves¹

1º ano de METI

Universidade do Minho

Porto, Portugal

pg53864@alunos.uminho.pt

Leonardo Martins¹

1º ano de METI

Universidade do Minho

Aveiro, Portugal

pg53996@alunos.uminho.pt

¹ Elementos do Grupo 01

² Mestrado de Engenharia de Telecomunicações e Informática

³ Universidade com dois campi, Braga e Guimarães. Este mestrado é lecionado no campus de Guimarães.

Resumo—O projeto UrbanSense visa desenvolver um sistema inovador de Internet das Coisas (IoT) para monitorização e gestão inteligente de cidades. A arquitetura proposta integra dispositivos sensores, como sensores de temperatura, humidade e movimento, numa plataforma baseada em nuvem. Estes sensores fornecem dados em tempo real sobre as condições ambientais e o tráfego na cidade. O sistema utiliza tecnologias como LoRa para comunicação de longo alcance e baixo consumo de energia, garantindo uma cobertura eficiente. Além disso, são exploradas ferramentas como CupCarbon para simulações de redes de sensores sem fios. O projeto visa não apenas recolher dados, mas também processá-los eficazmente, proporcionando *insights* valiosos para a gestão urbana. O texto apresenta uma visão geral dos fundamentos teóricos, práticos, da arquitetura e das ferramentas utilizadas no desenvolvimento do UrbanSense. Este projeto representa uma oportunidade para adquirir conhecimentos abrangentes em IoT, redes de sensores e aplicações práticas para cidades inteligentes.

Index Terms—Internet of Things (IoT); Smart Cities; LoRa; Protocolo MQTT; Simulação; Monitorização;

I. INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (IoT) é um conceito revolucionário que funde perfeitamente o mundo digital com o mundo físico, permitindo que qualquer objeto, pessoa ou lugar seja automaticamente associado às suas informações online. Um aspecto fundamental da tecnologia IoT é a implantação de sensores e atuadores, que têm a capacidade de medir ou manipular o ambiente em que estão situados [1]. No entanto, para facilitar esta funcionalidade, é necessária uma arquitetura robusta para transmitir dados do sensor para análise posterior. Embora estes dispositivos sensores não sejam conhecidos pelas suas poderosas capacidades de processamento ou comunicação, a sua enorme quantidade impõe exigências substanciais à infra-estrutura que os suporta.

Para enfrentar este desafio, as plataformas IoT são frequentemente distribuídas para atender a vários objetivos. Estes objetivos incluem garantir que múltiplas plataformas sejam capazes de receber solicitações e fornecer redundância para os dispositivos. Além disso, a distribuição geográfica destas plataformas permite um acesso mais rápido.

O objetivo principal deste projeto é desenvolver um protótipo de sistema IoT que integre perfeitamente uma plataforma IoT e uma rede de dispositivos sensores e atuadores. Este sistema foi projetado para usar uma plataforma baseada em nuvem para gestão de dados, armazenamento e administração de utilizadores. Adicionalmente, deverá criar

uma rede de sensores que interajam com esta nuvem, transmitindo os dados recolhidos dos sensores e recebendo dados para configuração e atuação. A comunicação de dados entre os dispositivos sensores e a nuvem deve incorporar mecanismos de segurança, pelo menos na forma de autenticação, para salvaguardar a identidade dos dispositivos.

Este projeto oferece a oportunidade de adquirir conhecimentos e competências em vários domínios, abrangendo simulação, emulação, aplicações de rede, IoT, e a criação e gestão de uma infraestrutura cloud, incluindo um servidor DNS (Domain Name System). As secções seguintes aprofunda-se a organização, arquitetura e avaliação do projeto.

II. FUNDAMENTO TEÓRICO

Este capítulo apresenta os conceitos teóricos necessários ao desenvolvimento deste projeto fornecendo um contexto sólido para a compreensão dos tópicos abordados. Explora-se as teorias e conceitos que são relevantes para o objeto do trabalho.

A evolução da Internet é um tema de extrema relevância, intrinsecamente ligado ao contexto deste projeto. Ao longo das décadas, a Internet passou por transformações profundas, evoluindo desde os seus primórdios como uma rede militar restrita até se tornar uma infraestrutura global que conecta mil milhões de pessoas em todo o mundo [2]. Compreender essa evolução é fundamental para contextualizar as tecnologias e sistemas, como o DNS e o BIND (Berkeley Internet Name Domain), que desempenham um papel vital neste projeto.

O DNS é um conceito central neste projeto. Trata-se de um sistema de nomenclatura hierárquico que desempenha um papel fundamental em redes de computadores e na Internet [3]. A principal função é traduzir nomes de domínio legíveis por humanos em endereços IP (Internet Protocol) numéricos, tornando a navegação na web mais acessível e conveniente para os utilizadores.

O BIND, por sua vez, é um software amplamente utilizado para serviços DNS na Internet e em redes privadas [4]. As principais finalidades englobam:

- **Resolução de nomes de domínio:** traduz nomes de domínio legíveis por humanos em endereços IP e vice-versa.

- **Servidor DNS autoritativo:** o BIND pode hospedar registros DNS para domínios específicos, permitindo que as organizações gerenciem as suas informações DNS.
- **Cache do servidor DNS:** armazena registros DNS acedidos com frequência para melhorar os tempos de resposta das consultas.
- **Suporte DNSSEC (Domain Name System Security Extensions):** O BIND aprimora a segurança do DNS por meio do DNSSEC, protegendo contra ataques relacionados ao DNS.
- **Atualizações dinâmicas:** suporta atualizações dinâmicas para registros DNS que mudam com frequência.
- **Balanceamento de carga:** o BIND pode distribuir consultas DNS em vários servidores para equilíbrio de carga.
- **Registro e monitoramento:** fornece recursos de registro e monitoramento para atividades de DNS.
- **Personalização:** o BIND é altamente configurável para atender a requisitos e políticas específicas.

Em essência, o BIND é essencial para traduzir nomes de domínio em endereços IP, hospedar registros DNS, aumentar a segurança e dar suporte a diversas tarefas relacionadas ao DNS na Internet e nas redes.

