FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Sistema de Localização e Gestão de Recursos em Edifícios

Tiago Sousa Saraiva

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: Professor Doutor Paulo José Lopes Machado Portugal

Co-Orientador: Doutor David Emanuel Rua

Porto, Julho de 2015

© Tiago Sousa Saraiva, 2015

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

MIEEC - MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA E DE COMPUTADORES | **2014/2015**

A Dissertação intitulada

"Sistema de Localização e Gestão de Recursos em Edifícios"

foi aprovada em provas realizadas em 23-07-2015

o júri

Presidente Professor Doutor Rui Manuel Esteves Araújo
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Professora Doutora Filomena Maria Rocha Menezes Oliveira Soares
Professora Associada do Departamento de Eletrónica Industrial da Escola de Engenharia da Universidade do Minho

Professor Doutor Paulo José Lopes Machado Portugal
Professor Associado do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

O autor declara que a presente dissertação (ou relatório de projeto) é da sua exclusiva autoria e foi escrita sem qualquer apoio externo não explicitamente autorizado. Os resultados, ideias, parágrafos, ou outros extratos tomados de ou inspirados em trabalhos de outros autores, e demais referências bibliográficas usadas, são corretamente citados.

Autor - Tiago Sousa Saraiva

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Resumo

Com a presente dissertação pretende-se desenvolver um sistema de localização e gestão de recursos em edifícios, baseado em tecnologia de *Radio-Frequency IDentification* (RFID) e códigos *Quick Response* (QR).

Em qualquer edifício existem objetos que possuem uma grande mobilidade, sendo estes movimentados por várias pessoas e entre diversas áreas. Nesse sentido foi proposto uma arquitetura para um sistema que visa detetar estes movimentos, dando a conhecer a localização de cada objeto, 'dentro ou fora' de áreas delimitadas (salas, corredores, entre outros). Para isso são colocadas antenas RFID em pontos estratégicos, normalmente zonas de entrada/saída das diferentes áreas, onde a circulação dos objetos está confinada a uma pequena área. Em relação aos recursos estáticos o sistema realiza a sua etiquetagem através de códigos QR, os quais possibilitam a comunicação de dados e consequente controlo eletrónico.

É assim possível, de forma automática, realizar a gestão dos recursos de uma organização, com conhecimento permanente da sua localização física, bem como de informações de interesse, tais como o seu estado de funcionamento, datas relevantes ou pessoa responsável, sempre com acesso aos seus históricos. São deste modo otimizados múltiplos processos, aumentando-se a eficiência do uso dos recursos, algo que é uma preocupação constante das organizações, pois a sua ausência conduz a perdas de informação, tempo e dinheiro.

Com o objetivo de melhor caracterizar o sistema, foram realizados diversos testes para identificar as situações para os quais o sistema é ou não eficaz.

Foi proposta e orçamentada uma expansão do sistema criado, para instalação no edifício B do Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto (INESC TEC). A presente dissertação foi realizada nas suas instalações, com o objetivo da criação de um sistema piloto, realizando a sua prova de conceito. Este deverá ser facilmente expansível, possibilitando assim a sua instalação em ambientes reais como o do INESC TEC.

Abstract

The aim of the present dissertation is the development of an Asset Tracking and Management System for buildings, based on Radio Frequency Identification (RFID) technology and Quick Response (QR) Codes.

In any building there are objects with great mobility, which are handled by many people and within several areas. It was proposed a new system architecture that aims to detect these movements in order to know the current location of a given object, 'in or out' of limited areas (rooms, corridors, etc.). For this, RFID antennas are placed at strategic points, normally entrances/exits of the different areas, where the movement of objects is confined to a small space. The system labels the static resources through QR-Codes, which enable communication of data and consequent electronic control.

Thus it is possible, to manage automatically the resources of an organization, with permanent knowledge of their physical location, as well as information of interest, as its operating state, relevant dates or responsible person, always with access to the historical data. Multiple processes are optimized increasing resource efficiency, something that is a constant concern for organizations, since, in case of absence, leads to loss of information, time and money.

Experiments were performed to clearly identify situations in which the system can, and can't be applied, for better system characterization.

It was proposed and budgeted a system expansion for installation in the building B of the Institute for Systems and Computer Engineering of Porto (INESC TEC). The dissertation was held at its premises with the aim of setting up a pilot system , making its proof of concept. This should be easily expandable, allowing its installation in real environments such as INESC TEC.

Agradecimentos

Todo o meu percurso académico, assim como a realização desta dissertação deveu-se em grande parte às pessoas que me rodeiam e ao apoio que me prestaram. O sucesso individual é algo raro, e que na minha perspetiva produz muito menos felicidade do que o sucesso conjunto. Assim, antes de prosseguir com o documento, gostaria de agradecer devidamente a todos os que me ajudaram.

Ao professor Paulo Portugal, que mesmo antes do início do projeto, se demonstrou disponível para todas as tarefas que necessitei para o realizar. O encorajamento e orientação que dele recebi foram o motor propulsor desta dissertação.

Ao professor David Rua, por todo o conhecimento transmitido e experiências partilhadas. Pelo interesse e todo apoio prestado. Pela oportunidade de trabalhar consigo e com a equipa, numa casa que não vou esquecer.

Gostava de agradecer às pessoas do centro de sistemas de energia do INESC TEC, as quais aqui é impossível referenciar a todas, mas deixo um agradecimento especial àqueles que mais tempo passaram no laboratório C.1 : Justino Ferreira, Diogo Varajão, João Iria, Miguel Heleno, Miguel Miranda e Hugo Caldas.

Aos meus amigos de Erasmus, por toda a curiosidade demonstrada no meu trabalho, confiança transmitida, assim como a certeza da sua amizade.

À seleção de futsal da FEUP. Família de 5 anos, com quem passei por quase tudo. Foram o abrigo e distração que muitas vezes necessitei.

Aos meus amigos, sejam eles os de sempre ou os que fui conhecendo na faculdade. A vossa presença na minha vida é fulcral. A vossa companhia no dia-a-dia, a partilha do que corre bem e mal, as conversas, as gargalhadas, as festas, as viagens, as experiências, sem tudo isso não conseguiria seguir em frente, melhorar e aprender. Por isso e muito mais agradeço-vos do fundo do coração.

À minha família. Pequena e unida, é o meu porto de abrigo. Primos, Tios e Avós, agradeço-vos por toda a felicidade e todos os ensinamentos que me deram desde que nasci. O meu triunfo é vosso também.

Por fim, mas o mais importante, quero agradecer ao meu pai, à minha mãe e à minha irmã, as pessoas mais importantes da minha vida. Sem eles nada era possível, e por eles tudo foi possível. Aos meus pais por tudo o que me deram, por tudo o que abdicaram para estarem sempre lá, vocês são sem dúvida os melhores pais do mundo.

Tiago Sousa Saraiva

"Engineering is a great profession. There is the satisfaction of watching a figment of the imagination emerge through the aid of science to a plan on paper. Then it moves to realization in stone or metal or energy. Then it brings jobs and homes to men or women. Then it elevates the standard of living and adds to the comforts of life. This is the engineer's high privilege"

Herbert Hoover

Conteúdo

1 Introdução **1**

1.1 Apresentação do Problema e seu Enquadramento 1
1.2 Motivação 2
1.3 Objetivos 2
1.4 Estrutura da dissertação e sua organização 3

2 Sistemas RTLS: RFID e códigos QR **5**

2.1 RTLS - Sistemas de Localização em Tempo Real 5
2.1.1 Tecnologias e sua Análise Comparativa 5
2.2 RFID 7
2.2.1 Perspetiva Histórica 8
2.2.2 Base Tecnológica 8
2.2.3 UHF - Sistemas de Longa Distância 11
2.2.4 Normas 18
2.3 Códigos *Quick Response* 21

3 Arquitetura Proposta **23**

3.1 Requisitos do Sistema 23
3.1.1 Requisitos de Cliente 23
3.1.2 Requisitos Funcionais 25
3.2 Arquitetura para Sistema de Localização em Edifícios 26
3.2.1 Camada Física 27
3.2.2 Camada de Gestão 33
3.2.3 Camada Operacional e de Dados 33
3.2.4 Camada de Aplicação 33

4 Implementação e Validação da Proposta **35**

4.1 Estudo de Mercado e Opções de Implementação 35
4.2 Plano de Implementação no Laboratório C.1 do Edifício B INESC TEC 36
4.2.1 Seleção Final 38
4.3 Implementação do sistema 39
4.3.1 Camada Física 39
4.3.2 Camada Operacional e de Dados 43
4.3.3 Camada de Gestão - Rotina de Controlo 45
4.3.4 Camada de Aplicação - Página Web 47
4.4 Considerações 48

5 Caracterização do sistema **51**
5.1 Testes à Robustez do Sistema . . . 51
5.1.1 Variáveis a Testar . . . 52
5.1.2 Especificações dos Testes . . . 53
5.2 Resultados . . . 55
5.3 Segurança e como a explorar . . . 59
5.3.1 Limitações do Sistema e Medidas Propostas . . . 59

6 Proposta de Instalação do Sistema Criado no Edifício B do INESC TEC **61**
6.1 Caraterísticas do Sistema . . . 61
6.2 Instalação Virtual de Componentes nas Instalações . . . 61
6.3 Orçamentação . . . 62

7 Conclusões e Perspetivas Futuras **67**
7.1 Conclusões . . . 67
7.2 Aplicabilidade do Sistema e Trabalhos Futuros . . . 68

A Estudos de mercado **69**
A.1 Leitores . . . 69
A.2 Antenas . . . 69
A.3 Cabos . . . 69
A.4 Tags e outros . . . 70

B Documentação Hardware **77**
B.1 *UHF RFID Modules DevKit Datasheets* . . . 77
B.2 *ThingMagic UHF RFID Modules Datasheets* . . . 80
B.3 *Wireless Edge MT-242025 Antenna Datasheet* . . . 85
B.4 *Confidex Sample Pack Datasheet* . . . 88
B.5 *MobileMark PN8-868LCP-1C-GRY-12 Antenna Datasheet* . . . 89

C Imagens Página Web **91**

D Fichas de Teste **95**

Referências **103**

Lista de Figuras

2.1 Representação simplificada do processo físico de retro difusão 9
2.2 Modulação por retro difusão usando um transístor como interruptor 10
2.3 Componentes base de um sistema RFID 12
2.4 Exemplos de leitores 12
2.5 Exemplos de antenas 13
2.6 Representação esquemática do efeito de polarização 14
2.7 Padrão de radiação para uma antena UHF tipo 14
2.8 Exemplos de tags 15
2.9 Normas ISO referentes a sistemas RFID 19
2.10 Estrutura do código EPC 21
2.11 Exemplos de códigos QR 22

3.1 Arquitetura proposta 27
3.2 Localização proposta para as antenas 30
3.3 Representação geométrica da ZIA, e sua interceção com a zona de passagem . . . 31
3.4 Situações de erro de sistemas com apenas uma antena por zona de passagem . . . 32

4.1 Planta do laboratório C.1 do edifício B do INESC TEC 36
4.2 Planta com proposta de implementação 37
4.3 Planta com a proposta de implementação posterior 37
4.4 Arquitetura implementada 39
4.5 Local de montagem 40
4.6 Pormenores da localização das antenas 41
4.7 Tags utilizadas (*Confidex Sample Pack*) 42
4.8 Sistema de códigos QR 42
4.9 *Universal Reader Assistance* 43
4.10 Representação visual do modelo Entidade-Associação relativo à BD 44
4.11 Fluxograma exemplificativo da rotina de controlo 46
4.12 *Homepage* da página web 49
4.13 Página de localização de recursos em tempo-real 49

5.1 Tags testadas 52
5.2 Folha de testes base 54
5.3 Linha de testes 54
5.4 Exemplo de Linhas de testes 54
5.5 Testes de influência de metal ou água 57
5.6 Testes de influência de plástico 57

6.1 Planta do piso -1 com instalação virtual 64

6.2 Planta do piso 0 com instalação virtual 65
6.3 Planta do piso 2 com instalação virtual 66

A.1 Estudo de mercado - Antenas 72

B.1 *Confidex sample pack specs* 88

D.1 Folha de Testes - Orientação 96
D.2 Folha de Testes - Distância 97
D.3 Folha de Testes - Obstrução Metal e Água 98
D.4 Folha de Testes - Obstrução Cartão e Plástico 99
D.5 Folha de Testes - Sensibilidade ao número de tags 100
D.6 Folha de Testes - Velocidade 101

Lista de Tabelas

2.1 Bandas de frequência RFID 11
2.2 Perdas p_f a diferentes distâncias e frequências. Valores para um ganho da tag igual a 1.64 (dipolo), e ganho da antena igual a 1 18

3.1 Requisitos de Cliente 23
3.2 Requisitos Funcionais 25

4.1 Lista de Material Adquirido 38

5.1 Matriz Teste - Orientação 55
5.2 Matriz Teste - Distância 56
5.3 Matriz Teste - Obstrução com metal e água 56
5.4 Matriz Teste - Obstrução com cartão, plástico e corpo humano 57
5.5 Matriz Teste - Sensibilidade ao número de tags 58
5.6 Matriz Teste - Velocidade 58

6.1 Orçamentação tendo em conta os 5 pisos 63

A.1 Estudo de mercado - Leitores 71
A.2 Estudo de mercado - Cabos 73
A.3 Estudo de mercado 2 - Cabos 74
A.4 Estudo de mercado - Tags e outros componentes 75

Abreviaturas e Símbolos

BD	Base de Dados
EAS	*Electronic Article Surveillance*
EPC	*Electronic Product Code*
GPS	*Global Position System*
HMI	*Human Machine Interface*
HTML	*HyperText Markup Language*
ISM	*Industrial, Scientific, Medical*
MySQL	*DataBase Structured Query Language*
NLoS	*Non-Line-of-Sight*
QR	*Quick Response*
RF	Rádio Frequência
RFID	*Radio Frequency IDentification*
RTLS	*Real Time Location Systems*
TCP/IP	*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*
UC	Unidade de Controlo
UHF	*Ultra-High Frequency*
URA	*Universal Reader Assistance*
USB	*Universal Serial Bus*
Wi-Fi	*Wireless Fidelity*
ZIA	Zona de Interrogação da Antena

FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
GS1	Organização de Normalização Internacional vocacionada para as atividades de negócio
IEEE	*Institute of Electrical and Electronics Engineers*
INESC TEC	Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto
ISO	*International Organization for Standardization*, Organização Internacional de Normalização
ITU-R	*International Telecommunication Union Radiocommunication Sector*

Capítulo 1

Introdução

1.1 Apresentação do Problema e seu Enquadramento

Um dos grande objetivos da engenharia é melhorar a vida do ser humano. Tenta possibilitar ao ser humano cada vez mais liberdade para usar o seu tempo em tarefas complexas ou simplesmente em lazer. É neste foco tão abrangente que se enquadra esta dissertação.

O reconhecimento de objetos[1], que um humano tão facilmente deteta e categoriza, é uma tarefa de extrema dificuldade para os computadores. Assim, um trabalho tão simples, e por vezes demorado, necessita de grande intervenção humana. É este problema que um *Real Time Location System* (RTLS) se propõem a resolver.

Cada vez mais as organizações pensam em RTLS como uma prioridade estratégica básica, o que faz destes sistemas um tópico de grande discussão e desenvolvimento nos últimos anos. Estes sistemas, particularmente os baseados na tecnologia de *Radio Frequency IDentification* (RFID), têm vindo a assumir um papel de destaque, devido à grande automatização de processos e partilha de informação que possibilitam [1, 2]. Isto, aliado à sua fiabilidade e aplicabilidade em grande escala, têm vindo a modificar a forma como se realiza o controlo de recursos. Os custos associados à implementação têm vindo a diminuir acentuadamente, atingido já valores aceitáveis.

Essas aplicações cresceram consideravelmente em campos tão diversos como transporte, banca, desporto, saúde ou cadeias de distribuição. Citando alguns exemplos: a empresa multi-nacional *Airbus* instalou 160000 etiquetas RFID (tags[2]) nos seus aviões, anunciando grandes poupanças devido ao aumento da eficiência e da identificação de erros [3]. Outro caso de interesse, foi a adoção, por parte da *National Football League* (NFL) na época de 2014, de um sistema de localização baseado em RFID, para rastrear os jogadores no campo, permitindo estatísticas muito mais completas e precisas [4]. Em 2014, o mercado RFID foi estimado no valor de 8,9 biliões de dólares, sendo que previsões apontam para um aumento até aos 27 biliões em 2024 [5].

[1] Existe alternância entre os termos recurso(s) e objeto(s) não se pretendendo a mudança de significado, sendo que ambas significam os bens ou património físico de uma organização. Apenas se realiza a permuta por facilidade de escrita ou raciocínio.

[2] Utilizar-se-à daqui em diante, a abreviatura inglesa 'tag', na vez de 'etiqueta RFID'. A mudança é justificado tanto pela habituação do pensamento, proveniente da globalização deste termo, como pela maior rapidez da sua escrita.

1.2 Motivação

É com base no panorama apresentado que surge o interesse do INESC TEC em desenvolver um sistema RTLS, para ser implementado nas suas instalações, onde presentemente a tarefa é realizada de forma manual e pouco eficiente. Criou-se assim o presente projeto de dissertação no qual se apresenta uma possível aplicação baseada na tecnologia RFID.

Com este propósito em mente é estudada, documentada e proposta a implementação de um sistema de localização automática e de gestão de recursos em edifícios, tendo em vista a eficiente utilização dos mesmos e a eficácia de múltiplos processos dentro de uma organização.

Pretende-se assim com esta dissertação, demonstrar claramente todas as fases de implementação de uma aplicação para localização de recursos em edifícios, assim como as suas vantagens e limitações.

O desenvolvimento de um protótipo de pequena escala, que sirva de prova de conceito e seja escalável, é de grande utilidade, pois permite uma fácil adequação a diferentes ambientes de aplicação. Diferentes tipos de edifícios, com diferentes tipos de necessidades, ou mesmo soluções fabris podem ser objeto de implementação tendo por base este estudo.

Este projeto é motivado ainda pela otimização das tarefas de uma instituição com recurso à tecnologia, a redução do desperdício de tempo e a melhoria dos processos, e consequentemente da competitividade, sendo esta uma linha condutora constante no projeto.

O projeto é focado na gestão de património. Trata-se da correta identificação, localização e sinalização dos recursos de uma organização. É assim disponibilizada a informação de todos os recursos existentes, podendo o seu controlo e gestão ser efetuado com mais eficácia quer na verificação da sua disponibilidade, sua utilização ou decisão de compra. São deste modo minimizados problemas de localização, falhas e extravio.

1.3 Objetivos

As contribuições esperadas para este projeto de dissertação são apresentadas seguidamente:

- O objetivo principal desta dissertação é a implementação de um sistema piloto de localização de recursos em edifícios. Este sistema terá de ter características de expansibilidade por forma a ser possível uma futura implementação nas instalações do INESC TEC. Não é intenção a criação de uma nova tecnologia, mas sim a junção e articulação de várias, com vista a satisfazer o mencionado anteriormente;

- Propor uma arquitetura de implementação para uma solução baseada em RFID, tecnologia imposta pelos requisitos da dissertação. O sistema terá suportar todas as tecnologias envolvidas e cumprir os requisitos identificados;

- Identificação das fronteiras de funcionamento do sistema, da robustez e dos limites de segurança. Quer-se entender a usabilidade do sistema para diferentes situações;

- Demonstrar a vantagem da gestão de recursos recorrendo a um sistema automático, comparativamente com sistemas manuais, que recorrem apenas a etiquetação simples e visual.

1.4 Estrutura da dissertação e sua organização

Para além da introdução, esta dissertação é constituída por mais 6 capítulos.

No capítulo 2, é apresentado o estado da arte de sistemas de localização em tempo real, existindo um foco em sistemas baseados na tecnologia RFID. É também apresentada a tecnologia de códigos *Quick Response* (QR). É assim exposta a base tecnológica do trabalho.

No capítulo 3, é apresentada a arquitetura proposta. Detalha uma solução de implementação para um sistema RFID[3] de localização de recursos em edifícios. São primeiro apresentados os requisitos do sistema, e seguidamente as camadas constituintes da arquitetura. Este capítulo introduz assim a proposta conceptual.