No âmbito dos protocolos de roteamento, o RIP (Routing Information Protocol) utiliza o algoritmo de “vetor de distância” e é adequado para redes de pequena dimensão e topologia simples [5]. É amplamente utilizado como protocolo de encaminhamento interno. Enquanto o OSPF (Open Shortest Path First) é um protocolo de roteamento para redes maiores, baseado no algoritmo de “estado de ligação” [5]. No OSPF cada router divulga informações sobre o estado das suas próprias conexões. Isto é feito por meio de LSAs (Link State Advertisements).

Os sensores IoT são dispositivos utilizados para detetar características do ambiente, gerando sinais de controlo para atuadores. Estes sensores podem ser implementados em *Smart Cities*, cidades inteligentes automatizadas que permitem facilitar o dia a dia das pessoas. Este pode controlar as funções da casa através do telemóvel [1]. Neste projeto usar-se-á o sensor de temperatura e humidade para a medição destas, de modo a verificar os seus valores e para ver se está dentro de condições para a deteção de incêndios.

O protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) é preferido na maioria das aplicações atuais de IoT e máquina a máquina (M2M), pois é leve, oferece grande flexibilidade e é muito útil em conexões com locais remotos. O MQTT define dois tipos diferentes de entidades de rede: um corretor e um ou vários clientes. O corretor é um servidor MQTT que recebe todas as mensagens dos clientes e depois envia mensagens de volta de acordo com uma certa configuração. Um cliente MQTT pode ser qualquer dispositivo conectado ao corretor numa rede [6].

O termo “cidade inteligente” é relativamente novo [7]. Devido à diversidade de países com distintas necessidades e contextos, como nações desenvolvidas e em desenvolvi-

mento, é desafiador encontrar definições e tendências que se apliquem universalmente a todas as cidades inteligentes. Existe um consenso sobre três elementos fundamentais ao definir a inteligência de uma cidade [8, 9]:

- 1) **Eficácia:** capacidade de uma cidade fornecer serviços públicos e privados de forma eficiente, para cidadãos, empresas ou organizações não privadas. Por outras palavras, uma SC (Smart City) não é, por si só, inteligente, mas pelo valor público que cria para as pessoas;
- 2) **Benefícios ambientais:** melhoria da qualidade do meio ambiente nas grandes cidades. Um dos principais pilares da SC é evitar a degradação ambiental. De modo a preservar a qualidade ambiental, uma SC, deve concentrar-se no consumo de energia, poluição e tráfego;
- 3) **Inovação:** uma SC deve aplicar tecnologias avançadas para melhorar a qualidade dos seus principais componentes, para que melhores serviços sejam prestados. A tecnologia é, portanto, um aspecto central da inteligência de uma cidade.

O Long Range (LoRa) é uma tecnologia de comunicação sem fios projetada para comunicação de longo alcance com baixo consumo de energia em aplicações de IoT e M2M. O LoRa é uma das tecnologias-chave usadas no padrão Long Range Wide Area Network (LoRaWAN) [10, 11]. Algumas características e recursos-chave do protocolo LoRa:

- **Longo Alcance:** O LoRa é especificamente projetado para fornecer comunicação de longo alcance, tornando-a adequada para aplicações que requerem conectividade por vários quilómetros. A faixa real pode variar dependendo dos fatores ambientais, mas pode se estender uns três quilómetros em áreas urbanas a 10 quilómetros em ambientes rurais [12].
- **Baixo Consumo de Energia:** Os dispositivos LoRa são projetados para operar com um consumo muito baixo de energia. Isto é crucial para dispositivos IoT alimentados por bateria, pois permite que eles tenham uma longa vida útil da bateria.
- **Baixas Taxas de Dados:** O LoRa é adequado para aplicações que não exigem altas taxas de dados. Este é projetado para transmitir pequenas quantidades de dados de maneira eficiente, sendo ideal para vários casos de uso de IoT, como leituras de sensores.
- **Topologia de Rede em Estrela de Estrelas:** O LoRa é tipicamente usado numa topologia de rede “estrela de estrelas”, em que os dispositivos finais se comunicam com estações base que, por sua vez, se conectam a um servidor de rede central. Esta arquitetura oferece escalabilidade e uso eficiente de recursos.

A tecnologia LoRa é amplamente usada em várias aplicações de IoT, incluindo cidades inteligentes, agricultura, monitorização ambiental e muito mais. Esta tecnologia fornece uma solução económica e eficiente para conectar uma ampla variedade de dispositivos em cenários de longo alcance e baixo consumo de energia.

O CupCarbon é uma plataforma para projeto, simulação e visualização 2D/3D de propagação e interferências de rádio em redes IoT e oferece a possibilidade de criar dois ambientes de simulação distintos [13, 14]:

- O primeiro ambiente possibilita a concepção de cenários de mobilidade, a geração de eventos naturais e a simulação de veículos e objetos voadores.
- O segundo ambiente refere-se à simulação de eventos em redes de sensores sem fios, levando em consideração o cenário do primeiro ambiente.

A ferramenta permite a criação de rotas por meio de marcadores, os quais são posicionados ao longo do mapa para formar a rota desejada pelo utilizador. Cada marcador está conectado ao marcador anterior, formando assim uma rota que é posteriormente armazenada num arquivo GPS. Esta funcionalidade alinha-se com os objetivos deste trabalho, pois possibilita a criação de vários arquivos GPS contendo rotas.

Além disso, o CupCarbon possibilita associar um sensor móvel a uma rota, permitindo assim simular, por exemplo, o deslocamento de um carro ao longo de uma rota recomendada. Outras funcionalidades incluem a exportação e armazenamento dos resultados num arquivo CSV. O CupCarbon destaca-se como uma ferramenta valiosa, considerando diversos parâmetros-chave:

- É gratuita.
- Oferece suporte eficiente, com atualizações que corrigem bugs e introduzem novas funcionalidades.
- Possui uma interface amigável ao utilizador, com uma interface gráfica intuitiva.
- Disponibiliza material de apoio à aprendizagem, incluindo tutoriais, manuais e guias.
- Conta com uma comunidade ativa de utilizadores, facilitando a discussão de ideias e a resolução de problemas.

Esta ferramenta é especialmente orientada para o uso de sensores, permitindo a criação de diversos tipos de sensores móveis ou fixos, a elaboração de rotas alternativas para os sensores móveis e a simulação de eventos naturais, como a variação da temperatura ao longo do dia numa determinada área de estudo. Também viabiliza a criação de várias redes de sensores, onde é possível simular a captação de dados em tempo real.

O Hypertext Markup Language (HTML) é uma linguagem de marcação usada para criar e projetar páginas da web, [15]. HTML usa tags e atributos para definir elementos dentro de uma página da web, como títulos, parágrafos, imagens, links e muito mais. Documentos HTML consistem numa série de tags, que são cercadas por parênteses angulares (<>), e conteúdo vai estar entre estas tags.

III. FUNDAMENTO PRÁTICO

Nesta secção vai ser dividida em duas subsecções: na primeira apresenta-se a Arquitetura e, na segunda, as Ferramentas necessárias para a realização do projeto.

A. Arquitetura

Este segmento detalha a receção e armazenamento de dados dos dispositivos sensores, Figura 1, destacando a configuração essencial do gateway central para operar com o protocolo LoRa. Além disso, abrange o processamento e armazenamento eficazes desses dados, escolhendo cuidadosamente entre opções locais ou baseadas em nuvem. A secção explora a seleção e integração de ferramentas de visualização, permitindo a interpretação intuitiva dos dados sensoriais. A implementação de monitoramento em tempo real, a criação de interfaces de utilizador interativas e a introdução de alertas e notificações para leituras anómalas dos sensores são também aspetos fundamentais abordados. Em última análise, esta secção serve como um guia integral para a construção da arquitetura robusta e funcional necessária para a fase crítica do projeto IoT em questão.

B. Ferramentas

Neste capítulo, são examinados em detalhe os elementos que desempenham um papel crucial na condução deste projeto. O conjunto diversificado de ferramentas e recursos abrange uma ampla variedade de aplicações, cada uma desempenhando um papel específico e vital no desenvolvimento do projeto.

1) *Software*: As ferramentas e recursos utilizados são:

- **Smartsheet**: Essencial para o planeamento temporal das tarefas do grupo, o programa Smartsheet garante uma gestão eficaz do cronograma de trabalho, promovendo a organização e a sincronização das atividades.
- **Miro**: A plataforma Miro é empregada na criação de diagramas de blocos e fluxogramas, proporcionando uma visualização clara e uma comunicação eficiente de conceitos complexos, o que é fundamental para o entendimento coletivo das estratégias adotadas.
- **Visual Paradigm**: Na elaboração de diagramas de sequências, a plataforma Visual Paradigm destaca-se pela sua eficiência e capacidade de representar interações complexas de maneira intuitiva, contribuindo para uma compreensão aprofundada do fluxo de processos.
- **GNS3**: O software GNS3 desempenha um papel crucial na simulação de redes, permitindo testar cenários e configurações antes da implementação prática.
- **CupCarbon**: CupCarbon é uma plataforma para projetar e simular redes de sensores sem fios dedicadas a aplicações de cidades inteligentes e IoT [16].
- **Plataformas de Comunicação**: Para facilitar a comunicação, colaboração e organização do código desenvolvido pelo grupo, utiliza-se as plataformas Discord e WhatsApp.
- **Figma**: Como editor gráfico de vetor e ferramenta de prototipagem, o Figma é utilizado para projetos de design, oferecendo uma abordagem centrada na web, com ferramentas offline adicionais para GNU/Linux, macOS e Windows, o que proporciona flexibilidade e acessibilidade.

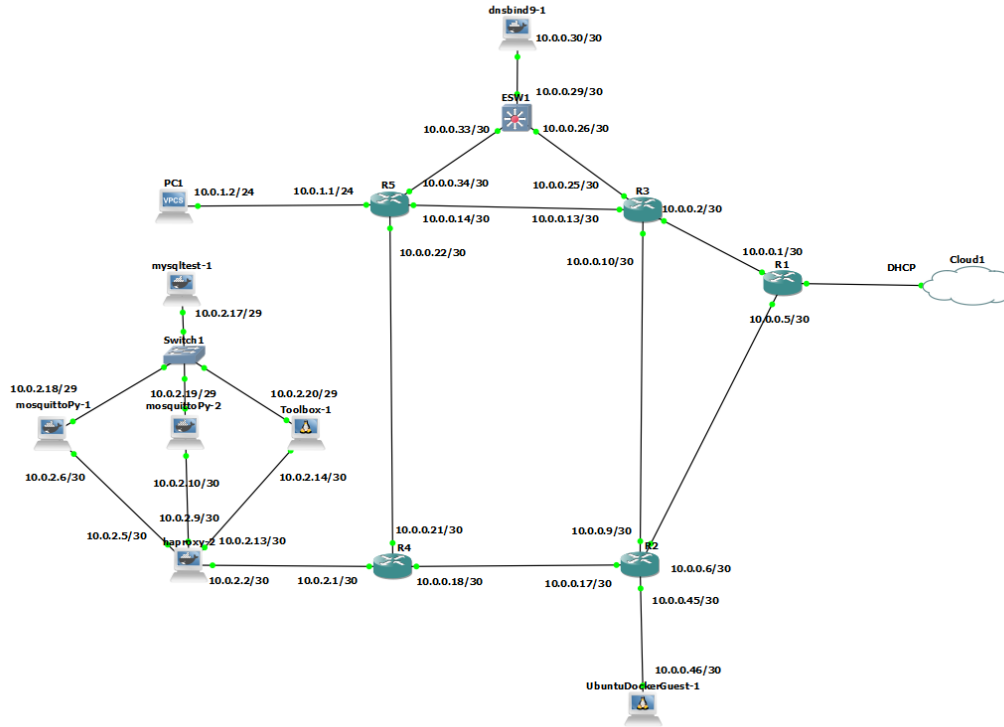


Figura 1. Arquitetura.

- **Overleaf:** Para a elaboração de relatórios em formato \LaTeX , utiliza-se a plataforma Overleaf, que simplifica a formatação e a colaboração em documentos técnicos.

Estas ferramentas e recursos desempenham um papel essencial para o estudo e a pesquisa.

2) **Hardware:** No que diz respeito às ferramentas de *hardware* serão utilizados um sensor de temperatura e humidade e um sensor de movimento para o projeto, ambos simulados pelo CupCarbon.