Seguidamente, o capítulo 4 demonstra a implementação de um sistema piloto com base na arquitetura proposta. Apresenta as fases de implementação nomeadamente um estudo de mercado, a escolha final de componentes, a montagem física realizada, a rotina de controlo criada e a plataforma de controlo gráfico. É pretendido validar a arquitetura, realizando a sua prova de conceito.

No capítulo 5, são definidos os testes de funcionamento realizados. Pretende-se entender como a sistema reage a diferentes condições de atuação, identificando desta forma as fronteiras de funcionamento e a robustez do sistema. O sistema é caracterizado.

No capítulo 6, é apresentada e orçamentada uma proposta de instalação de um sistema RFID para as instalações do INESC TEC. A proposta é baseada no sistema validado anteriormente, devidamente expandido. É realizada uma instalação virtual.

O capítulo 7 sumaria as conclusões do projeto, a sua aplicabilidade, assim como discute possíveis trabalhos futuros e desenvolvimentos no âmbito do tema de dissertação.

[3] Abrevia-se a escrita de Sistemas RTLS baseados em tecnologia RFID, para sistemas RFID.

Capítulo 2

Sistemas RTLS: RFID e códigos QR

Neste capítulo serão estudadas e discutidas tecnologias RTLS. Justifica-se as escolhas das tecnologias RFID e códigos QR, as quais serão aplicadas no sistema desenvolvido tendo por isso um estudo mais aprofundado.

2.1 RTLS - Sistemas de Localização em Tempo Real

O termo RTLS foi pela primeira vez utilizado em finais da década de 90 para descrever e diferenciar uma nova forma de identificação e localização automática que os sistemas RFID possibilitavam. Embora tenham sido usadas capacidades similares por organizações militares e governamentais, o termo não era usado quando se referiam estas capacidades.

Os Sistemas de Localização em Tempo Real, evoluíram ao longo dos tempos, sempre com o objetivo de identificar e rastrear objetos ou pessoas em tempo real, normalmente em espaços delimitados. Outras tecnologias para além de RFID foram sendo aplicadas [6].

Um sistema RTLS, independentemente da tecnologia utilizada é normalmente composto por uma referência física estática, um identificador que pode ter vários tipos de concretização, e transmissores, aqueles que se pretende serem identificados. Os últimos são ligados aos objetos ou pessoas, e comunicam com a referência, por forma a permitir a sua localização.

A tecnologia de base dos RTLS pode variar entre comunicações por sistemas de rádio frequência (RF), sistemas óticos (tecnologia de infravermelhos) ou acústicos (ultrassons), ou ainda a conjugação de várias opções.

2.1.1 Tecnologias e sua Análise Comparativa

As tecnologias por detrás do conceito RTLS são bastante diversas, e podem ser classificadas de acordo com uma importante característica: serem Interiores ou Exteriores (‘dentro ou fora de portas’).

Os sistema de Exterior são dominados por sistemas de *Global Position System* (GPS) com muitas aplicações, devido à sua precisão e e possibilidade de grande cobertura espacial. Esta tecnologia utiliza a comunicação com satélites para efetuar a localização. Quando o ambiente

passa a ser Interior, esta tecnologia enfrenta um problema crucial: uma forte atenuação do sinal proveniente dos satélites, o que a inviabiliza a sua utilização [7].

Todavia, para espaços Interiores existem diferentes abordagens e uma grande variedade de tecnologias aplicáveis. De seguida serão apresentadas as que mais consenso reúnem relativamente à sua utilidade [7, 8], enunciando-se superficialmente as suas caraterísticas técnicas assim como vantagens e desvantagens [9, 10, 11].

2.1.1.1 Infravermelhos

A radiação infravermelha localiza-se na porção invisível do espectro eletromagnético com frequências próximas da cor vermelha (luz visível).

Os sistemas que utilizam esta tecnologia comunicam através de um feixe de luz infravermelha, apresentando um emissor e um recetor, podendo ser concretizados de duas formas.

Uma forma é um sistema apenas capaz de deteção de passagens. Nestes sistemas os feixes são colocados perpendicularmente ao sentido de movimento nas zonas de passagem de objetos. Quando o feixe é interrompido, dá-se a identificação da passagem de um objeto. Este sistema é de fácil implementação e com baixos custos, mas apresenta claras desvantagens. A impossibilidade de identificar diferentes objetos ou a fácil adulteração para passagens simultâneas.

Pode ser criado um sistema capaz de identificação, mas será necessário cada objeto possuir o seu próprio emissor de feixe de luz, com alteração da frequência e/ou da informação transmitida.

Apenas em situações muito específicas é vantajoso o uso destes sistemas, não sendo o caso do projeto da dissertação.

2.1.1.2 Ultrassons

Ultrassom é um som com frequência superior àquela que o ouvido humano pode captar. Normalmente o limiar de audição situa-se nos 20 kHz, sendo que os dispositivos ultrassónicos operam desde esta frequência até vários GHz.

Os sistemas de ultrassons são usados para medir distâncias e detetar objetos, e por vezes os seus perfis. Isto é conseguido através da medição do tempo de ida e retorno das ondas sonoras. Como se pode perceber este sistema não se enquadra no projeto proposto pois não apresenta a possibilidade de identificação de objetos diferentes.

2.1.1.3 Radio Frequência

Esta tecnologia apresenta diversas formas de comunicação a diferentes frequências.

- **Wi-Fi**

  Wireless Fidelity (Wi-Fi) é uma tecnologia de comunicações sem fios local, normalmente usando ondas de rádio de frequência de 2,4 ou 5 GHz, sendo que o seu modo de funcionamento formal está definido na norma IEEE 802.11 [12]

Para se formar um sistema Wi-Fi é necessário um ponto de acesso (fixo) e um ou vários módulos de comunicação (móveis). Estes módulos, embora cada vez com menor dimensão, são complexos, facto contrastante com os mesmos elementos na tecnologia RFID (mais tarde explicados na secção 2.2).

- **ZigBee**

  É um protocolo de comunicações sem fios sob a norma IEEE 802.15.4, desenvolvido para transmissões de baixas quantidades de dados, baixo custo de implementação e baixos consumos. Embora mais adequado ao projeto, mantêm a necessidade de módulos de comunicação e alimentação elétrica, o que impossibilita a sua utilização.

- **Bluetooth**

  É outro protocolo de comunicação sem fios de troca de informações a curtas distâncias, vocacionado para dispositivos móveis que já incorporam módulos de comunicação. Tal como ZigBee o Bluetooth é apoioado num standard IEEE, neste caso o 802.15.1. Mais uma vez esta tecnologia requer alimentação elétrica nos seus módulos, voltando estes a não ser adequados para a sua colocação nos recursos.

- **RFID**

  Identificação por radiofrequência é um método de identificação automática, que possibilita a leitura e escrita de informação nos transmissores de identificação dos recursos, as denominadas tags RFID. Esta tecnologia foi criada especialmente para fins de localização e gestão de recursos, pelo que apresenta múltiplas vantagens em relação às outras. É a tecnologia que se apresenta mais promissora para o trabalho em mãos e foi por isso mesmo, a tecnologia escolhida.

2.2 RFID

Sendo uma tecnologia de comunicação por RF, como as apresentadas anteriormente, o RFID é especialmente concebido para propósitos de identificação e rastreamento de pessoas ou objetos. Para isso utiliza módulos de comunicação nos elementos a rastrear, as tags, tipicamente de dimensões reduzidas e de fácil acoplação. Estas tags são alimentadas pela energia das ondas RF emitidas pela antenas do sistema (a ser explicado nas secções seguintes). Podem assim transmitir informação, possibilitando a sua identificação.

Apresenta-se seguidamente o suporte tecnológico do trabalho, baseado fundamentalmente em dois trabalhos de referência na área [13, 14].

2.2.1 Perspetiva Histórica

A tecnologia RFID tem os seus ancestrais na Segunda Guerra Mundial. Nela eram usados radares emissores de ondas de RF para detetar a aproximação de aviões, que refletiam essas mesmas ondas. Este sistema não conseguia identificar se se tratava de um avião aliado ou inimigo, até que uma engenhosa ideia foi aplicada pelos alemães. Faziam os seus aviões dar piruetas ao chegar à base, facto que modificava a reflexão das ondas e permitia à base identifica-los como aliados. Obviamente este sistema tinha problemas de segurança, uma vez que podia ser copiado e ludibriado facilmente, o que aconteceu posteriormente.

Houve assim necessidade de evolução, que fez aparecer o sistema IFF (*Identify Friend or Foe*). O britânico Wattson-Watt liderou este projeto secreto, para implementar o primeiro sistema de identificação por rádio frequência, RFID. Os aviões passaram a ser dotados de transmissores de RF passivos, o que lhes possibilitava enviar informações para a base permitindo assim a sua correta identificação.

Avanços tecnológicos em radares e em RF continuaram nas décadas de 50 e 60, até que na década de 70 surgem as primeiras patentes da tecnologia RFID. Mario W. Cardullo afirma ter recebido a primeira patente dos Estados Unidos, por uma tag RFID passiva, com memória regravável a 23 de Janeiro de 1973. No mesmo ano, Charles Walton, um empresário da Califórnia, recebe a patente por uma tag, usada para destravar a porta de um carro sem necessidade de colocação de chave [15].

RFID já existe há mais de 50 anos, mas a sua difusão teve de esperar pelo desenvolvimento dos circuitos integrados de pequenas dimensões e de baixo custo, para integrar nas tags. Nas últimas 3 décadas, as aplicações RFID começaram-se a tornar economicamente viáveis, em particular desde os anos 90, onde houve um grande esforço por parte das fábricas e empresas de distribuição em adotar sistemas RFID para a gestão das cadeias de abastecimento, uma vez tomado consciência das suas vantagens relativamente aos códigos de barras, que até aí exerciam total supremacia. Foi a partir deste ponto que se deu o grande crescimento da tecnologia [16].

Para conseguir atender às necessidade da distribuição, produção e identificação em geral, as tags RFID devem ser muito compactas, mecanicamente robustas, com custos muito baixos, e com distância de leitura de alguns metros.

2.2.2 Base Tecnológica

Esta secção descreve as bases tecnológicas que suportam as comunicações RFID. O estudo é focado principalmente na comunicação entre o leitor (antena) e tag.

Esta tecnologia baseia-se nas experiências de Oersted e Faraday e na indução eletromagnética. Um dos componentes básicos de um sistema RFID, a antena, possui um circuito elétrico que, ao ser percorrido por uma corrente, gera radiação eletromagnética com uma certa frequência, que se propaga no espaço. Se uma tag, que possui um micro circuito elétrico, se cruzar com esse campo, vê criada uma corrente no seu micro circuito, que por sua vez também gera radiação. A radiação

da tag é detetada pela antena e processada por um leitor, dando-se a identificação da presença da tag.

2.2.2.1 Retrodifusão e Modulação

As tags RFID não utilizam transmissores de rádio. Em vez disso, modulam e refletem a energia recebida da antena.

A reflexão de ondas de rádio tem sido um tópico de grande estudo desde o aparecimento do radar nos anos 30 e desde a utilização de comunicações por retro difusão por parte Harry Stockman em 1949 [17].

A figura 2.1 apresenta de forma simplificada o processo físico de retro difusão.

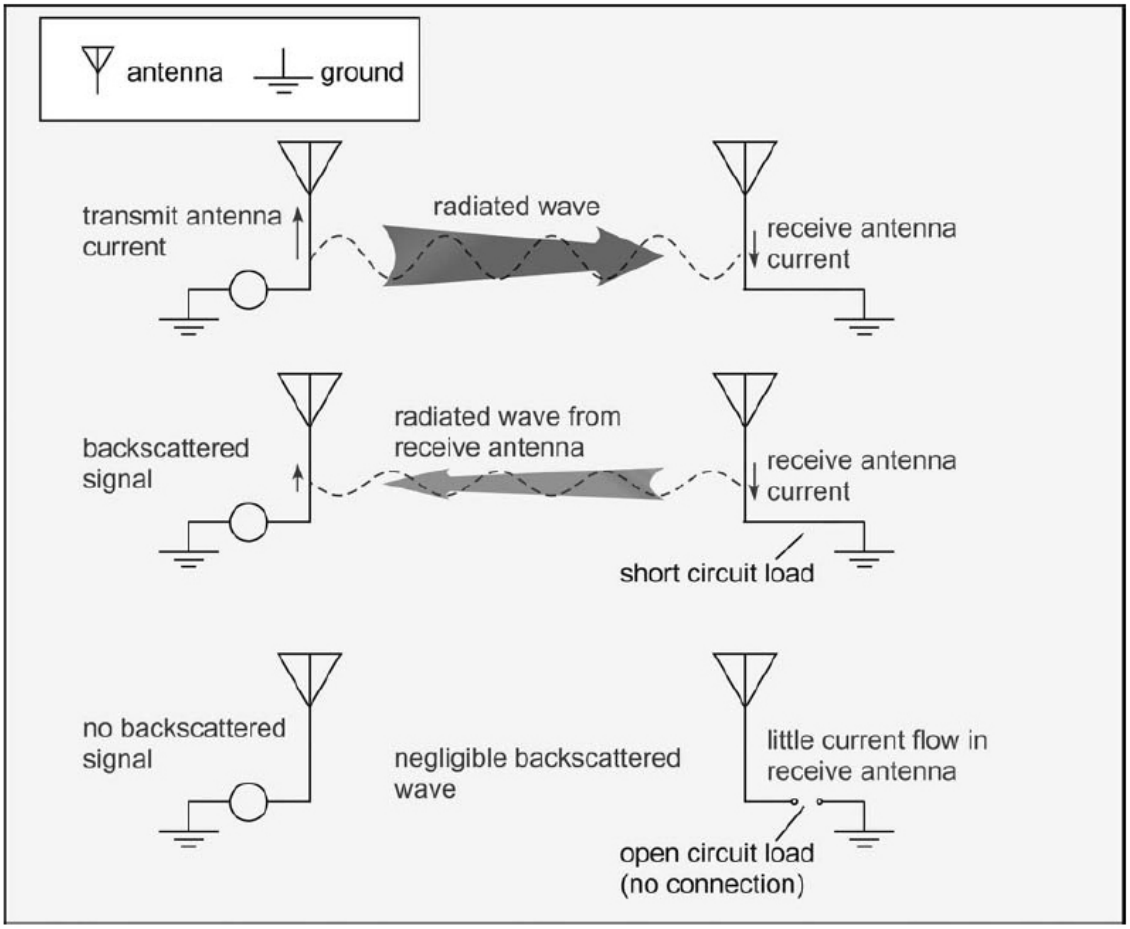


Figura 2.1: Representação simplificada do processo físico de retro difusão [13]

A circulação de corrente numa antena emissora leva a uma tensão induzida numa outra recetora. Se a antena estiver conectada a uma carga, uma corrente será induzida na antena. Na figura 2.1, a menor carga possível, um curto-circuito é ilustrado. A corrente induzida, como acontece na antena emissora, produz radiação. A onda de radiação percorre o caminho de volta à antena transmissora, induz uma tensão, e assim, produz um sinal que vai ser detetado: um sinal de retro difusão.

Por outro lado, se, em vez de termos uma impedância de baixo valor, essa impedância for alta ou muito alta, pouca ou até nenhuma corrente irá circular. Na mesma figura é demonstrado a maior impedância possível, um circuito aberto. Uma vez que é a circulação de corrente que origina a radiação, neste caso, não irá haver radiação nem sinal de retro difusão. Conclui-se que o sinal é sensível à carga.

Para construir um canal de comunicações usando este esquema, podemos utilizar um transístor como carga (figura 2.2). Podemos assim controlar a sua abertura e fecho, e consequentemente a corrente que o atravessa. Assim a onda de retrodifusão recebida na antena primária depende da carga na antena secundária, sendo que este esquema produz uma onda de retro difusão modulada.

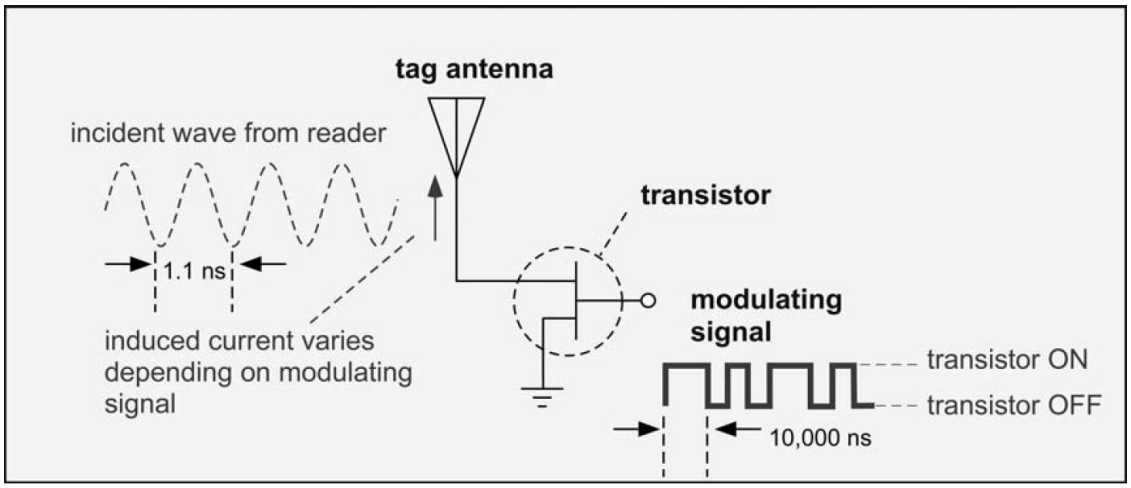


Figura 2.2: Modulação por retro difusão usando um transístor como interruptor [13]

De notar que o sinal modulado apresentado ao transístor é um sinal de baixas frequência, de apenas alguns kHz no máximo, mesmo que a onda refletida possa ser de centenas de MHz. O uso de comunicações por retrodifusão permite o funcionamento com frequências de controlo muito mais pequenas comparáveis com a da onda radiada, resultando em poupanças ao nível da energia. Os circuitos integrados da tags reais não são tão simples, utilizando impedâncias variáveis que permitem uma modulação mais eficaz com vários níveis.

2.2.2.2 Tipos Classificação/Funcionamento

A radiação eletromagnética produzida pelos aparelhos RFID apresenta diversas frequências e denominações [18, 19, 20]. Apresentam-se aquelas que se consideraram de interesse para a dissertação:

Tabela 2.1: Bandas de frequência RFID

Banda	**Alcance**	**Velocidade transmissão dados**	**Notas**	**Custo aprox. tag em volume (€)**
LF : 120 - 150 kHz	até 10 cm	Baixa	Identificação Animal	< 1
HF : 13,56 MHz	até 50 cm	Média	Bilhetes, NFC, *Smart Cards*	< 5
UHF : 865 - 868, 902 - 928 MHz	variável, possível até 100 m	Alta	Universal, Rastreamento de Itens, Inventário, Aplicações à Distância	< 2

Esta combinação de características em conjunto com os requisitos definidos posteriormente no capítulo 3.1, levou à escolha da frequência ultra-alta (UHF) das ondas RF e de tags passivas.

2.2.3 UHF - Sistemas de Longa Distância

Sistemas UHF (*Ultra High Frequency*), são sistemas operam nas frequências, de 865-868 MHz na Europa e 902-928 MHz nos Estados Unidos (explicitando apenas alguns casos; mais informações na secção 2.2.4). Os curtos comprimentos de onda dessas frequências possibilitam a construção de antenas com menores dimensões e maior eficiência.

2.2.3.1 Componentes de um sistema e suas características

Como referido, RFID é uma tecnologia que tem como objetivo identificar itens móveis, ou imóveis, através de ondas de rádio. Um sistema tipo consiste em tags, antenas, leitor(es) e um sistema de controlo para tratamento e apresentação da informação. A figura 2.3 exemplifica um sistema base.

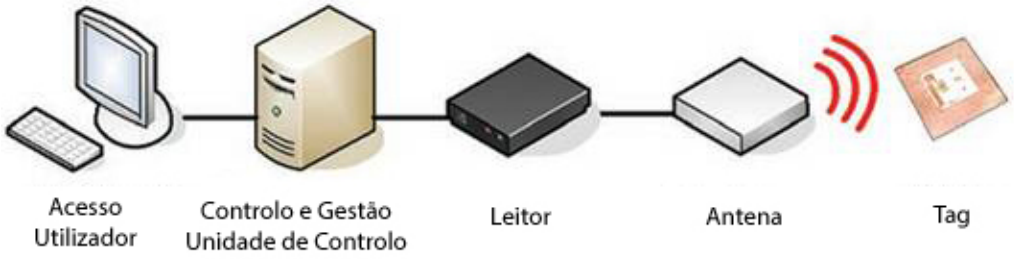


Figura 2.3: Componentes base de um sistema RFID. Imagem adaptada de [21]

Leitor

O leitor é o componente base de qualquer sistema RFID, sendo ele o responsável por controlar as comunicações de RF. Emite e capta as ondas eletromagnéticas através das antenas, interpretando-as e realizando o seu processamento, comunicando posteriormente com a Unidade de Controlo. Embora o seu nome sugira apenas leitura, pode também escrever nas tags.