- **Sensor de temperatura e humidade:**
Este sensor desempenha um papel crucial na monitorização e controlo não apenas da temperatura e humidade em diversas áreas da cidade, mas também na deteção de incêndios. Em caso de deteção, o sistema está programado para acionar automaticamente o envio de um alerta às equipas de bombeiros.
- **Sensor de movimento:**
No que diz respeito aos sensores de movimento, a principal função consiste em monitorizar o tráfego em áreas específicas com maior movimento na cidade. Eles são projetados para detetar um fluxo mais intenso de veículos, enviando notificações para informar que a área está significativamente congestionada. Esta capacidade de deteção de movimentação mais elevada de carros permite uma resposta proativa para gerir eficientemente o tráfego e garantir a segurança viária.

IV. DESENVOLVIMENTO PRÁTICO

Nesta secção, serão apresentadas as conexões de todo o sistema deste projeto.

A. Tipo de Mensagens

O UrbanSense implementa dois tipos de mensagens para eficaz recolha e transmissão de dados para a nuvem, cada um com uma estrutura específica:

- Para mensagens relacionadas ao sensor de temperatura e humidade:

```
ID_source ID_dest timestamp message_type=1
temperatura humidade
```

- Para mensagens relacionadas ao sensor de movimento:

```
ID_source ID_dest timestamp message_type=2
transito_Detetado=(0 ou 1)
```

No contexto da “message_type=1”, consideram dados provenientes do sensor de temperatura e humidade. Já “message_type=2”, refere-se aos dados do sensor de movimento. No caso das mensagens destinadas ao sensor de movimento, o parâmetro “transito_Detetado” assume o valor 0 quando não há trânsito detetado e 1 quando há trânsito detetado.

B. Requisitos do Sistema

Neste capítulo, delinea-se os requisitos funcionais e não funcionais para o desenvolvimento e implementação do sistema proposto, que visa criar uma infraestrutura robusta de Internet das Coisas (IoT). Ao compreender e detalhar estes requisitos, visa assegurar que o sistema atenda às expectativas, objetivos e padrões de desempenho necessários para uma solução IoT eficiente e confiável.

1) *Requisitos Funcionais*: Na enumeração abaixo apresentam-se os requisitos funcionais, isto é, as capacidades e características específicas que o sistema deve oferecer para atender às necessidades identificadas. Desde a criação da infraestrutura de rede até a implementação da plataforma IoT, explora-se as funcionalidades essenciais que compõem a base deste projeto. Entre esses requisitos estão a capacidade de estabelecer rotas automáticas, a configuração de sensores para monitorizar parâmetros específicos e a replicação da plataforma para garantir alta disponibilidade. Os Requisitos Funcionais são os seguintes:

- 1) Estabelecimento de rotas automáticas em caso de falha de uma ligação.
- 2) Tradução de Nomes de Domínio pelo Servidor DNS.
- 3) Configuração dos dispositivos sensores.
- 4) Implementação de uma rede de sensores usando Cup-Carbon.
- 5) Monitorização da temperatura e da humidade.
- 6) Monitorização do tráfego.
- 7) Integração da rede de sensores com a infraestrutura de rede (GNS3).
- 8) Desenvolvimento de um serviço de aquisição de dados IoT usando o protocolo MQTT.
- 9) Criação uma base de dados para armazenamento dos dados dos sensores.
- 10) Implementação de uma plataforma de gestão de utilizadores.
- 11) Desenvolver um serviço de autenticação.
- 12) Criação de uma interface gráfica para visualização dos dados IoT.
- 13) Implementação *load balancing* para distribuir dados entre servidores replicados.

2) *Requisitos Não Funcionais*: Os requisitos não funcionais são igualmente cruciais, pois delinham as características do sistema que não se limitam a funcionalidades específicas. Aborda aspectos como desempenho, segurança, disponibilidade, escalabilidade, manutenibilidade e usabilidade. Estes requisitos visam garantir não apenas a eficiência operacional, mas também a integridade, confidencialidade e experiência do utilizador. Por meio desses requisitos, deliberou-se os padrões e diretrizes que moldarão a arquitetura e implementação do sistema.

Os Requisitos Não Funcionais são os seguintes:

- 1) A plataforma de IoT deve ser capaz de lidar com grandes volumes de dados provenientes de múltiplos dispositivos sensores.
- 2) O sistema de *load balancing* deve garantir uma distribuição equitativa da carga entre os servidores

replicados.

- 3) Implementar um mecanismo de autenticação seguro para utilizadores e dispositivos sensores.
- 4) Os servidores replicados devem garantir alta disponibilidade da plataforma IoT.
- 5) O serviço de DNS deve ser confiável e disponível para tradução de nomes de domínio.

C. Representações Visuais

Nesta secção, apresenta-se as representações visuais do projeto, incluindo diagramas de sequência e fluxogramas. As figuras estão ordenadas de forma a facilitar a compreensão do sistema, levando em consideração a ordem de visualização do código ou a relevância para um melhor entendimento.

1) *Diagramas de Sequência*: Os diagramas de sequência do projeto fornecem uma visão detalhada das interações entre as principais entidades do sistema. As figuras são organizadas de acordo com a sequência que o utilizador visualiza ou que faz mais sentido em relação à ordem de visualização do código. A personagem central considerada é o utilizador. Cada diagrama abrange três colunas representando a interação da personagem com a *Interface*, o *Controller* e a Base de Dados.

De seguida, os tipos de diagramas para os seguintes casos, estão apresentados no Anexo A:

- *Login* (Figura 3);
- *Iniciar Sessão* (Figura 4);
- *Conexão de um Sistema Sensor* (Figura 5);

2) *Base de Dados Relacional*: Uma base de dados é uma ferramenta que permite a recolha e organização de dados, demonstrado na Figura 2. É uma recolha de informações que podem ser consultadas, atualizadas e manipuladas por meios computacionais.

Neste caso, a base de dados será utilizada para armazenar informações provenientes de um sistema de sensores e será armazenada num arquivo do tipo SQL. O diagrama de entidade-relacionamento tem os seguintes parâmetros:

- *utilizadores* - são os utilizadores, as contas criadas;
- *conexões* - ligação entre um utilizador e os sensores;
- *sensor* - ID de cada sensor;
- *dados* - dados de cada sensor;

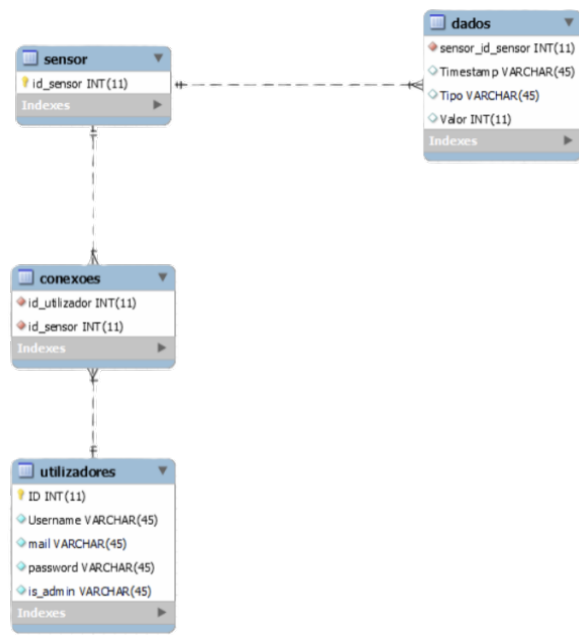


Figura 2. Base de Dados Relacional.

3) *Interface Amigável*: Antes de detalhar os pormenores da interface do sistema de monitorização e controlo de sistemas urbanos inteligentes, é crucial compreender as fases distintas que delineiam a experiência do utilizador: antes e após iniciar a sessão. Estas duas etapas desempenham papéis cruciais na interação do utilizador com a plataforma, moldando a sua perceção e acessibilidade às funcionalidades disponíveis. Neste capítulo, explora-se em detalhe o design concebido para ambas as fases, destacando a experiência proporcionada aos utilizadores em cada contexto. Desde a página inicial, que serve como ponto de entrada, até às funcionalidades adicionais disponíveis após iniciar a sessão. Este design visa não apenas facilitar a navegação, mas também garantir uma transição suave entre as diversas funcionalidades oferecidas pela plataforma UrbanSense, tornando-a acessível, informativa e eficaz para todos os utilizadores. Todas as funcionalidades estão apresentadas no Anexo B.

a) *Antes de Iniciar Sessão*:

- Página Inicial**: Apresenta o título do projeto, UrbanSense. Esta página inclui de forma resumida:
 - A indicação dos três tipos de monitorizações;
 - Os membros da equipa;
 - Todos os documentos relevantes criados ao longo da criação do projeto.
- Equipa**: Apresenta informações sobre os membros da equipa envolvidos no projeto.
- Documentação**: Permite aos utilizadores aceder a documentos relevantes, incluindo relatórios de especificação das diferentes fases do projeto e um artigo científico que oferece uma visão global do sistema final desenvolvido.

4. **Monitorização**: Oferece acesso indireto às três principais áreas de monitorização - Tráfego, Temperatura e Incêndios - fornecendo uma visão prévia das funcionalidades disponíveis.

5. **Criar Conta**: Fornece a opção de criar uma nova conta para utilizadores que ainda não estão registados no sistema.

6. **Iniciar Sessão**: Redireciona para a página de login, permitindo que os utilizadores autenticados acessem funcionalidades avançadas.

b) *Após Iniciar Sessão*: Para além das funcionalidades antes do início da sessão são acrescentadas:

1. **Monitorização**: Oferta de acesso direto às três principais áreas de monitorização - Tráfego, Temperatura e Incêndios - fornecendo uma visão prévia das funcionalidades disponíveis.

- Tabelas de Monitorização**: Apresenta tabelas detalhadas relacionadas à monitorização selecionada, oferecendo uma análise mais profunda das condições urbanas.

2. **Definições da Conta**: Permite que os utilizadores ajustem as configurações da sua conta, oferecendo controlo sobre as preferências individuais.

3. **Terminar a Sessão**: Oferece a opção de terminar a sessão, garantindo a segurança das informações pessoais e o acesso controlado às funcionalidades do sistema.

Este design de interface foi concebido com o objetivo de tornar a interação com o sistema UrbanSense eficiente, informativa e acessível a uma variedade de utilizadores.

V. RESULTADOS EXPERIMENTAIS E DISCUSSÃO

Esta secção apresenta uma análise dos dados obtidos durante o desenvolvimento do sistema de monitorização e controlo para cidades inteligentes.

Ao longo deste segmento, serão discutidos os resultados das implementações realizadas, assim como as funcionalidades e o desempenho do sistema. Serão detalhadamente abordados os dados recolhidos pelos sensores, incluindo informações como temperatura, humidade e movimento. A análise destes dados compreenderá uma avaliação aprofundada sobre o impacto na segurança dos utilizadores.

A. Descrição dos testes

A avaliação da eficácia do sistema de monitorização proposto envolveu um conjunto abrangente de testes, focados nas principais áreas de interesse: tráfego urbano, temperatura e deteção de incêndios. Estes testes foram concebidos para validar a precisão, robustez e capacidade de resposta do sistema em condições diversas.

1) *Monitorização de Tráfego*: Os testes de monitorização de tráfego abordaram a capacidade do sistema em recolher, processar e interpretar dados de tráfego urbano em tempo real. Para isso, utilizaram-se sensores de tráfego estrategicamente posicionados em locais urbanos movimentados de Braga. Os resultados foram avaliados quanto à deteção de padrões de congestionamento e fornecimento de informações em tempo útil para intervenções ou otimizações necessárias.

2) *Monitorização de Temperatura:* A avaliação da monitorização de temperatura visou garantir que o sistema respondesse eficazmente a variações térmicas significativas. Sensores de temperatura foram distribuídos em diferentes zonas urbanas, permitindo a monitorização contínua. Os testes incluíram cenários de variações climáticas extremas, assegurando que o sistema pudesse detetar e relatar rapidamente alterações nas condições meteorológicas.

3) *Deteção de Incêndios:* Os testes para a deteção de incêndios focaram-se na capacidade do sistema em identificar precocemente potenciais focos de incêndio. Vários sensores de temperatura e humidade foram implantados em áreas suscetíveis a incêndios, e foram simuladas situações de incêndio controlado. A avaliação abrangeu a rapidez na deteção, a precisão na localização e a eficácia das notificações e alertas gerados quando a temperatura é acima dos 70° C e abaixo de uma percentagem de humidade.