A grande maioria dos leitores pode interpretar várias frequências, sendo que alguns permitem configurar esse parâmetro para funcionar como filtro, por exemplo.

Uma característica base, que mais condiciona a escolha à partida os compradores, é a sua mobilidade. A escolha entre leitores fixos, ou móveis depende do uso a dar ao equipamento, seja para colocar na entrada de uma plataforma de carga, na entrada dum edifício, num empilhador, ou por outro lado na mão de um funcionário. Os leitores móveis possuem uma antena de dimensões muito reduzida integrada na parte frontal. Existem também leitores modulares, apropriados para fases de desenvolvimento devido ao seu precoce estado de integração.

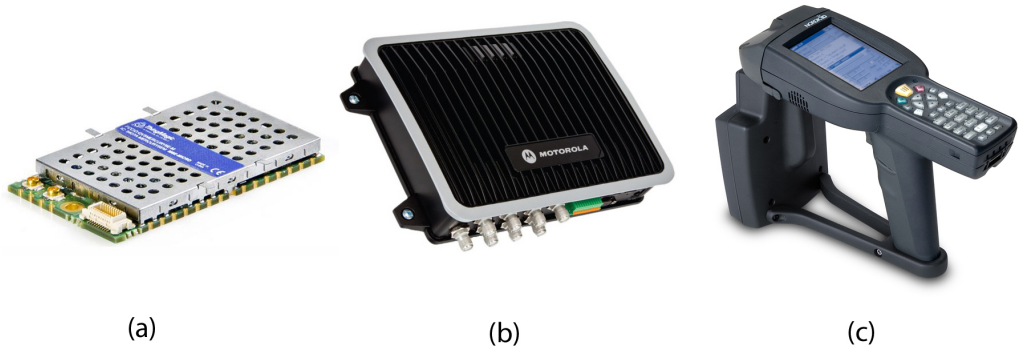


Figura 2.4: Exemplos de leitores. (a) leitor modular; (b) leitor fixo; (c) leitor móvel (de mão)

Existem diversas variáveis que definem o comportamento deste componente: Potência transmitida às antenas, Sensibilidade ao número de tags no campo, Protocolo de leitura das tags, Modo de Comunicação e a sua cadência, entre outros.

O estudo de mercado realizado A.1 apresenta as caraterísticas de diversos leitores.

Antenas

Elemento que emite e capta ondas de rádio, fazendo a interligação entre o leitor e as tags, possibilitando a comunicação entre ambos.

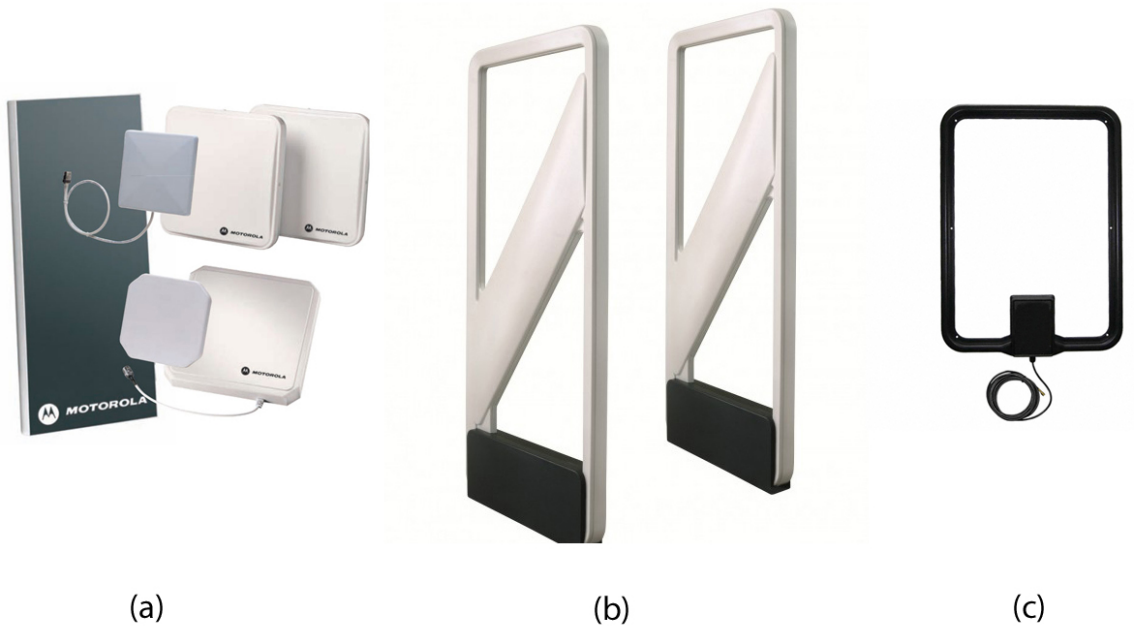


Figura 2.5: Exemplos de antenas. (a) antenas UHF; (b) Portal de antenas HF; (c) antena HF

As antenas variam na sua frequência de funcionamento assim como em diversas características. Apresenta-se seguidamente duas características de grande interesse para o projeto.

Polarização

A propagação das ondas eletromagnéticas pode-se dar de duas formas:

- Linear

  A propagação dá-se apenas num plano (vertical ou horizontal) na direção do sinal produzido. Este é o melhor tipo de polarização quando a posição da tag é fixa e conhecida.

- Circular

  A onda eletromagnética propaga-se em dois planos, criando um efeito circular. Uma vez que a antena emite continuamente, todo o espaço tridimensional está coberto. Assim, quando a posição da tag é incerta este é o tipo de polarização a usar, embora o alcance seja comprometido, sendo reduzido em relação à polarização linear.

Representa-se na figura 2.6 estes dois tipos de polarização.

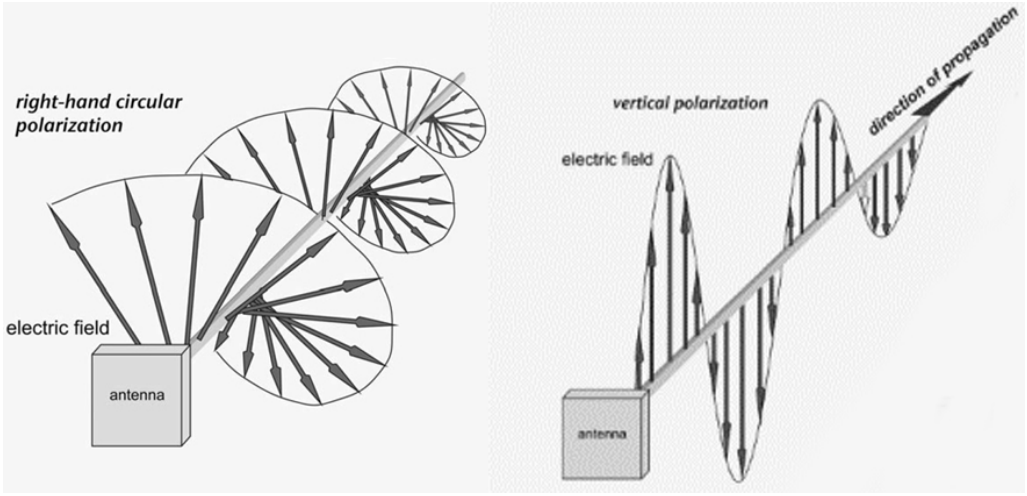


Figura 2.6: Representação esquemática do efeito de polarização [13]

Zona de Interrogação

Explicado em Finkenzeller [14], como resultado do propagação das ondas eletromagnéticas no espaço, é criado a denominada zona de interrogação da antena (ZIA).

A ZIA é caracterizada por dois ângulos, Azimutal e Vertical, que definem os limites do volume onde a potência é maior que metade da emitida (perdas inferiores a 3dB). A ZIA é mapeada nos diagramas de radiação das respetivas antenas (como se pode ver na figura 2.7). Muitas vezes é considerada como os pontos no espaço onde as tags são efetivamente sentidas. Tem a forma de um cone que se projeta a partir da antena.

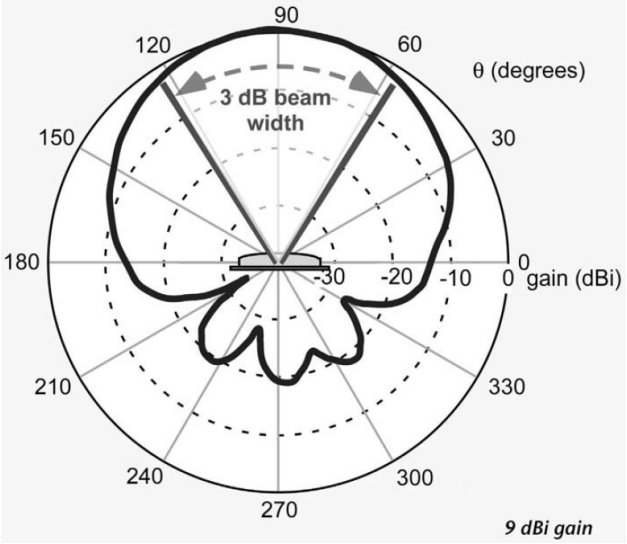


Figura 2.7: Padrão de radiação para uma antena UHF tipo [13]

Tag

Tag RFID, ou em português Etiqueta, é dispositivo de comunicação eletrónico cujo objetivo é receber, amplificar e retransmitir um sinal, respondendo a uma mensagem pré-determinada, com informações guardadas na sua memória. São denominadas *transpoder* (abreviatura de *transmitter-responder*), podendo ser colocados em pessoas, objectos ou animais.

Figura 2.8: Exemplos de tags

As tags são compostas por três componentes: um circuito integrado, uma antena e o revestimento.

- O **circuito integrado** faz o armazenamento e em alguns caso processamento da informação. As tags que funcionam com o protocolo Gen 2 são obrigadas a possuir 4 campos de memória: *Reserved memory*, *EPC memory*, *TID memory* e *User memory*.
- O chip encontra-se ligado a uma **antena**. O curto comprimento de onda das comunicação RF RFID, possibilita a construção de antenas de pequenas dimensões [14].
- O seu **revestimento** é feito por encapsulamento, normalmente constituído por materiais como o Policloreto de Vinilo, Epóxi, Politereftalato de Etileno, entre outros, que devido às suas propriedades, permitem manter a integridade do dispositivo.

Quanto à energia as tags podem ser classificadas da seguinte forma:

Passivas: não possuem alimentação interna nem transmissor incorporado. Por isso, o circuito integrado e as comunicações são feitas utilizando a energia gerada pelo sinal de radiofrequência, o qual constitui a única fonte de alimentação da tag. Por isso, possuem um alcance reduzido (de centímetros a poucos metros).

Semi-Passivas: são tags acopladas a baterias, as quais permitem alimentar o circuito integrado. No entanto, não possuem um transmissor integrado e, como tal, continuam a necessitar da energia do sinal de radiofrequência proveniente das antenas para comunicar.

Ativas: Por forma a atingir grandes distâncias de leitura, as quais requerem um maior consumo de energia no chip, as tags podem acoplar uma bateria. Estas são as chamadas tags ativas e possuem alimentação própria e um transmissor integrado permitindo, por isso, maiores níveis de potência do que as passivas e semi-passivas e, consequentemente, um maior alcance (na ordem das alguns de metros). Podem estar ligadas a uma infraestrutura que forneça energia ou possuir uma bateria.

A bateria desliga-se quando a tag se move para fora da ZIA, entrando em modo de poupança de energia. Apenas quando é sentido um sinal suficientemente forte, a bateria volta a ser ligada e entra no modo de operação normal. Este controlo é efetuado pelo chip da tag.

Existem já marcas que anunciam este tipo de tags com uma distância de leitura superior a 100 metros [22].

Além das características apresentadas, as tags podem também possuir diversas formas e dimensões: desde os vulgares cartões retangulares (de plástico ou papel), com ou sem propriedades adesivas, robustos encapsulamentos ou até mesmo com forma de injetáveis para animais (figura 2.8).

Outros Componentes

Além dos 3 componentes principais acima descritos, um sistema RFID funcional necessita ainda de outros elementos.

A Unidade de Controlo (UC) é o elemento que encerra o sistema mínimo necessário. Nela é trabalhada e exposta a informação. É obviamente um componente fulcral do ponto de vista do utilizador, pois é onde efetivamente a informação ganha valor útil.

Existem componentes adicionais que podem ser acrescentados em caso de necessidade, como os cabos de ligação das antenas ao leitor (normalmente cabos coaxiais), os *multiplexers*, suportes de montagem específicos para as antenas, etc.

2.2.3.2 Vantagens da tecnologia

Apresenta-se seguidamente, um conjunto de vantagens da tecnologia RFID [23, 16, 13, 24, 25]:

- Não necessita de linha de visão direta para o objeto (*NLoS*);
- Permite grandes velocidades de leitura, mesmo comunicando com várias etiquetas simultaneamente;
- Possibilita a leitura e escrita de dados nas etiquetas;
- Apresenta custos de manutenção baixos. Dependendo da sua utilização (número de leituras e condições de funcionamento), as tags podem ter um tempo de vida útil limitado. Se o seu

uso for reduzido, tags ativas podem ter uma vida útil de 10 anos enquanto as passivas podem durar muitas décadas;

– Possibilidade de integrar sensores nas etiquetas, podendo estes realizar medidas no meio ambiente circundante.

2.2.3.3 Perdas na comunicação entre antena e tag

A energia necessária para operação do circuito interno de uma tag é fornecida pela leitor e transmitida pelas antenas. Contudo a energia transmitida pela antena, não é igual à captada pela tag, pois existem perdas na deslocação das ondas no espaço entre a antena e a tag. Calculam-se de seguida o limite máximo dessas perdas.

Relativamente à potência de funcionamento requerida pela tag, na sua maioria as tags utilizam semicondutores de baixa potência, com um circuito retificador na entrada, o qual apresenta sempre uma baixa eficiência.

Foram encontradas discrepâncias quanto aos valores apresentados para estas variáveis: Finkenzeller admite que o seu consumo nunca excede os 5µW, e que o retificador apresenta uma eficiência de ente 15-25% [14]. Dobkin apresenta os valores 10-20 µW e 30% [13].

Assumiu-se o pior caso: uma potência de 20µW e um rendimento de 15%. Assim a potência recebida terá de ser igual a $P_{recebida} = 133\mu W$.

Podemos assim calcular o valor máximos das perdas p_{max}. Assumindo uma potência emitida, $P_{emitida} = 1W$, temos:

$$p_{max} = 10\ log(\frac{P_{emitida}}{P_{recebida}}) \tag{2.1}$$

$$p_{max} = 10\ log(\frac{1}{133\mu}) \tag{2.2}$$

$$p_{max} = 38.75\ dB \tag{2.3}$$

Conclui-se assim que as perdas não podem ultrapassar os 38.75 dB.

Relacionando a distância entre os elementos, r, os ganhos da antena e da tag, G_A e G_T, e a frequência f é possível calcular as perdas [14]:

$$p_f = -147.6 + 20log(r) + 20log(f) - 10log(G_A) - 10log(G_T) \tag{2.4}$$

A título representativo, podemos observar alguns exemplos da relação perdas-distância na tabela 2.2.

Tabela 2.2: Perdas p_f a diferentes distâncias e frequências. Valores para um ganho da tag igual a 1.64 (dipolo), e ganho da antena igual a 1 [14]

Distância r	**868 MHz**	**915 MHz**	**2.45 GHz**
0.3 m	18.6 dB	19.0 dB	27.6 dB
1 m	29.0 dB	29.5 dB	38.0 dB
3 m	38.6 dB	39.0 dB	47.6 dB
10 m	49.0 dB	49.5 dB	58.0 dB

Uma conclusão importante para a dissertação é a distância operável à frequência de 868 MHz. Assim concluiu-se que até 3 metros as tags ainda podem ser identificadas pelo leitor.

2.2.4 Normas

Todas as comunicações são baseadas em convenções acordadas pelas partes envolvidas. Questões como o meio de comunicação, formato da mensagem e formas de interpretação, têm de ser estabelecidas para que uma troca de informação possa ser efetuada de forma eficiente.

O desenvolvimento de padrões e protocolos a nível mundial é da responsabilidade do comité técnico da ISO (*International Organization for Standardization*). A ISO é uma instituição internacional que congrega os organismos de normalização de 170 países.

Apresenta-se na figura 2.9 o conjunto de normas referentes à tecnologia RFID.

Como se verifica as normas relativas a sistemas RFID são bastante extensas, abordando muitos aspetos relativos ao sistemas: organização da informação nas tags e forma de comunicação, normalizações no modo de controlo para gestão de artigos, sinais de comando para as baterias de tags ativas, frequências permitidas e seus parâmetros, entre outros.

Uma vez em constante alteração, estas devem ser consultadas na página oficial da ISO.

Revê-se seguidamente o protocolo de comunicações entre tag e leitor.

Sendo esta a comunicação primordial do sistema RFID, desde cedo foi alvo de diferentes normalizações e protocolos.

Os primeiros protocolos produzidos, denominados ‘Class 0’ e ‘Class 1’, nos laboratórios Auto-ID ©, embora nunca completamente padronizados, trouxeram contribuições significativas tanto para a normalização como para a evolução do sistema: comandos e estados de tag, campos de memória com possibilidade de escrita e melhorias ao nível da leitura de largas populações de tags foram implementados.

Seguidamente o protocolo ISO 18000-6B veio introduziu o algoritmo *simple slotted Aloha MAC*, *FM0 tag coding* e alguma sofisticação ao nível da seleção de tags.

RFID STANDARD	DETAILS
ISO 10536	ISO RFID standard for close coupled cards
ISO 11784	ISO RFID standard that defines the way in which data is structured on an RFID tag.
ISO 11785	ISO RFID standard that defines the air interface protocol.
ISO 14443	ISO RFID standard that provides the definitions for air interface protocol for RFID tags used in proximity systems - aimed for use with payment systems
ISO 15459	Unique identifiers for transport units (used in supply chain management)
ISO 15693	ISO RFID standard for use with what are termed vicinity cards
ISO 15961	ISO RFID standard for Item Management (includes application interface (part 1), registration of RFID data constructs (part 2), and RFID data constructs (part 3).
ISO 15962	ISO RFID standard for item management - data encoding rules and logical memory functions.
ISO 16963	ISO RFID standard for item management - unique identifier of RF tag.
ISO 18000	ISO RFID standard for the air interface for RFID frequencies around the globe
ISO 18001	RFID for item management - application requirements profiles.
ISO 18046	RFID tag and interrogator performance test methods.
ISO 18047	The ISO RFID standard that defines the testing including conformance testing of RFID tags and readers. This is split into several parts that mirror the parts for ISO 18000.
ISO 24710	Information technology, automatic identification and data capture techniques - RFID for item management - Elementary tag license plate functionality for ISO 18000 air interface.
ISO 24729	RFID implementation guidelines - part : RFID enabled labels; part 2: recyclability of RF tags; part 3: RFID interrogator / antenna installation.
ISO 24730	RFID real time locating system: Part 1: Application Programming Interface (API); Part 2: 2.4 GHz; Part 3: 433 MHz; Part 4: Global Locating Systems
ISO 24752	System management protocol for automatic identification and data capture using RFID
ISO 24753	Air interface commands for battery assist and sensor functionality
ISO 24769	Real Time Locating System (RTLS) device conformance test methods
ISO 24770	Real Time Locating System (RTLS) device performance test methods

ISO 18000 STANDARD	DETAILS OF THE PARTICULAR ISO 18000 SERIES STANDARD
ISO 18000-V1	Generic parameters for air interfaces for globally accepted frequencies
ISO 18000-V2	Air interface for 135 KHz
ISO 18000-V3	Air interface for 13.56 MHz
ISO 18000-V4	Air interface for 2.45 GHz
ISO 18000-V5	Air interface for 5.8 GHz
ISO 18000-V6	Air interface for 860 MHz to 930 MHz
ISO 18000-V7	Air interface at 433.92 MHz

Figura 2.9: Normas ISO referentes a sistemas RFID [26, 27]

A implementação destes protocolos iniciais (denominados ‘Gen 1’) veio expor importantes fraquezas e obstáculos que impossibilitavam um uso alargado da tecnologia: taxas de leitura inflexíveis, tags fantasmas, interferência entre leituras de readers diferentes, etc.

Uma outra entidade de importância crucial para a definição de normas no que toca ao RFID, é a EPCglobal, uma subdivisão da GS1 (Organização de Normalização Internacional vocacionada para as atividades de negócio). A EPCglobal foi criada com o objetivo da adoção e padronização a nível mundial da tecnologia de identificação através do *Electronic Product Code* (EPC).

Em 2004 a EPCglobal iniciou a criação de uma segunda geração de protocolos, a EPCglobal

Gen 2. Este protocolo apenas válido para as comunicações UHF, procurou a compatibilidade com os padrões da ISO, tendo sido aprovado e apoiado no padrão 18000-6C.

O EPCglobal Class 1 Generation 2, normalmente denominado apenas Gen 2, possibilita grande flexibilidade tanto nas taxas de leituras como no tipo de modulações, pretendendo mitigar a interferência entre tags. As 'colisões' na leitura de tags são muito reduzidas pelo que um leitor pode ler várias tags num intervalo de tempo muito curto, assim como uma tag pode ser lida por vários leitores. Foi implementado um algoritmo *Aloha MAC* mais desenvolvido, que possibilita a adaptação da leitura a uma população variável. Outras vantagens deste protocolo são a possibilidade de criação de passwords nas tags ou de as inutilizar.

O protocolo é relativamente complexo de se implementar, sendo que um circuito interno que respeite o protocolo Gen 2 requer em média 5 vezes mais transístores que protocolos anteriores. O protocolo tem também falhas ao nível da segurança: qualquer leitor pode ter acesso ao EPC do produto. Esta e mais questões serão alvo de correção nas seguintes versões do protocolo, podendo também ser corrigidas pelos utilizadores se necessário [28, 29].

Frequências Autorizadas

Sistemas RFID geram e radiam ondas eletromagnéticas, e por isso são legalmente chamados de sistemas de rádio. A funcionalidade de outros serviços de rádio, como televisão, marinha, aeronáutica ou telefones móveis, não deve, sob circunstancia alguma, ser interrompida ou interferida pela operação de sistemas RFID.

A necessidade de ter em conta os outros serviços de rádio, restringe significativamente a gama de frequências disponível para os sistemas RFID. É apenas possível utilizar gamas de frequência que foram especificamente reservadas para as aplicações de industria, científicas ou médicas. Estas são frequências classificadas mundialmente como gamas de frequência ISM (*Industrial, Scientific, Medical*), sendo aquelas que os sistemas RFID podem utilizar.

As gamas ISM são definidas pela ITU-R (International Telecommunication Union - Radiocommunication Sector). O uso individual de certas frequências varia ligeiramente com os países de acordo com as suas próprias regulações.

Os sistemas RFID utilizam as seguintes frequências ISM: 6.78, 13.56, 27.12, 40.68, 433.92, 869 e 915 MHz e 2.45, 5.8 e 24.125 GHz.

Electronic Product Codes (EPC)

O EPC é um identificador universal que oferece uma identidade única a cada objeto físico. É projetado para ser exclusivo internacionalmente e vitalício. O código é usado maioritariamente pelas tags RFID para localizar qualquer tipo de objeto.

A sua estrutura é definida pela EPCglobal, e apresentada na figura 2.10.

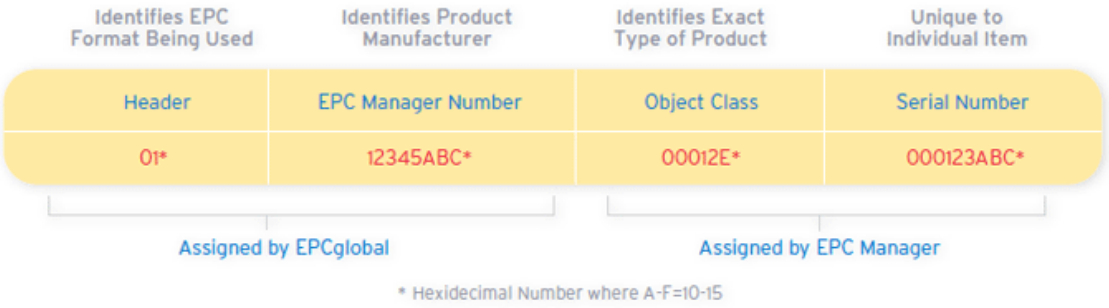


Figura 2.10: Estrutura do código EPC [30]

Header – Identifica o comprimento, tipo, estrutura, versão e geração do código EPC

EPC Manager Number – Identificação da entidade responsável. Será a responsável pela determinação dos campos *Object Class* e *Serial Number*.

Object Class – Identifica a classe do objeto

Serial Number – Identifica o objecto

2.3 Códigos *Quick Response*

O código QR é um tipo de código de barras de duas dimensões (ou matricial). Um código de barras é um código que pode ser lido por uma máquina ótica, e que contêm informação, normalmente sobre o objeto ao qual está ligado.

Este tipo de codificação permite que possam ser armazenada uma quantidade significativa de caracteres: Numéricos: 7089, Alfa-numérico: 4296, Binário (8 bits): 2953 ou Kanji/Kana (alfabeto japonês): 1817.

Assim depois da descodificação um código QR passa a ser uma frase, um link, ou um conjunto de informações ordenadas.

Um código QR é composto por módulos pretos (pontos quadrados) dispostos numa zona quadrada com fundo branco. Pode ser lido por qualquer dispositivo de imagem, como uma câmara, e processado utilizando o algoritmo de correção de erros de Reed-Solomon, para que a imagem possa ser devidamente interpretada. A informação é depois extraída dos padrões presentes em ambas as direções vertical e horizontal da imagem.

Figura 2.11: Exemplos de códigos QR

Os códigos QR foram desenvolvidos em 1994 pela corporação Japonesa DENSO WAVE ©, a qual é uma subsidiária da companhia automóvel Toyota, com o objetivo de rastrear as peças durante o processo de produção e montagem [10].

O sistema de códigos QR ficou conhecido fora da indústria automóvel devido à sua leitura rápida e grande capacidade de guardar informação, comparativamente com os códigos de barras uni-dimensionais.

Capítulo 3

Arquitetura Proposta

Neste capítulo, é proposta uma arquitetura para a implementação de um sistema RFID de localização de recursos em edifícios.

São apresentados em primeiro lugar os requisitos do sistema, e seguidamente as camadas constituintes da arquitetura.

Este capítulo apresenta assim a proposta conceptual.

3.1 Requisitos do Sistema

O sistema de localização que foi proposto possuiu atributos e funções gerais [31], que advêm da sua classificação, mas inclui também algumas funções específicas para o projeto. Foi assim definida uma lista de Requisitos.

Os requisitos são divididos em dois grupos: de cliente e funcionais.

3.1.1 Requisitos de Cliente

Serão apresentado os Requisitos de Cliente, requisitos direcionados para o utilizador do produto.

Tabela 3.1: Requisitos de Cliente

Código	Descrição
R.C.	Requisito Cliente
R.C.1	O sistema deverá: . Ter uma relação custo-eficácia otimizada, sendo que o número de elementos utilizados deverá ser mínimo

R.C.2	. Ter os seus elementos colocados de modo a não diminuir a área de circulação e a se integrarem no meio ambiente de forma discreta
R.C.3	. Ser modular e expansível
R.C.4	. Ser passível de ser controlado numa interface web
	Relativamente às especificações da localização, o sistema deverá:
R.C.LOCAL.1	. Localizar os objetos por zonas (‘dentro ou fora’)
R.C.LOCAL.2	. Permitir uma localização dos objetos móveis de valor patrimonial elevado em tempo real
R.C.LOCAL.3	. Permitir uma mudança manual da localização dos objetos estáticos
R.C.LOCAL.3	. Permitir a realização do inventário dos recursos estáticos de forma automática
R.C.LOCAL.5	. Detetar movimentações anómalas ou não autorizadas dos objetos
	Os rótulos de identificação dos objetos deverão:
R.C.TAG.1	. Para os objetos estáticos, ser simples
R.C.TAG.2	. Para os objetos móveis de valor, ser passíveis de serem localizados automaticamente
R.C.TAG.3	. Em ambos os casos devem poder transmitir informação, e no caso dos objetos móveis possibilitar a alteração da mesma
R.C.TAG.4	. Ter tamanho mínimo e se possível serem instalados em local invisível para o utilizador
	A interface visual de controlo e gestão deve permitir:
R.C.HMI.1	. Criar novos utilizadores assim como alterar as suas permissões
R.C.HMI.2	. Visualizar em tempo real a localização de objetos de valor
R.C.HMI.3	. Visualizar a localização de objetos estáticos
R.C.HMI.4	. Permitir uma seriação inteligente e modular, agrupando os objetos por tipo, tamanho, etc
R.C.HMI.5	. Requisitar objetos para diferentes usos: no interior ou exterior das instalações, ou especial
R.C.HMI.6	. Visualizar histórico de requisições
R.C.HMI.7	. Ativar alarmes se algum objeto for retirado das instalações sem autorização
R.C.HMI.8	. Diferentes opções para diferentes níveis de permissões para gestores e utilizadores normais

3.1.2 Requisitos Funcionais

Seguidamente apresenta-se os Requisitos Funcionais, direcionados para quem implementa o sistema, sendo que estes têm em conta os requisitos de cliente.

Tabela 3.2: Requisitos Funcionais

Código	**Descrição**
R.F.	Requisito Funcional
	O sistema deverá:
R.F.1	. Ser suportado por um estudo aprofundado do problema com uma criteriosa escolha dos componentes assim como do seu local de instalação
R.F.2	. Ser suportado por uma base de dados, onde a informação possa ser armazenada
	O sistema de localização de recursos deverá:
R.F.LOCAL.1	. Ser realizado com base na tecnologia RFID para os objetos móveis e na tecnologia QR-code para os objetos estáticos
R.F.LOCAL.2	. Possuir antena(s) RFID colocadas por forma a cobrir toda a área útil de passagem, mitigando as possibilidades de passagem fora da zona de interrogação de antena
R.F.LOCAL.3	. Ser dotado da precisão necessária para identificar todos os objetos que passam em cada zona de interrogação de antena
	As tags deverão:
R.F.TAG.1	. Possuir um tamanho adequado à peça a etiquetar, com uma área não superior a 5% do objeto a identificar
R.F.TAG.2	. Ter propriedades adesivas, ou possuir alternativas para a sua fixação
R.F.TAG.3	. Exemplos de recursos móveis de valor: máquinas especiais, computadores pessoais, osciloscópios, projetores, etc
R.F.TAG.4	. Exemplos de recursos estáticos: bancadas, mesas, cadeiras, iluminação, etc
	A interface visual de controlo e gestão deverá:
R.F.HMI.1	. Ser concretizada como uma página web
R.F.HMI.2	. Utilizar os sinais de reconhecimento das tags RFID para realizar a sua identificação no sistema
R.F.HMI.3	. Controlar os pedidos de objetos
R.F.HMI.4	. Apresentar uma interface visual para a localização dos objetos

3.2 Arquitetura para Sistema de Localização em Edifícios

Edifícios, ou popularmente apelidados prédios ou casas, são construções com a finalidade de abrigar atividades humanas. Admite-se que possuem um conjunto de espaços interiores limitados por paredes, que apresentam conexões entre eles.

Estas conexões entre diferentes espaços são exatamente os locais a controlar, sendo que serão denominadas no resto do documento como zonas de passagem.

De seguida apresenta-se uma arquitetura proposta para este tipo de sistemas. Esta divide-se em 4 camadas:

- Camada Física
  - Tags
  - Antenas
  - Leitores
  - Códigos QR
  - Dispositivos de captura de imagem
- Camada Operacional e de Dados
  - Conversor de Dados Físicos para Digitais
  - Base de Dados
- Camada de Gestão
  - Rotina de Processamento e Gestão
- Camada de Aplicação
  - Página Web

A arquitetura é representada na figura 3.1. Esta figura engloba ainda as formas de comunicação. Apresenta-se o caminho que a informação percorre desde a identificação da localização das tags, até à sua visualização num qualquer dispositivo com acesso à Internet.

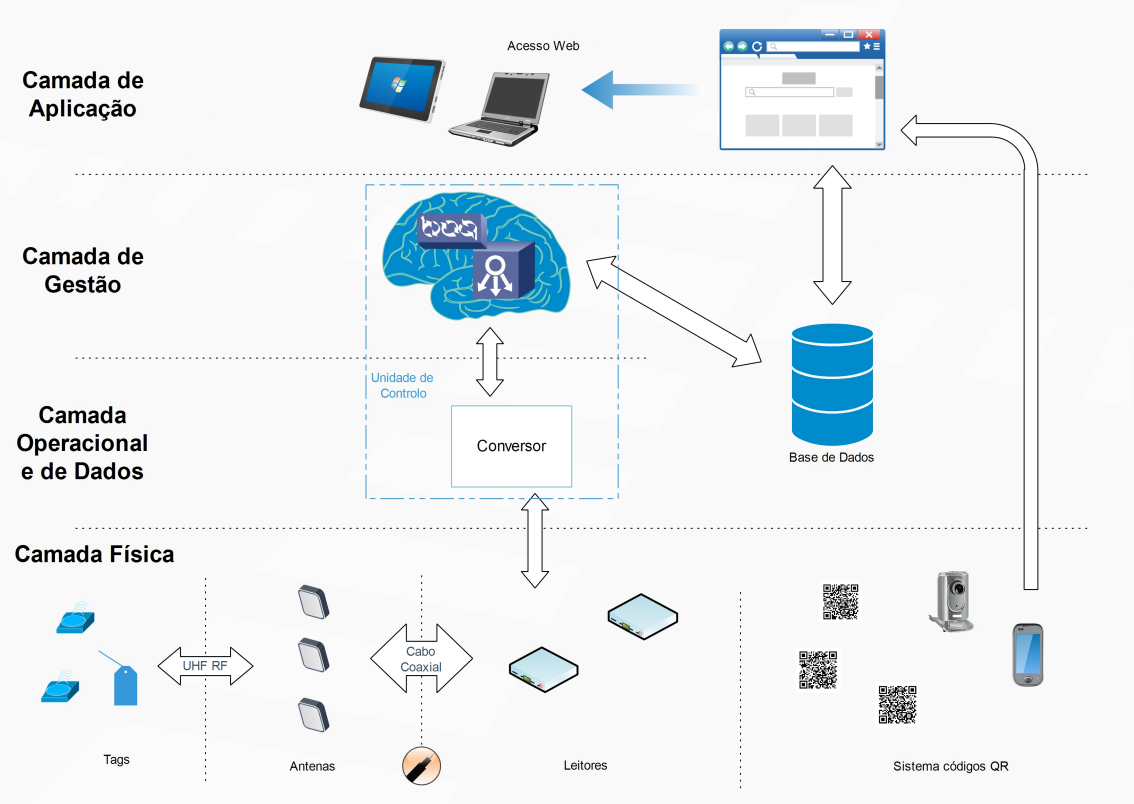


Figura 3.1: Arquitetura proposta

De seguida discutem-se as opções de implementação para a arquitetura proposta.

3.2.1 Camada Física

3.2.1.1 Leitor

Para esta arquitetura será utilizado um leitor fixo. Após uma breve pesquisa rapidamente se concluiu que os preços dos leitores móveis eram muito elevados, o que impossibilitava a sua utilização em grande número.

Localização

A localização espacial do Leitor na implementação de um sistema RFID é uma decisão complexa, dependendo essencialmente de dois fatores.

- Ligações às Antenas

  O objetivo será sempre diminuir o comprimento dos cabos a utilizar, o que traz vantagens económicas.

- Expansão: adição de *multiplexers*

  É necessário ter em atenção os números limite, economicamente vantajosos, de antenas por leitor (ou leitor com *multiplexer* já incorporado). Assim deve-se proceder a um balanceamento do total de antenas pelo número de leitores e *multiplexers* disponíveis, por forma a reduzir a quantidade destes.

Apresenta-se um conjunto de passos que se admitem vantajosos para a definição da localização dos leitores:

1. Definição das antenas a serem conectadas a cada leitor com base na distância e em questões técnicas de montagem, como por exemplo a presença de paredes.

2. Possível reagrupamento das antenas por leitor, tendo em conta o número ideal (economicamente) de antenas por leitor, ou por leitor + *multiplexer*.

3. Alinhamento das antenas numa única dimensão, tendo em conta a sua distância ao leitor por segmentos retas. É desta forma possível achar o ponto m onde é mínimo o somatório das distâncias do leitor às antenas.

$$min \sum_{i}^{k} \mid m - x_i \mid \tag{3.1}$$

   O valor que minimiza o somatório apresentado é a mediana. A mediana é o valor que, numa dada amostra de dados ordenada, separa a metade superior da metade inferior [10]. A sua demonstração não é aqui apresentada.

   A localização do leitor será assim o ponto de mediana das distâncias das antenas, reduzindo-se o comprimento dos cabos.

Parâmetros de Funcionamento - Cadência de Comunicação

Realizou-se um pequeno estudo sobre a cadência de comunicação necessária para garantir coerência temporal no sistema, e uma correta identificação das tags pelas antenas.

Usualmente os leitores possibilitam a configuração da duração de dois modos de operação: comunicações RF entre tags e antenas ativas/inativas. O modo ativo permite a comunicação entre tags e antenas, havendo uma constante emissão de ondas RF. O modo inativo tem como função comunicar as tags identificadas durante o modo ativo com a Unidade de Controlo (UC). Sendo

que estes modos são sempre sucessivos, a cadência de comunicação é igual à soma da duração dos dois.

É necessário articular esta duração com duas outras variáveis:

– Tempo mínimo de cruzamento das ZIA por parte das tags

– Temporizadores da Rotinas de controlo

Relativamente ao tempo mínimo de cruzamento da ZIA são necessários 2 valores para o seu cálculo:

- Velocidade Humana Máxima: 10 m/s (Recorde do velocista Usain Bolt; projeta-se o sistema para a pior situação)
- Diâmetro da ZIA a um metro de distância do chão: 2 m (Valor médio para antenas colocadas a 3 metros do chão)

Obtêm-se desta forma uma duração de 200 ms para o tempo mínimo de cruzamento da ZIA.

A cadência de leitura tem de ser obrigatoriamente menor que este valor, de modo a assegurar a identificação de qualquer passagem. Por experiência de utilização, concluiu-se que são razoáveis valores aproximadamente 5 vezes menores, por forma a tornar o sistema mais robusto a falhas de identificação ou comunicação.

Assim, num caso normal, teremos várias identificações de uma tag, num só cruzamento da ZIA, o que leva à necessidade da criação de um temporizador na rotina de controlo (explicada mais à frente) por forma a transformar várias identificações apenas numa, e assegurar que uma única passagem não seja mais do que isso.

O temporizador é ativado quando uma tag é identificada pela primeira vez. Enquanto ativo, é reiniciado sempre que a mesma tag é identificada. Assim, para uma dada tag, se o temporizador respetivo estiver ativo, a identificação não é tida em conta.

Assim a sua duração terá de ser algumas vezes maior que a cadência de comunicação do leitor, não podendo ser demasiado grande para não aglomerar na mesma passagem duas passagens contrárias sucessivas.

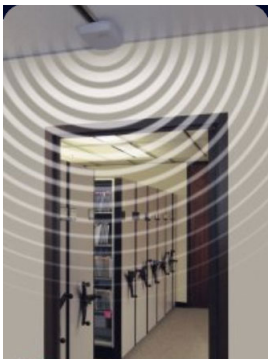
3.2.1.2 Antenas

Local de montagem

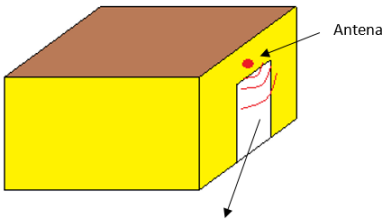
Um aspeto fundamental de qualquer montagem de sistemas RFID é a localização das antenas. Dependendo do objetivo e dos requisitos do sistema, a colocação destas, relativamente às zonas a controlar, pode variar entre posições laterais, verticais, ou até móveis.