4) *Resultado:* Os resultados dos testes demonstraram a eficácia global do sistema de monitorização. A capacidade de integrar dados de tráfego, temperatura e incêndios proporcionou uma visão abrangente do ambiente urbano. O sistema destacou-se pela sua capacidade de resposta em tempo real, fornecendo dados precisos e alertas imediatos em situações críticas.

A fase de testes validou com sucesso a implementação do sistema de monitorização, reforçando a sua utilidade na promoção da segurança urbana, gestão eficiente do tráfego e resposta eficaz a eventos climáticos e situações de emergência, consolidando assim a sua contribuição para o desenvolvimento de cidades mais inteligentes e seguras.

B. Análise dos Dados Recolhidos

A recolha dos dados provenientes dos testes de monitorização revelou uma riqueza de informações cruciais para avaliar a eficácia e a robustez do sistema implementado. A análise desses dados permitiu *insights* valiosos em cada área monitorizada, contribuindo para uma compreensão mais profunda dos padrões, desafios e potenciais melhorias.

1) *Tráfego Urbano:* A Tabela V-B1 apresenta os dados para verificar o congestionamento na cidade, estes são o tempo, o ID do sensor e o valor lido. O valor lido pode conter dois valores “1” significa que foi detetado movimento ou “0” se não foi detetado movimento.

Tabela I
MONITORIZAÇÃO DO TRÁFEGO.

Tempo (segundos)	ID Sensor	Valor Lido
42.02	7	0
43.02	6	1
44.02	6	0
56.02	4	1
57.02	3	1
57.02	4	0

2) *Temperatura:* A Tabela V-B2 apresenta os dados para verificar a temperatura e a humidade da cidade, estes dados são o tempo, o ID do sensor, a temperatura e a humidade.

Tabela II
MONITORIZAÇÃO DA TEMPERATURA.

Tempo (segundos)	ID Sensor	Temperatura (°C)	Humidade (%)
2.02	9	0	0
2.02	13	0	0
12.02	9	100	63
13.02	13	12	66
22.02	9	18	62
23.02	13	15	50

Ao observar a Tabela 2 pode-se retirar a seguinte informação destes dados:

- Média: 24,16(6) °C;
- Média: 40,16(6) %.

3) *Incêndios:* A Tabela V-B3 apresenta os dados para os incêndios detetados na cidade, estes dados são o tempo, o ID do sensor, a temperatura e a humidade. É considerado um incêndio quando a temperatura é superior a 70°C.

Tabela III
DETEÇÃO DE INCÊNDIOS.

Tempo (segundos)	ID Sensor	Temperatura (°C)	Humidade (%)
2.02	9	100	0

C. Discussão dos Resultados

Os resultados obtidos a partir da monitorização abrangente de tráfego, temperatura e incêndios apresentam uma visão esclarecedora sobre o funcionamento do sistema, as suas potencialidades e áreas passíveis de aprimoramento. Esta secção destaca as principais descobertas e explora as implicações práticas e estratégicas desses resultados.

1) *Otimização do Tráfego Urbano:* Os dados de tráfego revelaram padrões que, quando interpretados adequadamente, podem informar decisões cruciais para otimização do tráfego urbano. A identificação de horários de pico e áreas congestionadas oferece oportunidades para a implementação de políticas de mobilidade inteligentes, visando melhorar a fluidez do tráfego e reduzir os tempos de deslocamento.

2) *Resiliência Climática:* A análise dos dados de temperatura não apenas forneceu uma compreensão profunda dos padrões climáticos locais, mas também destacou a importância da resiliência climática. A capacidade de antecipar eventos climáticos extremos possibilita uma preparação mais eficaz, reduzindo os impactos adversos nas infraestruturas urbanas e na segurança da comunidade.

3) *Prevenção e Resposta a Incêndios*: Os resultados da monitorização de incêndios indicam uma capacidade notável do sistema em detectar focos precoces e transmitir alertas instantâneos. Esta prontidão é essencial para a prevenção e resposta eficiente a incêndios, mitigando riscos e protegendo vidas e propriedades. A discussão destaca a importância de investir em tecnologias que fortaleçam a segurança contra incêndios urbanos.

4) *Colaboração entre Elementos Monitorizados*: A integração dos dados de tráfego, temperatura e incêndios revelou uma colaboração valiosa. A compreensão das interações entre esses elementos oferece uma visão mais holística da dinâmica urbana. A discussão ressalta a importância de abordagens integradas na gestão urbana, promovendo uma tomada de decisão mais eficiente e adaptável.

VI. CONCLUSÃO

Este artigo explorou de maneira abrangente a implementação de um sistema de monitorização e controlo para sistemas urbanos inteligentes baseado na Internet das Coisas (IoT). Ao longo das secções, discute-se a evolução da Internet, destacando a importância do DNS e do BIND. Analisa-se também os protocolos como Routing Information Protocol (RIP), Open Shortest Path First Protocol (OSPF), e Message Queuing Telemetry Transport (MQTT), que desempenham papéis cruciais em redes IoT.

A introdução da tecnologia LoRa e do padrão LoRaWAN foi fundamental, proporcionando uma solução eficiente e económica para comunicação de longo alcance e baixo consumo de energia. Além disso, aborda-se conceitos essenciais de cidades inteligentes, destacando eficácia, benefícios ambientais e inovação como elementos fundamentais.

No âmbito prático, detalha-se a arquitetura do projeto, desde a receção e armazenamento de dados dos sensores até a implementação de ferramentas como CupCarbon. A definição de requisitos funcionais e não funcionais forneceu uma estrutura sólida para o desenvolvimento, assegurando eficiência operacional, segurança e escalabilidade.

A representação visual do sistema através de diagramas de sequência, diagrama entidade-relacionamento e interfaces amigáveis demonstra a clareza e usabilidade do sistema proposto. Cada elemento foi projetado com foco na experiência do utilizador e na eficácia operacional.

Em suma, este trabalho contribui significativamente para a compreensão e implementação de sistemas IoT em contextos urbanos. A infraestrutura robusta, as ferramentas bem escolhidas e a integração cuidadosa de protocolos e tecnologias proporcionam uma base sólida para futuras pesquisas e desenvolvimentos nesta área dinâmica e em constante evolução. A capacidade de adaptar e escalar o sistema destaca-se como uma característica chave, preparando-o para enfrentar desafios futuros e promover a criação de ambientes urbanos mais inteligentes e sustentáveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores desejam expressar a sua sincera gratidão ao Professor Doutor Bruno Daniel Mestre Viana Ribeiro, Pro-

fessor Doutor Fábio Raul Costa Gonçalves e ao Professor Doutor José Augusto Afonso pela orientação, ajuda e as valiosas contribuições ao projeto. Os professores não só responderam a todas as perguntas e esclareceram todas as dúvidas relacionadas ao projeto, mas também forneceram orientação sobre o enunciado e apresentaram ideias criativas que foram fundamentais para a realização do projeto. Além disso, agradecemos pelo fornecimento de material que foi essencial para a criação do projeto.

REFERÊNCIAS

- [1] Ala Al-Fuqaha et al. “Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications”. Em: *IEEE Communications Surveys Tutorials* 17.4 (2015), pp. 2347–2376. DOI: 10.1109/COMST.2015.2444095.
- [2] *A Brief History of the Internet?* https://www.usg.edu/galileo/skills/unit07/internet07_02.phtml. Acedido em 22 de setembro de 2023.
- [3] *What is a DNS server?* <https://www.cloudflare.com/learning/dns/what-is-a-dns-server/>. Acedido em 19 de setembro de 2023.
- [4] Gábor Lencse. “Benchmarking Authoritative DNS Servers”. Em: *IEEE Access* 8 (2020), pp. 130224–130238. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3009141.
- [5] Megha Jayakumar, N Ramya Shanthi Rekha e B. Bharathi. “A comparative study on RIP and OSPF protocols”. Em: *2015 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS)*. 2015, pp. 1–5. DOI: 10.1109/ICIIECS.2015.7193275.
- [6] Maria Sălăgean e Daniel Zinca. “IoT Applications based on MQTT Protocol”. Em: *2020 International Symposium on Electronics and Telecommunications (ISETC)*. 2020, pp. 1–4. DOI: 10.1109/ISETC50328.2020.9301055.
- [7] Toh Mun Heng e Linda Low. “The intelligent city: singapore achieving the next lap”. Em: *Technology Analysis & Strategic Management* 5.2 (1993), pp. 187–202. DOI: 10.1080/09537329308524129.
- [8] Ben Morris. “The components of the Wired Spanning Forest are recurrent”. Em: *Probability Theory and Related Fields* 125.2 (fev. de 2003), pp. 259–265. ISSN: 1432-2064. DOI: 10.1007/s00440-002-0236-0. URL: <https://doi.org/10.1007/s00440-002-0236-0>.
- [9] Raffaele Carli et al. “Measuring and Managing the Smartness of Cities: A Framework for Classifying Performance Indicators”. Em: *2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*. 2013, pp. 1288–1293. DOI: 10.1109/SMC.2013.223.
- [10] Jonathan de Carvalho Silva et al. “LoRaWAN — A low power WAN protocol for Internet of Things: A review and opportunities”. Em: *2017 2nd International Multidisciplinary Conference on Computer and Energy Science (SpliTech)*. 2017, pp. 1–6.

- [11] Quy Lam Hoang e Hoon Oh. “A Real-Time LoRa Protocol Using Logical Frame Partitioning for Periodic and Aperiodic Data Transmission”. Em: *IEEE Internet of Things Journal* 9.16 (2022), pp. 15401–15412. DOI: 10.1109/JIOT.2022.3162019.
- [12] The Things Network. *What are LoRa and LoRaWAN?* <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/what-is-lorawan/>, Acedido em 20 de outubro de 2023.
- [13] Stéphane Alexandre Alves Fernandes. “Sistema de Recomendação de Rotas em Cidades Inteligentes”. Dissertação de Mestrado em Ciências da Computação, Dissertação supervisionada por Paulo M. Martins de Carvalho e Maria Solange P.F. Rito Lima. Tese de mestrado. Universidade do Minho, dez. de 2018. URL: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/65208/1/St%C3%A9phane-Alexandre-Alves-Fernandes-disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>.
- [14] Filipe Manuel Gonçalves de Oliveira. “Gestão Inteligente de Estacionamento em Ambiente Urbano”. Dissertação de Mestrado em Ciências da Computação, Dissertação supervisionada por Prof. Solange Rito Lima e Prof. Paulo Carvalho. Tese de mestrado. Universidade do Minho, dez. de 2018. URL: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/64531/1/Filipe-Manuel-Gon%C3%A7alves-de-Oliveira-disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>.
- [15] MDN contributors. *HTML: Linguagem de Marcação de Hipertexto*. <https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/HTML>. Acedido em 22 de novembro de 2023. Outubro de 2023.
- [16] Ahcene Bounceur et al. “CupCarbon: A new platform for the design, simulation and 2D/3D visualization of radio propagation and interferences in IoT networks”. Em: *2018 15th IEEE Annual Consumer Communications Networking Conference (CCNC)*. 2018, pp. 1–4. DOI: 10.1109/CCNC.2018.8319179.



Denis-Alexandru Antonescu é um aluno de Erasmus, vindo da Roménia, do primeiro ano do curso de Mestrado de Engenharia de Telecomunicações e Informática desde o ano letivo 2022/2023.



Inês Neves atualmente é aluna do primeiro ano do curso de Mestrado Engenharia de Telecomunicações e Informática na Universidade do Minho, iniciando a sua formação em licenciatura no mesmo curso no ano letivo de 2020/21. Além dos estudos, ela atuou como vice-diretora da Assembleia Geral do NETIUM (Núcleo de Engenharia de Telecomunicações e Informática na Universidade do Minho) para o ano de 2023, tendo atuado anteriormente como colaboradora do Departamento Pedagógico e do Departamento de

Comunicação e Imagem em anos anteriores, em 2021 em 2022, respetivamente. Em 2022, ela participou num projeto de handebol em parceria com o ABC, exercendo o papel de analista do projeto.

Inês também tem experiência em outras áreas, incluindo a conclusão de um curso de inglês na Royal School of Languages, a prática de natação por muitos anos, bem como ter obtido certificado em ballet. Ela também concluiu o ensino secundário com ênfase em Ciências e Tecnologias.