Como definido anteriormente, este projeto requer a localização das tags em termos de presença em certas áreas. Estas áreas são corredores, salas ou pisos.

Este, foi o passo inicial da conceção, permitindo a definição da localização das antenas: verticalmente no espaço adjacente às portas, no teto, ou em outros espaços estratégicos em altura, relativos às zonas de passagem mencionadas.



(a) (http://oi-tech.com/)



DATA	CODIGO EPC
12.02.2015 15H30	01 12345ABC 00012E 000123ABC
12.02.2015 17H30	01 12345ABC 00572E 00F3S23BC
13.02.2015 10H00	01 12345ABC 00098E 0001233SC
14.02.2015 17H30	01 12345ABC 00012E 000123ABC

(b) Maquete produzida

Figura 3.2: Localização proposta para as antenas

Eficácia de Deteção

A eficácia da deteção é tanto maior quanto a sobreposição da ZIA com a zona de passagem. É possível calcular uma estimativa da ZIA de uma antena sendo para isso necessários dois dados:

– Abertura de feixe Azimutal e Vertical

– Alcance da antena

O alcance da antena e por consequente da ZIA, já foi estudado no capítulo 2.2.3.3. Para a frequência europeia (868 MHz) é possível ter um alcance de até 3 metros sem perda de comunicação com as tags, sendo a energia fornecida suficiente para a sua atividade.

Assim temos que a antena poderá ser colocada no máximo a 3 metros de altitude do chão. Interessa agora saber qual a altura mínima a que a antena pode ser colocada de forma a intercetar toda uma zona de passagem (figura 3.3).

Tem-se assim:

$$\text{tg}(\frac{\text{largura do feixe}}{2}) = \frac{\text{abertura}}{2 * \text{altura}} \Leftrightarrow \tag{3.2}$$

$$\text{abertura} = 2 * \text{altura} * \text{tg}(\frac{\text{largura do feixe}}{2}) \Leftrightarrow \tag{3.3}$$

Assumindo uma largura de zona de passagem de 1,5 metros, e uma largura de feixe de 70°a antena terá de ser colocada 1 metro de distância acima desta.

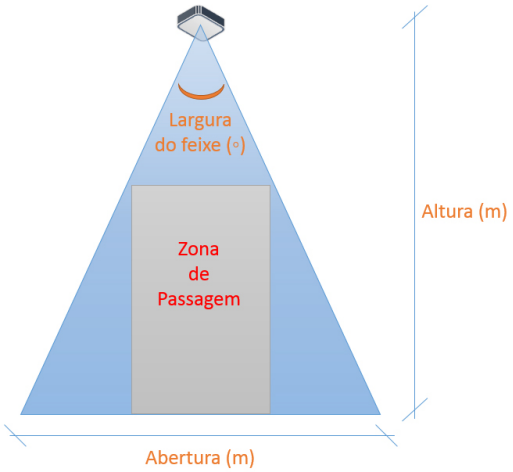


Figura 3.3: Representação geométrica da ZIA, e sua interceção com a zona de passagem

Concluiu-se que a colocação das antenas em locais superiores retira o maior aproveitamento da ZIA, cobrindo quase, ou totalmente, as zonas de passagem dos objetos. Esta disposição das antenas apresenta ainda a vantagem de não reduzir o espaço útil de circulação.

Quando se trata de zonas de passagem muito largas, a colocação de antenas lateralmente pode apresentar-se vantajosa, podendo-se aproveitar totalmente o alcance das antenas.

Número de Antenas instaladas por zona de passagem

Neste tipo de sistemas o número de antenas instaladas por zona de passagem acarreta enormes diferenças ao nível das características do sistema.

Podem ser instaladas uma ou duas antenas por zona de passagem. Entenda-se a colocação de duas antenas como sequencial, no sentido do movimento.

As duas opções apresentam diferenças bastante acentuadas tanto a nível operacional como a nível financeiro. Apresenta-se de seguida as características das duas opções salientando-se as suas diferenças.

Com apenas uma antena:

- Cada antena separa duas áreas delimitadas. Quando a tag é identificada por uma antena, o lugar da tag é alterado para a área seguinte da antena;
- É necessário a introdução manual do estado inicial do sistema, ou seja, o local das tags. Contudo, para alguns casos onde as zonas sejam consecutivas, o sistema pode perceber automaticamente onde uma nova tag se encontra após algumas identificações por diferentes antenas;
- O sistema é vulnerável a erros que ocorrem se uma tag cruzar a ZIA, mas não trocar de local efetivamente. O sistema não tem maneira de detetar estes casos, pelo que altera o local da tag. Exemplificam-se na figura 3.4, 3 situações que são processadas como sendo a

mesma quando o sistema possui apenas uma antena. Estes sistemas requerem assim melhor controlo e maior manutenção (verificação da localização real dos objetos).

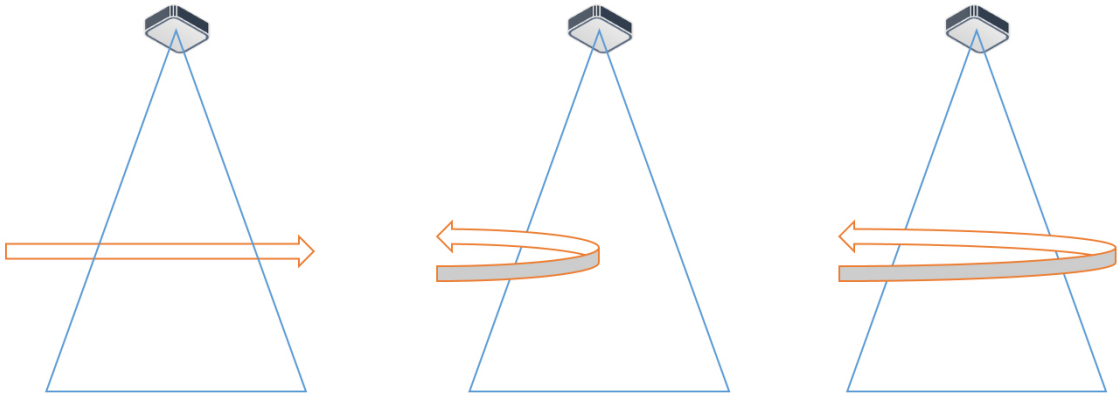


Figura 3.4: Situações de erro de sistemas com apenas uma antena por zona de passagem

Com duas antenas:

- É possível detetar o sentido do movimento da tag;
- Não é necessário introduzir estado inicial;
- A localização de uma tag só é alterada quando efetivamente a tag cruza sucessivamente, as duas antenas. Assim o sistema apresenta alta robustez quanto a erros de localização;
- Custos de implementação mais elevados.

3.2.1.3 Tags e Códigos QR

Relativamente às tags, como definido nos requisitos as tags não deverão ter grandes dimensões, assim propõem-se o uso de tags passivas. O seu custo é também mais reduzido, sendo esta outra razão.

Como referido anteriormente, é requerido um controlo dos recursos estáticos através de códigos QR. Esse controlo resume-se à realização de inventários.

A escolha da tecnologia de códigos QR justifica-se pela facilidade de obtenção e transmissão da informação guardada dentro destes. Os códigos de barras, uma tecnologia passível de ser aplicada, necessita de um leitor específico e não possibilita, a edição do formato da informação a transmitir (como por exemplo esta ser uma ligação a uma página web). Os códigos QR podem ainda ser capturados por qualquer dispositivo de imagem, sendo a sua leitura possível através de vários programas.

Propõem-se assim a criação de códigos QR com informação acerca do objeto identificado. Ao ser submetido a leitura o código terá de devolver um link para a página web, contendo a identificação do objeto (ID ou EPC, entre outros).

O dispositivo de imagem terá de possuir conexão à Internet, ou conectar-se com um que tenha, por forma a puder aceder à página web, identificando o objeto como presente. Na secção 3.2.4, relativa à camada de aplicação será explicado como se utiliza esta informação.

3.2.2 Camada de Gestão

Devido à importância desta camada as suas especificações foram definidas previamente à camada operacional. Terá que realizar as seguintes funções:

- Processar dados, interpretando o movimento das tags, alterando quando necessário o seu local consoante as características do sistema: número de antenas, salas e suas ligações, etc
- Desencadear alarmes e notificações
- Comunicar com a Base de Dados

Relativamente às comunicações com a camada inferior, estas devem ser o mais universal possível, mantendo assim características de expansibilidade. Foi definido que as mesmas deveriam ser realizadas via protocolo *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP).

3.2.3 Camada Operacional e de Dados

Camada encarregue de realizar a transformação de dados provenientes dos leitores, os quais são dependentes do leitor escolhido, com a camada de gestão, via TCP/IP.

Não foi definido uma estrutura para a Base de Dados (BD). De qualquer forma deverá cumprir os requisitos definidos (secção 3.1).

3.2.4 Camada de Aplicação

Uma página web deverá ser produzida como aplicação visual de controlo e gestão. Desta forma obtêm-se uma plataforma acessível por qualquer dispositivo com ligação à internet, independentemente da sua posição.

A página web deverá satisfazer os requisitos definidos.

Relativamente à comunicação com o sistema de códigos QR, estes redirecionam diretamente para a página web produzida, com uma auto-identificação. A página deverá assim possibilitar, em conjunto com rotinas criadas, a confirmação da localização do recurso estático associado ao código QR.

Capítulo 4

Implementação e Validação da Proposta

Neste capítulo é implementado um sistema piloto com base na arquitetura proposta. Pretende-se realizar a prova de conceito da arquitetura.

Este capítulo apresenta as fases de implementação nomeadamente um estudo de mercado, a escolha final de componentes, a montagem física realizada, a rotina de controlo criada e a plataforma de controlo gráfico.

4.1 Estudo de Mercado e Opções de Implementação

Como abordado anteriormente, um sistema RFID contêm vários elementos e muitas formas de implementação.

Assim, e tendo em conta os requisitos especificados e a arquitetura proposta, foi realizado um estudo de mercado dos seus elementos constituintes, para posterior análise e aquisição. Dentro dos limites temporais do projeto e das restrições de empresas onde era possível efetuar compras, foi feito um esforço para que o estudo fosse o mais abrangente possível.

Devido à extensão do mesmo, este foi colocado no anexo A.

Apresentam-se de seguida valores de referência das várias categorias analisada. Dentro de cada categoria, para as especificações de maior interesse são apresentados: valor mínimo (v_{min}), máximo (v_{max}) e médio ($\bar{x}$).

	v_{min} - v_{max}	$\bar{x}$
– **Leitores**		
Nº máximo de antenas por leitor:	1 - 4	4
Velocidade de leitura (tags/segundo):	200 - 1200	350
Preço (€):	400 - 1600	800
Módulos de comunicações disponíveis:	RS232, RS485, Ethernet, Wi-Fi, USB	
– **Antenas**		
Ganho (dBi):	3 - 9	8

Abertura do feixe (°):	5 - 100	70
Peso (kg):	0,4 - 2,2	1,5
Preço (€):	70 - 60	135

– **Cabos**

Comprimento (m):	2 - 15
Preço (€):	36 - 120
Preço por metro (€/m):	12

– **Tags e outros equipamentos**

Não se considerou o estudo realizado representativo.

Foi também estudada a possibilidade de compra de um *kit de desenvolvimento*. Uma vez que englobam um componente de cada categoria, a flexibilidade de escolha torna-se mais limitada, mas o custo destes kits, é significativamente menor. Garantem também um bom funcionamento conjunto de todos os elementos.

Apresentar-se-á a tabela do material adquirido seguidamente.

4.2 Plano de Implementação no Laboratório C.1 do Edifício B INESC TEC

Para validar um sistema protótipo, utilizou-se o laboratório Micro redes e Veículos Elétricos (C.1) como *test-bed*. Com base na planta do local (figura 4.1), propôs-se a localização das antenas e as zonas a controlar (figura 4.2).

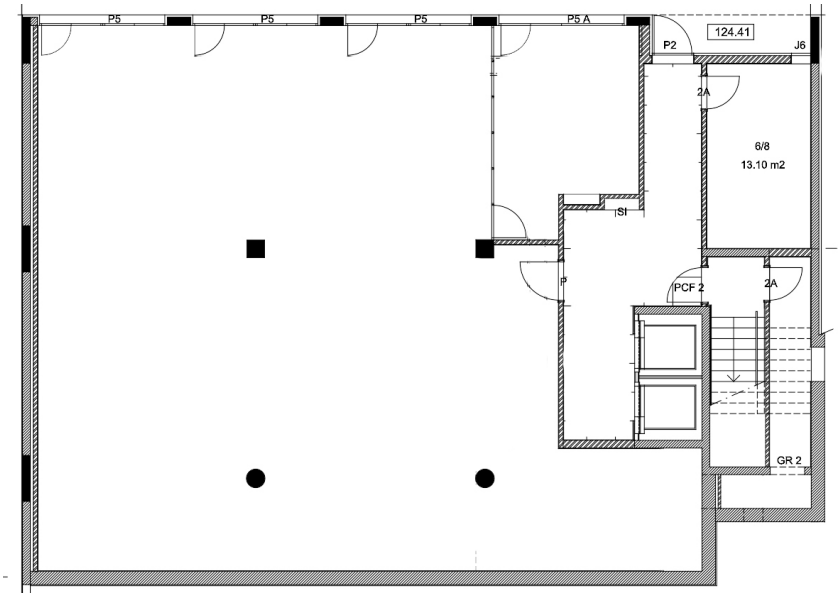


Figura 4.1: Planta do laboratório C.1 do edifício B do INESC TEC

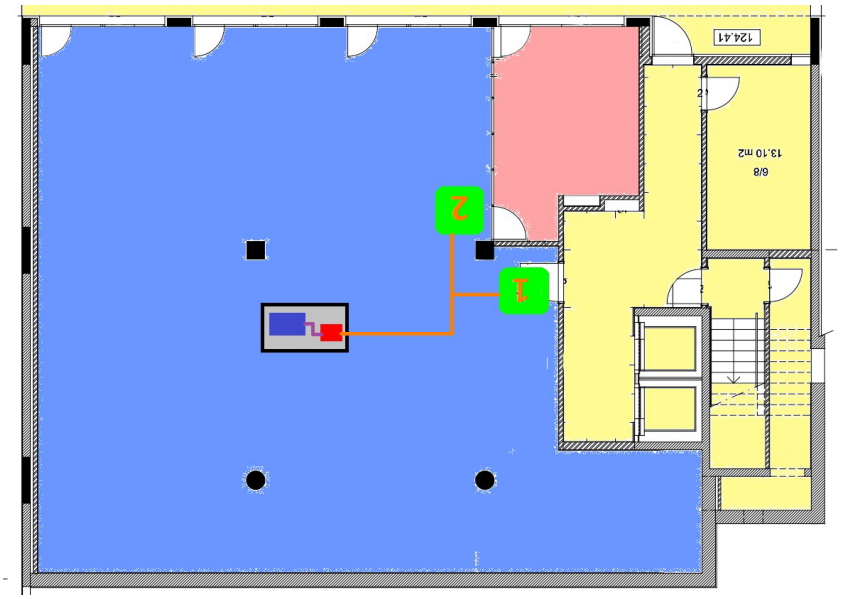


Figura 4.2: Planta com proposta de implementação. Legenda das cores: Bancada de trabalho, Unidade Controlo (Computador), cabo USB, Leitor, Cabos Coaxiais, Antenas. (A imagem não se encontra à escala)

Por questões operacionais não foi possível colocar as antenas no local pretendido. O laboratório é um espaço com grande movimento de colaboradores, impossibilitando a realização dos testes necessários para a implementação do sistema nos principais acessos do local. Não existindo facilidade de montagem nos locais pretendidos, e tratando-se da implementação de um protótipo, a ideia inicial teve de ser ajustada. Foi por isso realizado um novo planeamento (figura 4.3).

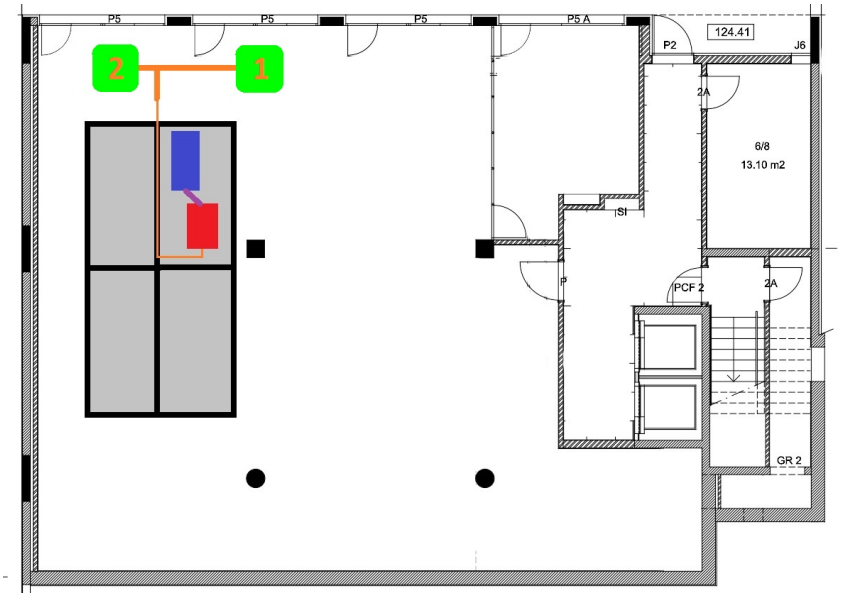


Figura 4.3: Planta com a proposta de implementação posterior. Legenda das cores: Bancada de trabalho, Unidade Controlo (Computador), cabo USB, Leitor, Cabos Coaxiais, Antenas. (A imagem não se encontra à escala)

4.2.1 Seleção Final

Decidido o ambiente de implementação, tendo em conta a arquitetura proposta, e depois da análise dos estudos de mercado, a escolha do material recaiu sobre os elementos listados seguidamente.

Tabela 4.1: Lista de Material Adquirido

Categoria	**Descrição**	**Quantidade**	**Preço (€)**
Kits de Desenvolvimento	M6E-DEVKIT B.1. Contém os seguintes elementos: 1 Leitor: M6e module B.2 1 Antena: Wireless Edge mt-242025 B.3 1 Cabo: RP-TNC macho, RP-TNC macho, 1 m 9 Tags: 1 *Confidex sample pack* B.4	1	801.78
Antenas	MobileMark PN8-868LCP-1C-GRY-12 B.5	1	141,64
Cabos	L-COM CA3N030 coaxial cable, N Male/Male, 30FT	1	76,86
	PHOENIX CONTACT antenna cable 10M SMA Male-Femal	1	86,73
Adaptadores	AMPHENOL CONNEX 242131RP Adapter, N JACK, TNC RP PLUG, Straight	2	2*20,31
	AMPHENOL CONNEX 242105RP Adapter, SMA JACK, TNC RP PLUG, 50OHM	1	17,12
		Total:	1166,75

Relativamente à antena extra, não foi escolhida a compra de outra antena igual à do kit devido ao seu alto preço, se adquirida individualmente.

Como se pode verificar nos anexos, as antenas escolhidas apresentam conectores diferentes do leitor, diferindo também entre si.

Assim foi necessário a compra de cabos diferentes e de adaptadores.

Referira-se a especial dificuldade em encontrar cabos de grandes comprimentos e com as conexões necessárias, assim como os adaptadores.

4.3 Implementação do sistema

Foi assim implementado um sistema com base na arquitetura proposta. Com base nos componentes escolhidos e nos programas e formas de comunicação utilizadas, apresenta-se a arquitetura do sistema na figura 4.4.

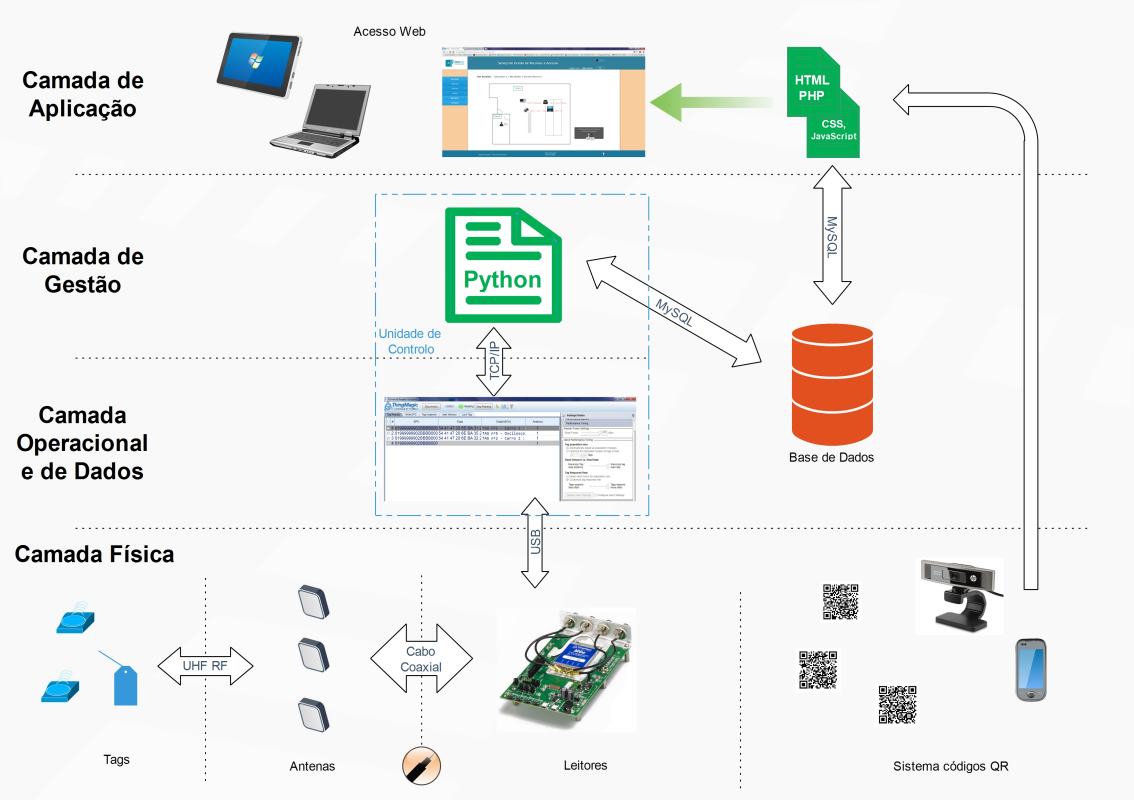


Figura 4.4: Arquitetura implementada

4.3.1 Camada Física

De acordo com a secção 4.2, apresenta-se o sistema final montado (figura 4.3).

Foi utilizada a bancada exposta como local de referência onde se localizou o Leitor e a UC. As portas para o exterior próximas da bancada, forma utilizadas como zonas de passagem e identificação tags.

Efetuou-se a ligação do leitor às antenas por cabos coaxiais, colocados ao longo das calhas no teto.

Embora as antenas estejam colocadas lado a lado como se apresenta na figura 4.3, o desenvolvimento da solução proposta em nada foi afetado, sendo os testes necessários iguais. Assim o código foi construído pensando na colocação das antenas como inicialmente pensado (4.2).

Faz-se notar que apesar de apenas estar aberta uma porta para o exterior (figura 4.5), todas as portas de vidro abrem, possibilitando a passagem para o exterior.

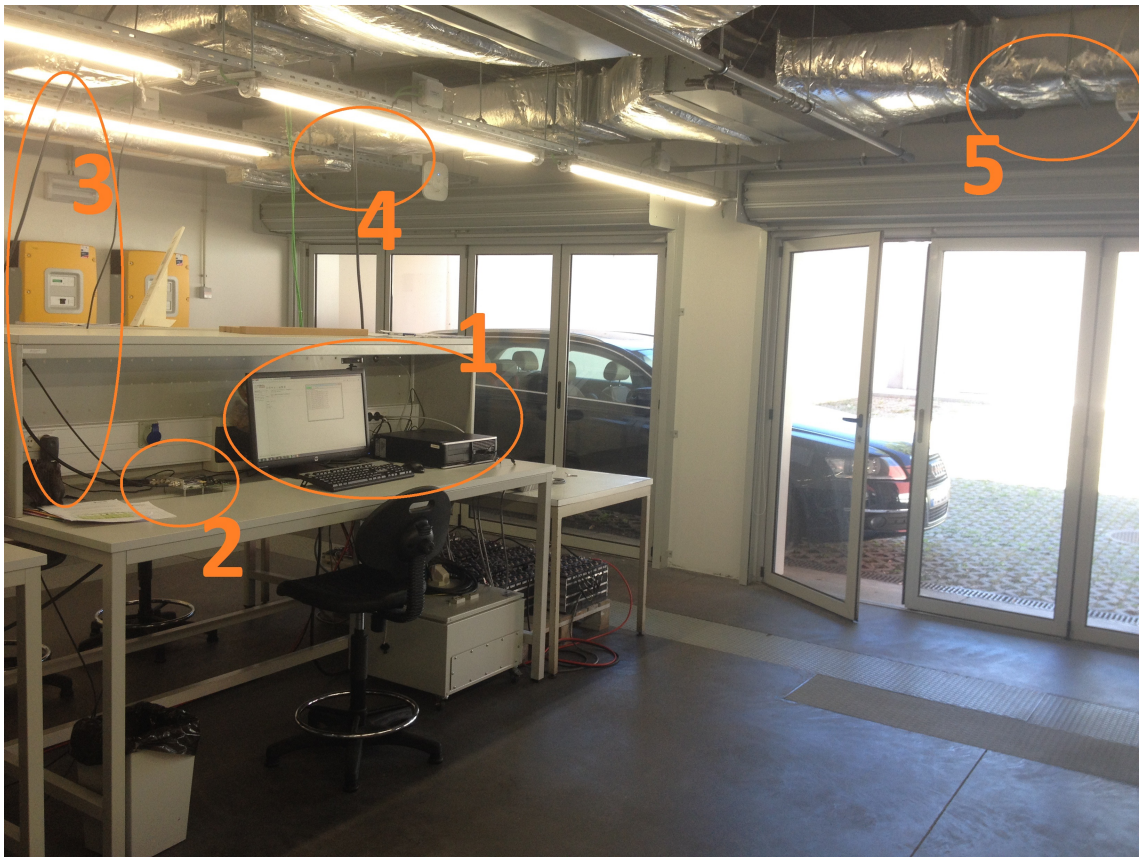


Figura 4.5: Local exato de montagem no laboratório C.1. Legenda: 1 - Unidade de Controlo, 2 - Leitor, 3 - Cabos Coaxiais, 4 - Antena nº2, 5 - Antena nº1

4.3.1.1 Leitor

A comunicação com a UC do leitor escolhido realiza-se via USB. Isto possibilitava a comunicação por cabos USB, reduzindo-se assim a comprimento dos cabos coaxiais necessários. Contudo teria de se proceder a mais um estudo tanto da viabilidade operacional como económica de cabos USB de longo comprimento, o que, tendo em conta curta janela temporal na qual o projeto foi desenvolvido, seria problemático. Optou-se pela colocação do leitor próximo ao computador, tendo-se usado cabos coaxiais de longo comprimento que oferecem garantias de funcionamento.

De acordo com o discutido em 3.2.1.1, foram definidos as seguintes especificações para o projeto:

- Duração comunicações RF ativas: 40 ms
- Duração comunicações RF inativas: 10 ms
- Temporizador da Rotina de Controlo: 200 ms

4.3.1.2 Antenas

As antenas foram colocadas em calhas de cablagem localizadas no teto, próximas das respetivas portas, a 2,9 metros de distância do chão.

(a) Antena nº1 (b) Antena nº2

Figura 4.6: Pormenores da localização das antenas

Tendo em conta que as antenas foram colocadas a 2,9 metros do chão, a energia fornecida será sempre suficiente (tabela 2.1).

Relativamente à abertura da ZIA na zona de passagem, as antenas possuem uma distância de 0,7 metros até à porta, o que se traduz numa abertura de 1 metro no ponto mais alto da porta imediatamente em baixo. Se se calcular para uma altura de 2 metros teremos uma abertura de aproximadamente 1,5m, pelo que as antenas apresentam uma boa cobertura da zona de passagem.

$$\text{abertura} = 2 * \text{altura} * \text{tg}(\frac{\text{largura do feixe}}{2}) \Leftrightarrow \tag{4.1}$$

$$\text{abertura} = 2 * 2 * \text{tg}(35) \Leftrightarrow \tag{4.2}$$

$$\text{abertura} \approx 2,8 \text{metros} \tag{4.3}$$

4.3.1.3 Tags e Códigos QR

O *Confidex Sample Pack* (incluído no kit de desenvolvimento adquirido) contêm 9 tags todas elas passivas, mas apresentando algumas diferenças de comportamento. De um modo geral a capacidade de resposta aos campos magnéticos da antena é crescente das tags da esquerda para a direita (ver anexo B.4). De destacar as tags da *SteelWave Family* e a *Confidex Survivor* que apresentam boas respostas quando colocadas sobre metais, ao contrário das outras.

Todas as tags possuem 4 campos de memória, tendo-se alterado o campo *User memory*, com informações do objeto associado a cada tag.

A identificação da tag por parte da camada de gestão é realizada tendo em conta o EPC, identificador único. Este campo pode e deve ser adequado à organização que utiliza o sistema.

A imagem 4.7 exibe as tags do pacote que apresentaram melhor desempenho.

Figura 4.7: Tags utilizadas (*Confidex Sample Pack*)

Foi adquirida e instalada uma câmara para efeitos de captura dos códigos QR. Utiliza-se seguidamente o programa *Quick Mark* para a sua leitura. Existe assim um redirecionamento para a página web, e consequente comunicação com a BD. Na tabela 'objeto', é ativado o campo 'verifica_presenca' respetivo (ver secção 4.3.2.2).

(a) Câmara utilizada para leitura dos códigos QR

(b) Código QR utilizado

Figura 4.8: Sistema de códigos QR

4.3.2 Camada Operacional e de Dados

4.3.2.1 *Universal Reader Assistant*

Para realizar a transformação de dados provenientes do leitor, para comunicação com a camada de gestão, via TCP/IP utilizou-se o programa disponibilizado pela *ThingMagic*, marca do leitor utilizado, o *Universal Reader Assistant* (URA).

O URA possibilita a visualização de informações sobre as tags identificadas assim como controlo sobre alguns parâmetros de leitura e comunicação.

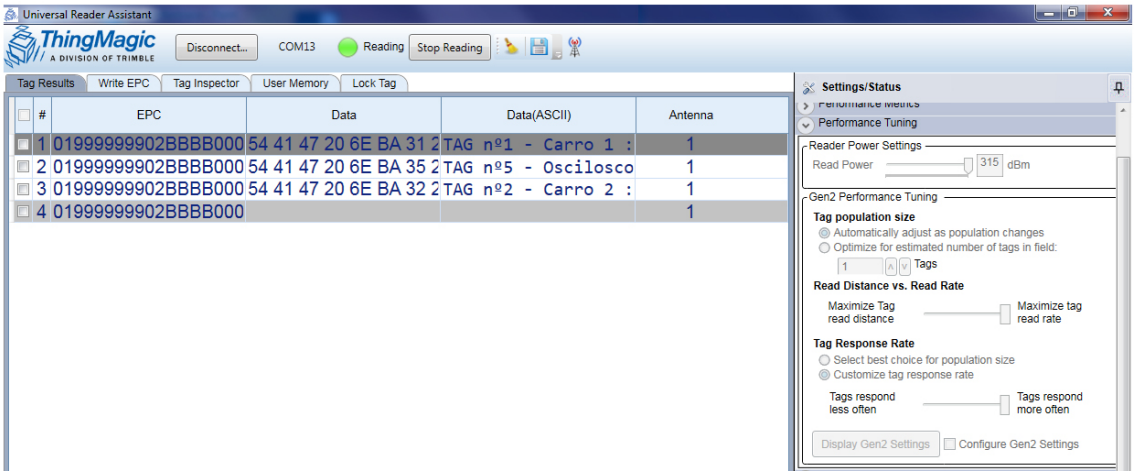


Figura 4.9: *Universal Reader Assistance*

Apresenta-se os parâmetros que se identificou como de interesse para a dissertação:

– Potência Leitor : 0 a 30 dBi

  Utilizada potência máxima, 30 dBi.

– Sensibilidade à população de tags : 1 - ∞ ou automática

  Utilizada sensibilidade automática.

– Cadência de leitura, tempos ON e OFF: 0 a 999 ms

  Como definido anteriormente utilizou-se:

  Tempo ON: 40 ms

  Tempo OFF: 10 ms

– Protocolo de comunicações : TCP Port ou HTML POST

  Escolhido o modo via Porta TCP (*Transmission Control Protocol*) como definido anteriormente.

4.3.2.2 Base de Dados

A base de dados foi produzida em MySQL, utilizando-se o programa *XAMPP*. Desta forma foi possível desenvolver tanto a Base de Dados como a página web de forma rápida, segura e exportável se necessário.

A Base de Dados foi concebida por forma a cumprir todos os requisitos especificados. A figura 4.10 apresenta o seu modelo Entidade-Associação.

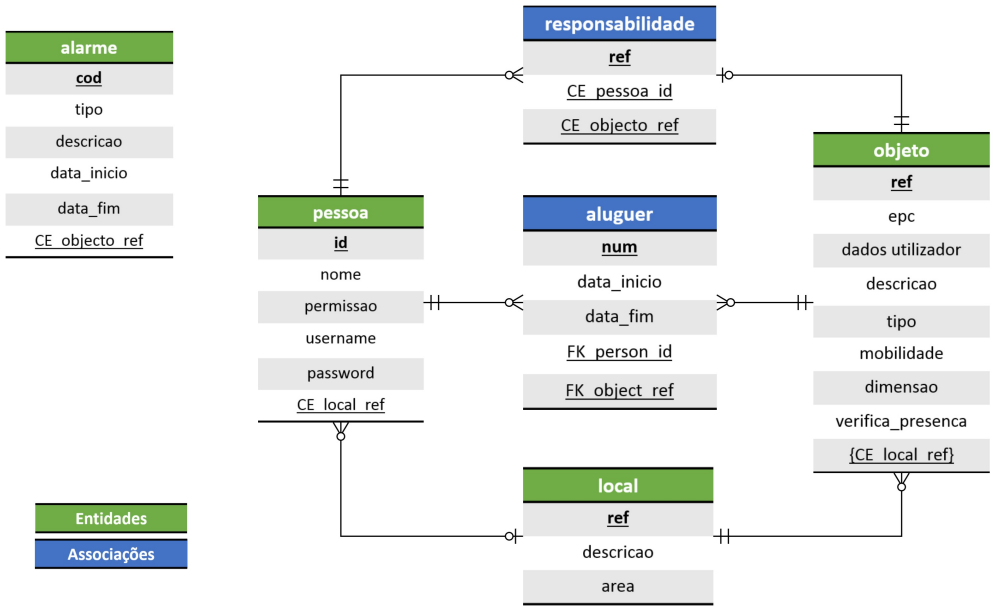


Figura 4.10: Representação visual do modelo Entidade-Associação relativo à BD

Alguns campos das tabelas apresentadas são seguidamente explicados:

Relativamente aos objetos, os campos EPC e *user_data* realizam a sua identificação. O campo *mobility* explicita a mobilidade do objeto com o objetivo de haver uma fácil distinção para algumas operações. Poderá tomar os valores de móvel ou estático. O campo *check_static* é boleano, e apenas é usado pelos objetos estáticos quando é realizada a verificação das suas presenças. O campo vetorial FK_local_ref, define todos os locais onde o objeto tem permissão de entrar. Se for detetado a sua presença noutro local será ativado uma notificação.

Os campos *type* e *description*, da tabela de alarmes, terão de ser inicializados previamente na Rotina de Processamento. Quando uma situação de erro acontece, esta criará um novo Alarme, utilizando esses campos e acrescentando a data de início e possivelmente informações sobre algum objeto.

Relativamente às pessoas: os campos permission e username, serão para a utilização da plataforma de controlo. A chave estrangeira *FK_local*, poderá ser preenchida com o local onde a pessoa se encontra de modo permanente, para efeitos estatísticos e de controlo.

As tabelas relativas às entidades terão obrigatoriamente de ser preenchidas quando se inicia o seu uso. A base de dados deve ainda possuir duas tabelas para associações: Alugueres e Responsabilidades. Ambas relacionam pessoas com objetos.

4.3.3 Camada de Gestão - Rotina de Controlo

A rotina de controlo foi concretizada na forma de um programa escrito em *Python*. Esta linguagem de programação satisfazia todas as especificações definidas, apresentando boas características de universalidade e facilidade de implementação, assim como uma boa relação complexidade/performance.

Apresenta-se desde já um fluxograma representativo do código produzido (figura 4.11). Tem como objetivo auxiliar, de uma forma gráfica, a compreensão da rotina produzida, explicada textualmente de seguida.

Quando é identificada uma ou várias tags, o URA envia uma trama de dados. A informação apresenta-se sobre a forma de um vetor de *strings* com os dados referentes às tags organizados por campos na seguinte forma:

[b'EPC', b'USER_DATA', b'DATE', b'HOUR', b'RSSI', b'TAG_COUNT', b'ANTENA']

Exemplo retirado da aplicação real:

[b'01999999902BBBB000000005', b'544147206EBA35202D204F7363ER', b'26-06-2015', b'17:00:11', b'-70', b'1', b'1', b'01999999902BBBB000000002', b'544147206EBA32202D2', b'26-06-2015', b'17:00:11', b'-66', b'1', b'1']

O programa seguidamente transforma a string recebida em informação organizada e com a qual seja possível comunicar com a base de dados.

O programa foi escrito com base no modulo de funções *Multi-processing*. Com a integração deste módulo é possível gerir a concorrência de recursos, utilizando-se sub-processos. Existe um processo pai, o qual está sempre ativo e à espera de nova informação. Quando esta é detetada, é criado um sub-processo que executa as funções necessárias ao seu tratamento e organização. Desta forma toda a informação recebida é processada, mesmo quando o espaçamento temporal entre receções é muito curto.

O programa utiliza duas constantes definidas pelo utilizador: o número de antenas e o número de campos recebidos na porta série por tag. O código adapta-se assim a diferentes implementações, sendo as alterações a realizar mínimas.

É também necessário a definição da duração do temporizador.

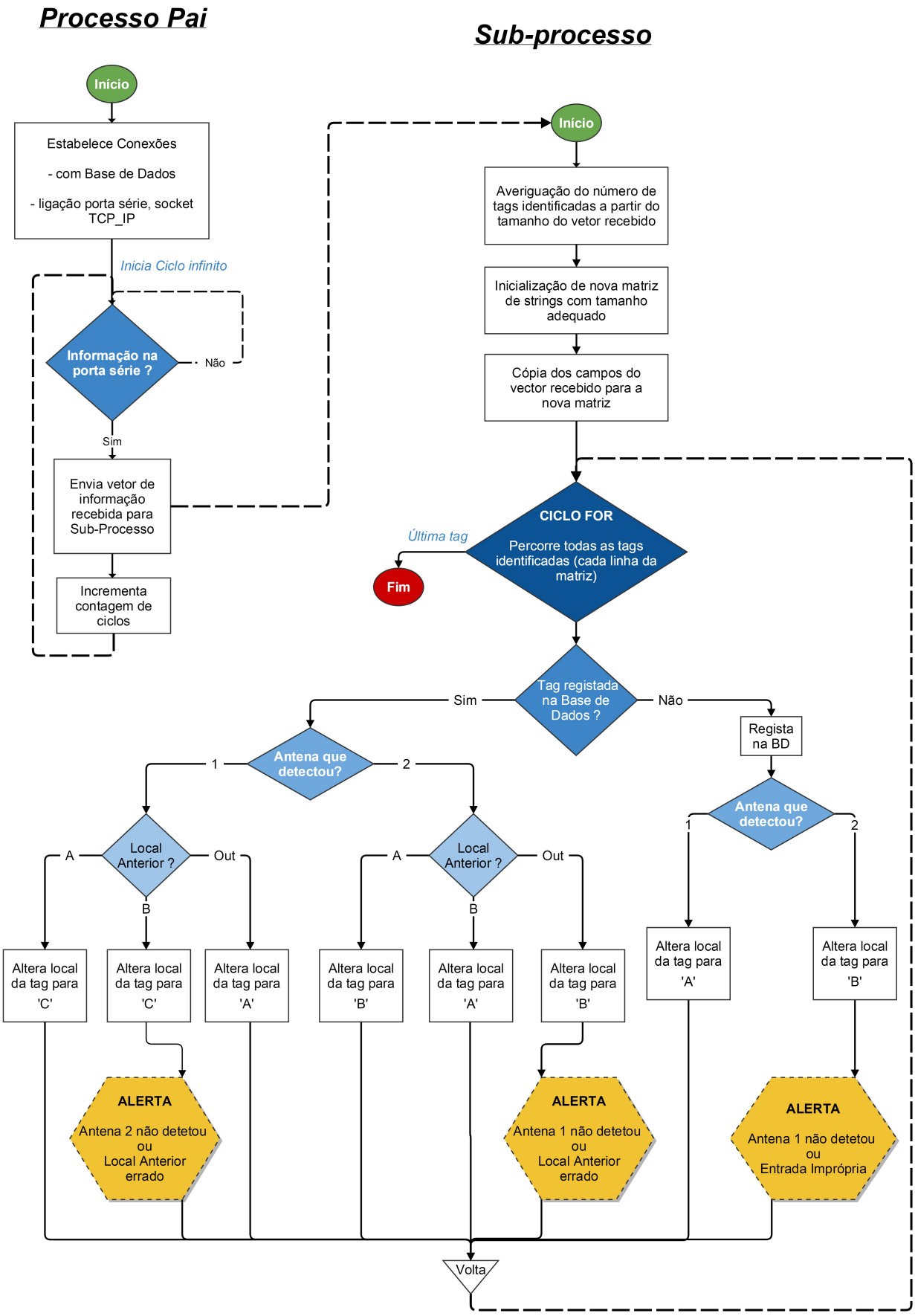


Figura 4.11: Fluxograma exemplificativo da rotina de controlo

Volta-se a referir que embora as antenas estejam colocadas lado a lado como se apresenta na figura 4.3, o código foi construído pensando na colocação das antenas como inicialmente pensado na figura 4.2.