Leonardo Martins é um estudante do primeiro ano do curso de Mestrado de Engenharia de Telecomunicações e Informática na Universidade do Minho, tendo iniciado a sua formação em licenciatura no mesmo curso no ano letivo de 2020/21.

Além dos estudos, ele realizou atividades no vice-diretor do Conselho Fiscal do NETIUM (Núcleo de Engenharia de Telecomunicações e Informática na Universidade do Minho) para o ano de 2023, tendo atuado como colaborador do Departamento de Comunicação e Imagem no ano anterior. Em 2022, ele participou de um projeto de handebol em parceria com o ABC, exercendo o papel de *developer* do projeto. Leonardo também tem experiência em outras áreas e conclusão do ensino secundário com ênfase em Ciências e Tecnologias.



Catarina Pereira atualmente é aluna do primeiro ano do curso de Mestrado de Engenharia de Telecomunicações e Informática na Universidade do Minho, iniciando a sua formação em licenciatura no mesmo curso no ano letivo de 2020/21. Além dos estudos, foi diretora do Departamento de Saídas Profissionais do NETIUM (Núcleo de Engenharia de Telecomunicações e Informática na Universidade do Minho) para o ano de 2023, tendo atuado como colaboradora do Departamento Pedagógico no ano anterior. Em 2022, ela participou

de um projeto de handebol em parceria com o ABC, exercendo o papel de analista do projeto.

Catarina também tem experiência em outras áreas, incluindo participação num festival internacional de dança, conclusão de um curso de Língua Gestual Portuguesa, uma residência artística, conclusão do ensino secundário com ênfase em Ciências e Tecnologias, curso de inglês e aulas de música e ballet.

APÊNDICE

A. Diagramas de Sequência

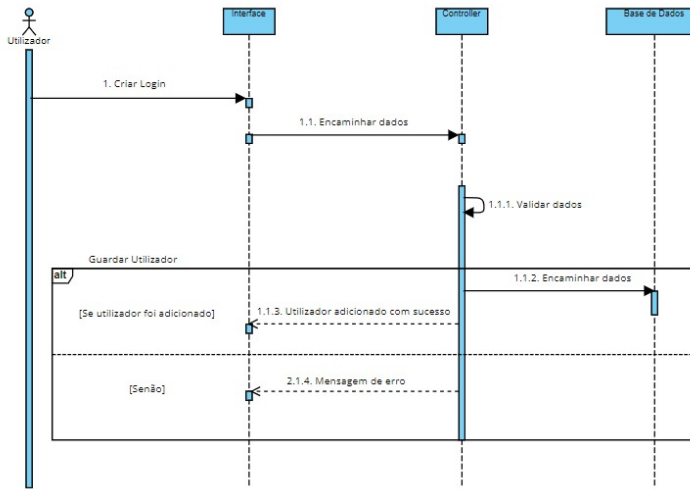


Figura 3. Diagrama de sequência do Login.

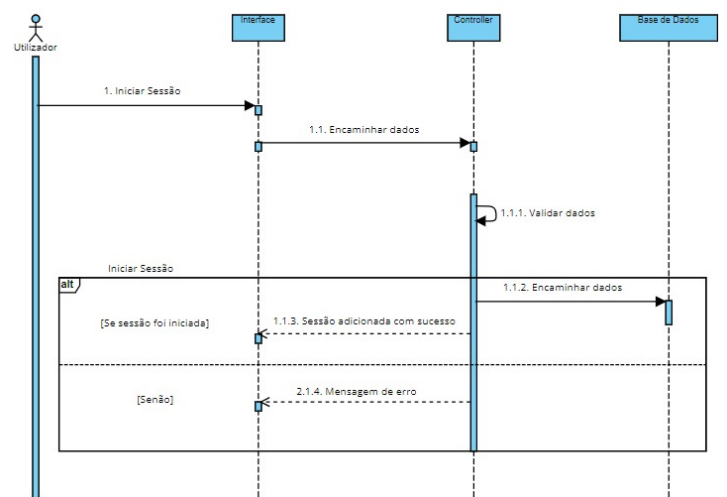


Figura 4. Diagrama de sequência de Iniciar Sessão.

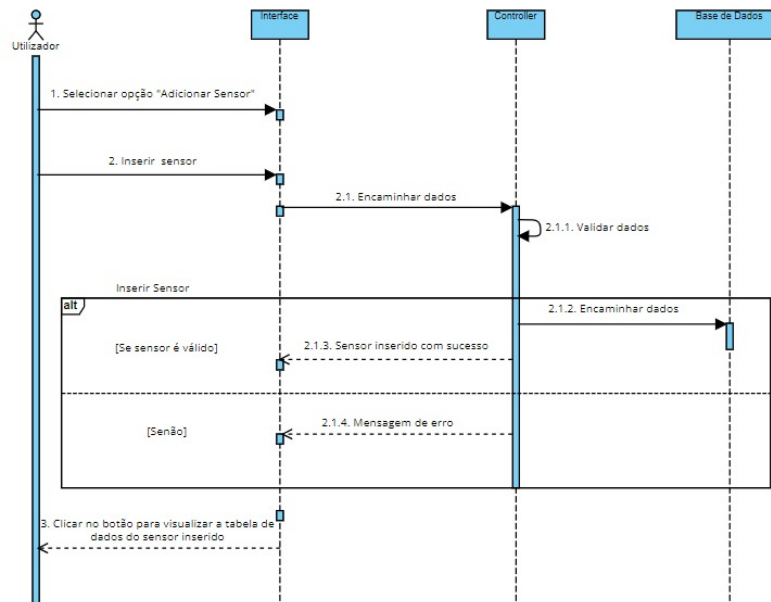


Figura 5. Diagrama de sequência de Adicionar um Sensor.

B. Urban Sense

Primeira página - UrbanSense.pdf
 Equipa - UrbanSense.pdf
 Informações - UrbanSense.pdf
 Criar Conta - UrbanSense.pdf
 Iniciar Sessão - UrbanSense.pdf
 Definições da Conta - UrbanSense.pdf
 Monitorização - UrbanSense.pdf
 Monitorização da Temperatura e dos Incêndios - UrbanSense.pdf
 Monitorização do Tráfego - UrbanSense.pdf