Foi desta forma feita uma programação para um caso específico, mas foi tido sempre em consideração a expansibilidade do sistema. O código é assim facilmente alterável, apenas necessitando de alteração nas decisões a partir do ciclo que percorre todas as tags identificadas (denominado na figura 4.11 por 'CICLO FOR'). É necessário modificar as conclusões que se pode retirar dos dados: antena detetora e local anterior da tag.

O output do programa é assim a comunicação das informações organizadas e de interesse com a base de dados.

4.3.3.1 Deteção da direção de passagem

Uma vez expostas as limitações do controlo de zonas de passagem com uma antena (secção 3.2.1.2), foi pensado o processamento necessário para uma implementação com duas antenas por zona de passagem [32]. Como referido anteriormente, a colocação de duas antenas por zona possibilita a deteção da direção de passagem e consequentemente maior controlo.

Nos dados transmitidos pelo leitor, é incorporada a hora de identificação, a qual tem uma resolução ao milissegundo. Assim foi verificada a diferença temporal entre identificações em antenas consecutivas (aquelas que se encontram a controlar a mesma zona).

A rotina foi produzida e testada tendo o sentido do movimento das tags sido corretamente identificado. O código poderá ser adaptado por forma a integrar a rotina de controlo geral caso o sistema possua duas antenas por zona de passagem.

4.3.4 Camada de Aplicação - Página Web

Para visualização, controlo e gestão do sistema foi criado uma página web. Desta forma pode utilizar-se um HMI (*Human Machine Interface*) disponível em qualquer dispositivo com acesso à Internet. O seu acesso não está assim constrangido a um aparelho específico, nem a nenhuma localização física.

A página foi integralmente produzida durante o projeto utilizando-se as linguagens de programação *HTML, PHP, CSS e Javascript*. Utilizou-se a biblioteca *Smarty* na separação das funções de apresentação gráfica/programação lógica.

A página foi criada com o objetivo a ser utilizada tanto por utilizadores regulares, como por quem gere o sistema. A visualização da página está protegida por login. Gestores terão opções diferentes de utilizadores regulares. Para os gestores existem as seguintes possibilidades:

- Visualização em tempo real da localização de objetos

  O gestor pode escolher o piso que pretende visualizar, sendo que para cada uma são apresentados os objetos presentes no seu interior. A presença dos objetos é atualizada a cada minuto.

- Executar uma confirmação do localização dos objetos estáticos

  O gestor terá a possibilidade de realizar a confirmação da presença dos objetos estáticos. Esta realiza-se por pisos (podendo ser por áreas também), e para tal é necessário ativar a função respetiva na página de visualização em tempo-real.

  Prossegue-se de seguida à identificação dos códigos QR. Como referido anteriormente, cada identificação resultará na comunicação com a BD e ativação do campo 'verifica_presenca' do objeto respetivo.

  Quando terminar a tarefa a função deverá ser desativada, recebendo-se uma lista dos recursos em falta (os objetos com o campo 'mobilidade' igual a 'estatica' e que não possuem o campo 'verifica_presenca' ativo).

- Acesso a alarmes e notificações

  Cada objeto possuiu uma lista de locais onde pode circular. Se for identificado por uma antena, a qual controla uma área que o objeto não tem permissão de circular, uma notificação, será desencadeada. Se sair das instalações do edifício será ativado um alarme.

- Introduzir novos objetos no sistema

- Consultar Histórico de requisições

Para os utilizadores regulares apenas é possível requisitar recursos.

Apresentam-se de seguida algumas imagens da página web (figuras 4.12 e 4.13).
Mais imagens exemplificativas podem ser encontradas no anexo C.

4.4 Considerações

O sistema foi concluído com sucesso, estando operacional para o caso particular do projeto e facilmente expansível para outros casos.

Relativamente ao software, este foi escrito por forma a estar preparado para sofrer alterações de expansão, sendo a forma de atuar igual para qualquer implementação.

A possibilidade de haver um grande número de conexões com a BD não é problemático, uma vez que é possível ter até 300 conexões em MySQL.

O sistema piloto foi implementado com sucesso e a arquitetura validada.

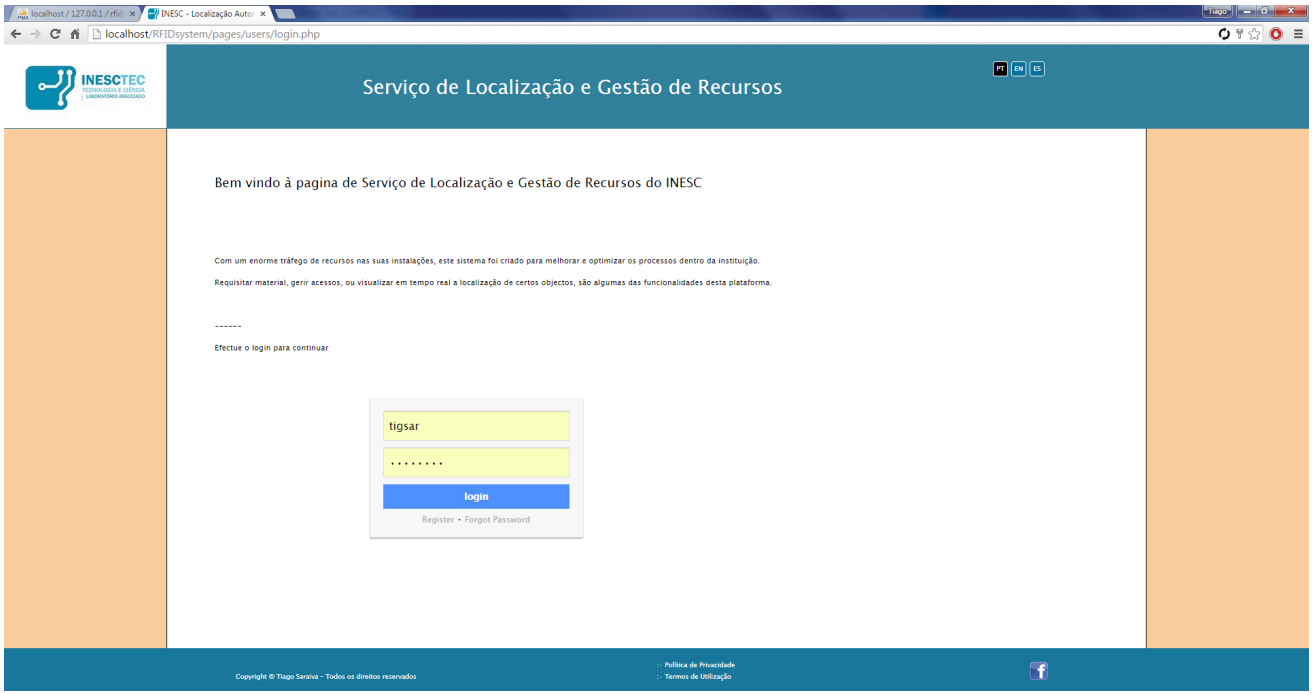


Figura 4.12: *Homepage* da página web

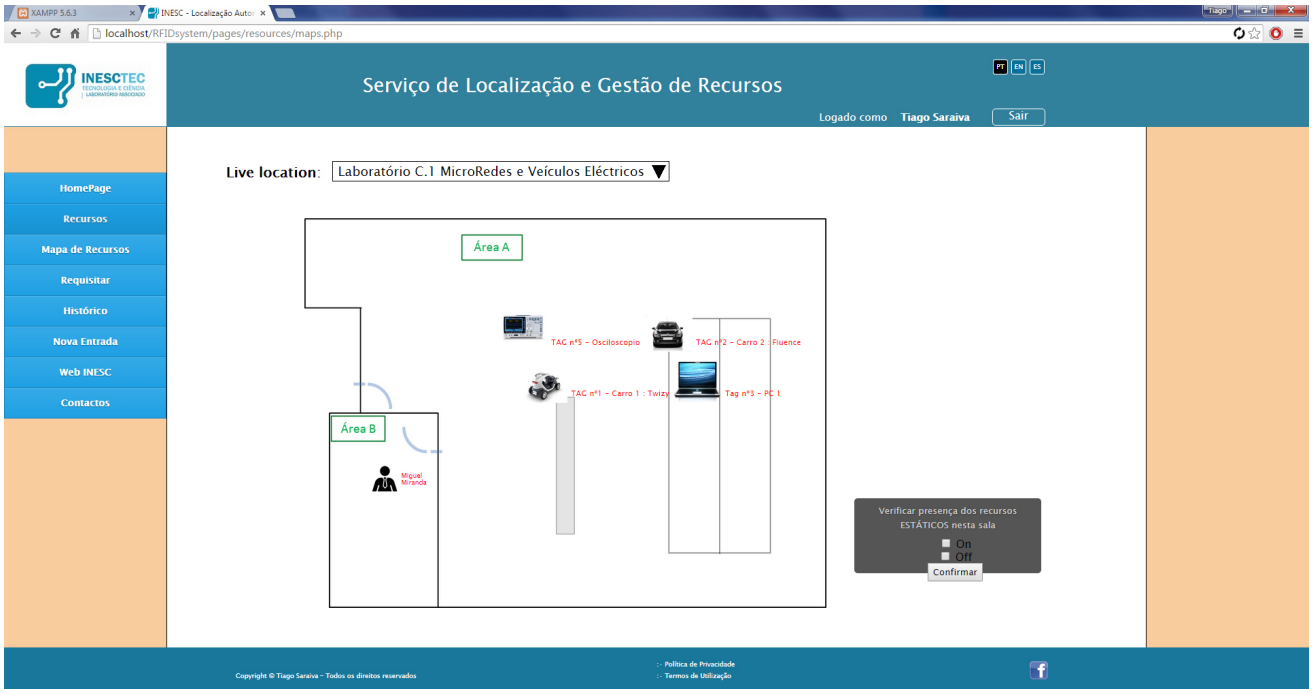


Figura 4.13: Página de localização de recursos em tempo-real e opção de validação dos recursos estáticos

Capítulo 5

Caracterização do sistema

Quando uma tag cruza a zona de interrogação de uma antena, esta deve ser identificada. Contudo, existem situações que impossibilitam tal identificação, sendo que estas podem ser divididas em duas categoria:

- Passagens que por circunstâncias especiais dificultam a identificação da tag
- Passagens com intenções deliberadas de dificultar a identificação

Este capítulo apresenta um conjunto de testes realizados com o intuito de identificar claramente as condições em que estas situações ocorrem, caracterizando o sistema quanto à sua robustez e propondo soluções.

5.1 Testes à Robustez do Sistema

Foi realizado de um conjunto de testes, por forma a validar os casos em que ocorre identificação, quando estas cruzam a ZIA de uma antena.

O objetivo destes testes é perceber e identificar as limitações de um sistema de localização de recursos baseado na tecnologia RFID. Desta forma será possível verificar que nível de segurança o sistema pode oferecer, identificando-se claramente as situações em que não é possível detetar uma tag. Serão posteriormente propostas medidas que mitiguem estes problemas, e, caso isso não seja possível, será identificado uma limitação do sistema.

Os testes foram realizados com o sistema apresentado na figura 4.3, utilizando-se ambas as antenas.

Das tags adquiridas (ver anexo B.4), foram escolhidas 4 que se apresentavam mais promissoras para uma futura implementação. Apresenta-se na figura 5.1 as tags submetidas a testes, sendo que estas foram escolhidas de forma representativa (entre as tags disponíveis).

	CONFIDEX SILVERLINE™	CONFIDEX IRONSIDE SLIM™	CONFIDEX STEELWAVE MICRO II™	CONFIDEX SURVIVOR™
Product picture				
Size	100 x 40 x 0,8 mm 3.94 x 1.57 x 0.03 in	84 x 21 x 10 mm 3.3 x 0.83 x 0.39 in	38 x 13 x 4,5 mm 1.5 x 0.5 x 0.17 in	155 x 26 x 14.5 mm 6.1 x 1.02 x 0.57 in
Frequency	865-869 MHz - ETSI (EU) 902-928 MHz - FCC (US)	860-960 MHz	865-928 MHz	865-869 MHz - ETSI (EU) 902-928 MHz - FCC (US)
Memory	128 bit EPC + 512 bit	128 bit EPC + 512 bit	128 bit EPC + 512 bit	128 bit EPC + 512 bit
Read range (2W ERP)[1]	up to 5 m / 16 ft	up to 8 m / 26 ft	on metal up to 5m/ 16ft off metal up to 1,5 m/ 5ft	on metal up to 18 m / 60 ft off metal up to 16 m / 52 ft
Ambient temperature range [2]	-35°C to + 85°C -31°F to + 185°F	-35°C to +85°C -31°F to +185°F	-20°C to +70°C -4°F to +158°F	-35°C to +85°C -31°F to +185°F
Special features	- IP68 - On and off metal - On reel - Works on curved surfaces - Washable - Great compatibility with RFID printers	- IP68 - On metal - Impact-resistant - ATEX compliant version available	- IP67 - On and off metal - Versatile attachment options - NFC version available	- IP68 - On and off metal - Durable screwing with metallic compression limiters
Order reference [4]	3000702 - ETSI M4QT 3000703 - FCC M4QT	3000360 - Global M4QT	3000587 - Global M4QT	3000855 - ETSI M4QT 3000856 - FCC M4QT
tag nº:	1	2	3	4

Figura 5.1: Tags testadas

5.1.1 Variáveis a Testar

Foi realizada uma seriação das variáveis mais relevantes para a identificação da tag por uma antena.

São elas:

✓ **Tipo e tamanho da tag** – variável limitada pelas tags existentes.

✓ **Distância da antena ao leitor** – existem sempre algumas perdas na transmissão pela cablagem [33]. Esta variável está também limitada pois apenas existem para teste cabos de dois comprimentos: 1 e 10 metros.

✓ **Especificações do leitor** - Potência e Sensibilidade (tamanho da população de tags a identificar ao mesmo tempo) – as definições foram afinadas para a melhor leitura possível, utilizando-se a potência e sensibilidade adequadas ao problema.

- **Orientação** – da tag relativamente à antena. Mesmo sendo uma antena com polarização circular.

- **Distância da tag à antena**
- **Obstrução do caminho espacial da tag à antena por:**
  - Madeira
  - Plástico
  - Água
  - Metal
  - Corpo Humano
- **Sensibilidade da Antena a uma população de tags elevada**
- **Velocidade de passagem**

Por forma a retirar conclusões mais fiáveis foi definido testar uma variável de cada vez, mantendo as outras fixas, forma a terem o mínimo de impacto possível.

Depois de alguns testes preliminares, definiu-se para cada variável um valor que se considera, à partida, vantajoso para a identificação das tags.

O conjunto de valores iniciais será:

▷ Distância leitor-antena: 10 metros

▷ Potência leitor: 30 dBi e otimização automática para a população de tags

▷ Apenas a tag a testar pode estar presente na ZIA

▷ Presença de metal nas redondezas da antena, mas não perto da tag (propriedade característica do laboratório, área de teste)

▷ Tag passa com 'ligação visual' à antena e com 'face' voltada para a antena (Orientação = 0°)

▷ Altura de passagem: entre 1 e 2 metros

▷ Velocidade de cruzamento: passo de um adulto ($\approx$ 6 km/h)

5.1.2 Especificações dos Testes

Para normalizar os teste e obter maior coerência nos resultados foi criada uma Ficha de Testes geral 5.2. A ficha foi depois adaptada para cada variável a testar.

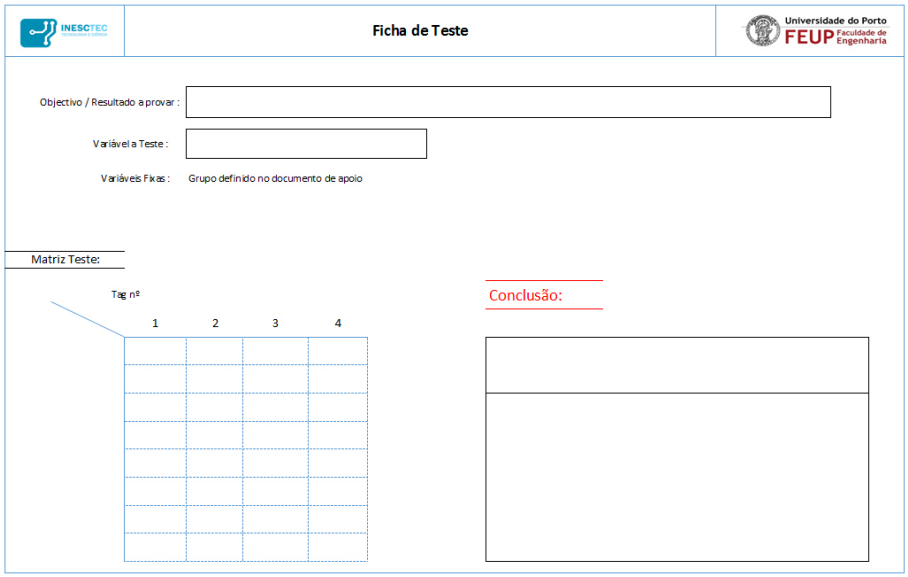


Figura 5.2: Folha de testes base

Para que os testes possuam relevância estatística, cada teste foi repetido 10 vezes, utilizando-se a seguinte grelha.

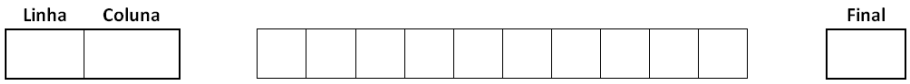


Figura 5.3: Linha de testes

Cada grelha representa um valor na Matriz de Teste, na Ficha de Teste (consultar figura 5.2).

Dada alguma inconstância desta tecnologia, será admitido 1 resultado diferente nos 10 repetições realizadas para cada situação, no caso da identificação. São assim necessários 9/10 resultados positivos para o teste ser considerado positivo. Esta foi uma restrição definida com base na experiência dos testes preliminares.

Exemplos:

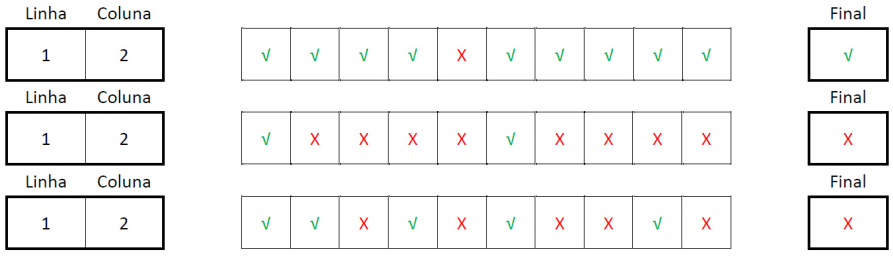


Figura 5.4: Exemplo de Linhas de testes

Por fim, para cada teste foram previamente definidas as instruções para a sua realização.

- **Orientação** *Instruções*: Passar as tags, pela ZIA, com diversos ângulos em relação à antena: 0 - 180.
- **Distância da tag à antena** *Instruções*: Passar as tags, pela ZIA, a várias alturas. É esperado o teste a 7 alturas diferentes, entre os 0 e os 2,9 metros de distância entre a antena e o chão.
- **Obstrução do caminho espacial da tag à antena** *Instruções*: Estes testes deverão ser realizados sempre com o material especificado entre a tag e a antena.
- **Sensibilidade da antena a uma população de tags elevada** *Instruções*: Realizar o teste de uma tag, com a presença quer seja de tags paradas já na zona de interrogação da antena, quer sejam tags que ultrapassam a zona de interrogação ao mesmo tempo da tag que se deseja identificar. Testar com diversos números de tags (até 10)
- **Velocidade de passagem** *Instruções*: Passar as tags, pela ZIA, a diversas velocidades. É esperado a passagem em passo lento, normal, de corrida ($\approx$ 3, 6 e 9 km/h respetivamente) e em corrida ($\approx$ 15 km/h). Será também necessário fazer testes de arremesso em que a velocidade poderá ser superior.

5.2 Resultados

Apresenta-se seguidamente os testes realizados. São demonstradas as matrizes de teste obtidas, imagens dos testes e as suas conclusões.

Orientação da tag

Matriz Teste:

Orientação da Tag (º) \ Tag nº	1	2	3	4
0	√	√	√	√
25	√	√	√	√
50	√	√	√	√
75	√	√	√	√
100	√	√	√	√
125	√	√	√	√
150	√	√	√	√
180	√	√	√	√

Tabela 5.1: Matriz Teste - Orientação

- Foi revelado que independentemente da orientação da tag relativamente à antena, a tag é sempre identificada.

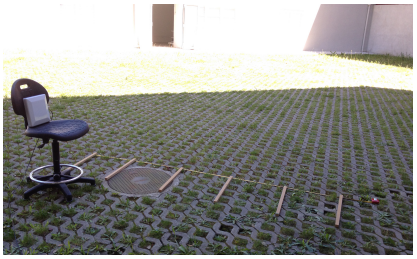
Distância da tag

Matriz Teste:

Distância da Tag \ Tag nº	1	2	3	4
≈ 0 m	√	√	√	√
0,5 m	√	√	√	√
1 m	√	√	√	√
1,5 m	√	√	√	√
2 m	√	√	√	√
2,5 m	√	√	√	√
≈ 3 m	~	√	~	√

Tabela 5.2: Matriz Teste - Distância

- Para o caso estudado, e para situações normais, concluiu-se que a distancia não é uma variável com influencia.
- Contudo para passagens com intenções deliberadas para dificultar a identificação, existe a possibilidade de o conseguir, se a tag for passada junto ao chão.



Influência Metal e Água

Matriz Teste:

Material Entreposto \ Tag nº	1	2	3	4
Máquina Calcular	X	√	√	√
Computador	X	X	√	√
Oscilloscópio	X	X	√	√
Papel alumínio	X	X	X	X
Chapa Metálica	X	√	X	√
Garrafas de água	X	√	X	√
'Manto de água'	X	X	X	X

Tabela 5.3: Matriz Teste - Obstrução com metal e água

- Variáveis com enorme influência.
- Com a tag envolta em papel de alumínio ou por baixo de um 'manto de água' a sua identificação é impossível.
- Como demonstra a grelha em alguns casos a identificação é possível, mas se adequada a posição da tag de forma a facilitar a leitura (respeitando o conjunto de variáveis iniciais definido). Assim conclui-se que numa utilização normal a sua identificação fica seriamente comprometida.

(a) Folha de alumínio

(b) Garrafas de água com tag

(c) 'Manto de água'

Figura 5.5: Testes de influência de metal ou água

Influência Cartão, Plástico e Corpo Humano

Matriz Teste:

Corpo Entreposto \ Tag nº	1	2	3	4
Caixa cartão 1	√	√	√	√
Caixa cartão 2	√	√	√	√
Lancheira 1	√	√	√	√
Lancheira 2	√	√	√	√
Mão	X	X	X	X
Corpo	X	X	X	X

Tabela 5.4: Matriz Teste - Obstrução com cartão, plástico e corpo humano

- Os materiais de cartão ou plástico não têm influência.
- O corpo humano (constituído maioritariamente por água) é um completo 'escudo' contra a identificação das tags.
- É assim com grande facilidade que, passagens com intenções deliberadas para dificultar a identificação, terão sucesso.

(a) Lancheira 1

(b) Lancheira 2

Figura 5.6: Testes de influência de plástico

Sensibilidade da antena a uma população de tags elevada

Matriz Teste:

Mobilidade das tags adicionais	Quantidade	Tag nº 1	2	3	4
A movimentar juntamente com a tag a identificar	1	√	√	√	√
	4	√	√	√	√
	7	√	√	√	√
	10	√	√	√	√
Paradas	1	√	√	√	√
	5	√	√	√	√
	10	√	√	√	√

Tabela 5.5: Matriz Teste - Sensibilidade ao número de tags

- Variável sem influência para o caso estudado (até 10 tags simultaneamente)

Velocidade da tag

Matriz Teste:

	Velocidade de passagem	Tag nº 1	2	3	4
Passo	Lento	√	√	√	√
	Normal	√	√	√	√
	Rápido	√	√	√	√
Em corrida		√	√	√	√
Arremessado (alta velocidade)		√	√	√	√

Tabela 5.6: Matriz Teste - Velocidade

- Foi revelado que independentemente da velocidade da tag, esta é sempre identificada.

Todos os testes possuem a sua Folha de Teste devidamente preenchida, encontrando-se estas no anexo D.

5.3 Segurança e como a explorar

Após realizados todos os testes, e fazendo uma análise final conjunta, foram alcançadas os seguintes resultados, específicos do sistema em questão.

Variáveis sem influência na deteção das tags:

- ✓ **Orientação da tag relativamente à antena**
- ✓ **Presença de tags adicionais na ZIA (até 10)**
- ✓ **Distância da tag à antena (até 2,5m)**
- ✓ **Velocidade de passagem**
- ✓ **Obstrução do caminho espacial entre tag e antena com objetos de madeira ou plástico**

Variáveis com influência na deteção das tags:

- × **Obstrução do caminho espacial entre tag e antena com água, metal ou com o corpo humano**

Concluiu-se assim que o sistema testado é adequado para a localização de recursos. Apenas é necessário ter especial atenção com os materiais que contenham metal ou água, pois estes deverão cruzar as zonas de deteção com a sua tag diretamente voltada para a antena.

Compreende-se pelo parágrafo anterior que este sistema não poderá garantir na totalidade a segurança dos equipamentos.

5.3.1 Limitações do Sistema e Medidas Propostas

Um sistema RFID de frequências UHF não pode ser usado como sistema de segurança pois não consegue assegurar a deteção das tags em muitos casos. Ficaram óbvias várias maneiras de se adulterar o sistema:

- Colocando qualquer metal entre a tag e a antena
- Embrulhando o recurso em folha de alumínio
- Posicionando de alguma maneira água entre a tag e a antena, ou mesmo em zonas envolventes
- Colocando o próprio corpo entre a tag e a antena

Estes casos são de muito difícil solução. Ainda assim propõe-se algumas medidas.

Como tentativa de solução óbvia temos a colocação de mais antenas na zona de passagem final (saída do edifício), quer verticalmente como horizontalmente.

É ainda possível a instalação de detetores de água ou metal na saída do edifício. Se o detetor for ativado, terá de se proceder a algum tipo de inspeção manual. Poderá ser usado um leitor móvel no sentido averiguar a presença de alguma tag transportada pela pessoa ou nos seus pertences.

Se houver má intenção por parte do utilizador, as tags de RFID são ainda passíveis de ser separadas do objeto em questão, não havendo qualquer possibilidade de deteção desta forma. Lidar com a má intenção dos utilizadores é sempre difícil. Sugere-se uma pequena medida adicional: a colocação de duas tags por objeto, sendo uma delas possivelmente oculta. Poderá acontecer que muitas vezes apenas uma tag seja retirada.

Em termos eletrónicos, através de um outro leitor, é ainda possível realizar diversas operações de falsificação como alterar as informações ou até inutilizar a tag. Este é um problema resolvido com passwords nas tags e com comunicações encriptadas [34, 35].

Capítulo 6

Proposta de Instalação do Sistema Criado no Edifício B do INESC TEC

Neste capítulo, é apresentada e orçamentada uma proposta de instalação de um sistema RFID para as instalações do INESC TEC. A proposta é baseada no sistema validado anteriormente, devidamente expandido. É realizada uma instalação virtual.

6.1 Caraterísticas do Sistema

Utilizando o sistema validado, é projetada a sua instalação no edifício B do INESC TEC

De realçar que as plantas dos pisos superiores são similares, tendo sido contabilizados de igual forma, quer na instalação virtual dos equipamentos, quer no orçamento final.

Projetou-se o sistema para a resolução máxima, com duas antenas por zona de passagem. É necessário fazer uma adaptação na rotina de controlo para as antenas dos elevadores, pois o tempo entre passagens é significativamente maior.

É proposta a utilização da arquitetura apresentada nos capítulos anteriores, a qual possibilita o funcionamento deste sistema.

De seguida são apresentados alguns pontos que terão de ser definidos pela instituição onde se dá a instalação:

- Localizações das UCs

- Relativamente à identificação dos objetos, será necessário adotar os códigos EPC da instituição.

6.2 Instalação Virtual de Componentes nas Instalações

As seguintes figuras (6.1, 6.2, 6.3) apresentam uma proposta de instalação de antenas e leitores nas instalações do edifício B do INESC TEC [1].

[1] Todas imagens representativas das plantas do edifício B, assim como os elementos adicionados, não se encontram à escala.

O local dos leitores foi escolhido utilizando primariamente os passos especificados na secção 3.2.1.1.

6.3 Orçamentação

Foram utilizados os mesmos elementos do sistema piloto. Devido à curta janela temporal não foi possível entrar em contacto com fornecedores no sentido de averiguar preços de quantidade, apresentando-se o orçamento com os preços de público geral. O comprimento total dos cabos foi estimado.

Para realizar o orçamento foi produzida uma folha de cálculo *Excel*, representada na tabela 6.1. Para se obter o valor final, apenas é necessário definir os campos:

- Número de Leitores necessários
- Número de Antenas necessárias
- Especificar as tags requeridas
- Definir o comprimento total de cabos necessário

As quantidades anteriores são processadas dando origem ao número de unidade necessárias para:

– Antenas *Mobilemark*. Sabendo que cada kit incluiu uma antena, o número de antenas *Mobilemark* a comprar será o número total subtraído do número de kits.

– Cabos : adaptam-se automaticamente à quantidade de antenas respetivas e ao comprimento total necessário de cabo.

– Adaptadores: adaptam-se automaticamente à quantidade de antenas respetivas

De notar a forma de cálculo utilizada: contabiliza-se 3 vezes os recursos necessários do piso 2, por forma a contabilizar os pisos 1 e 3.

Tabela 6.1: Orçamentação tendo em conta os 5 pisos

Tipo		Artigo	Cálculo (Piso -1 + Piso 0 + 3*Piso 2	Unidades	Preço Unitário (eur)		Preço Total (eur)
Kit	Reader	M6E-DEVKIT	2+2+2*3	10	590		5900
	Antena	Wireless Edge mt-242025		10	189		1890
Multiplexador		SP-MX-04-UF-M9		5	180		900
Antena		Antenas necessárias totais	20+18+3*28	122			
		Mobilemark PN8-868LCP-1C		112	141,64		15863,68
Tags		CONFIDEX SILVERLINE (MONZA 4QT) - ROLL OF 500		1	400		400
		CONFIDEX STEELWAVE MICRO II RFID TAG - (PACK OF 10)		1	26,2		26,2
Cabos		Metros necessário totais	100+100+100*3	500			
		PHOENIX CONTACT antenna cable 10M SMA Male-Femal		40	86,73		3469,2
		L-COM CA3N030 coaxial cable, N Male/Male, 30FT		10	76,86		768,6
Adaptador		AMPHENOL CONNEX 242105RP Adapter, SMA JACK - TNC RP PLUG		40	17,12		684,8
		AMPHENOL CONNEX 242131RP Adapter, N JACK - TNC RP PLUG, Straight		20	20,31		406,2
					TOTAL		30309

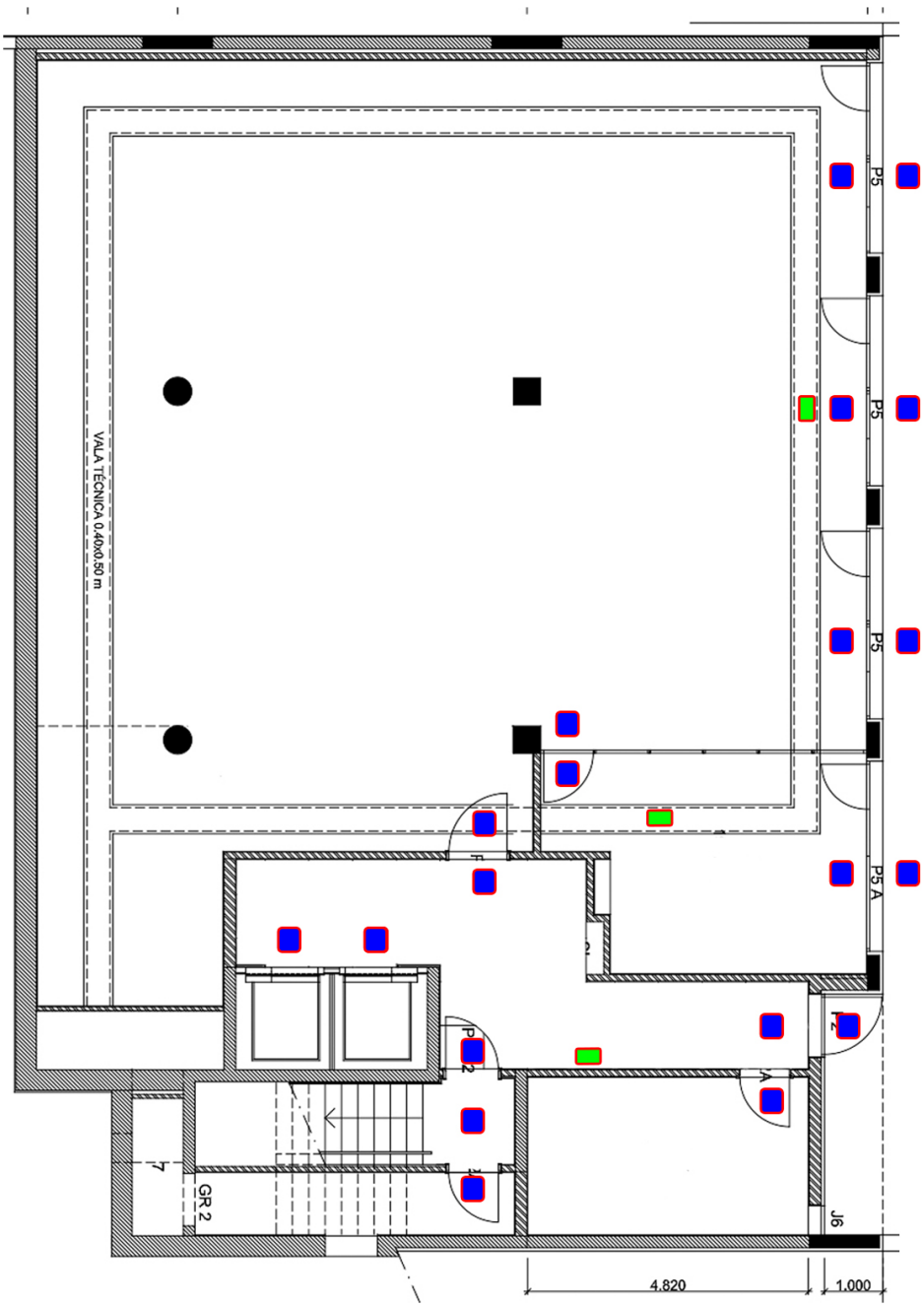


Figura 6.1: Planta do piso -1 com instalação virtual de antenas e leitores (elementos circundados a vermelho). Legenda e contabilização: ■ - Antenas (20), ■ - Leitores (2)

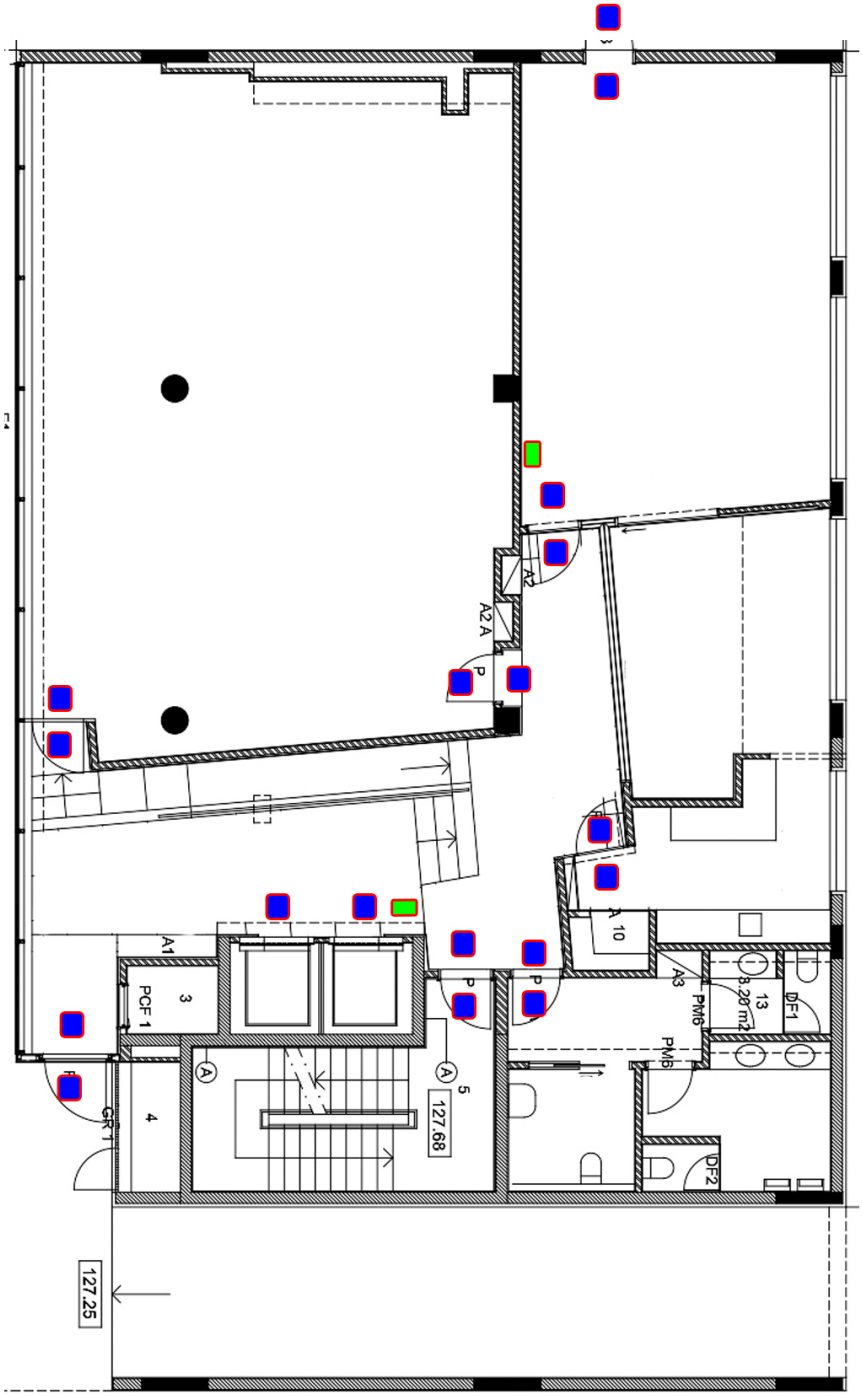


Figura 6.2: Planta do piso 0 com instalação virtual de antenas e leitores (elementos circundados a vermelho). Legenda e contabilização: ■ - Antenas (18), ■ - Leitores (2)

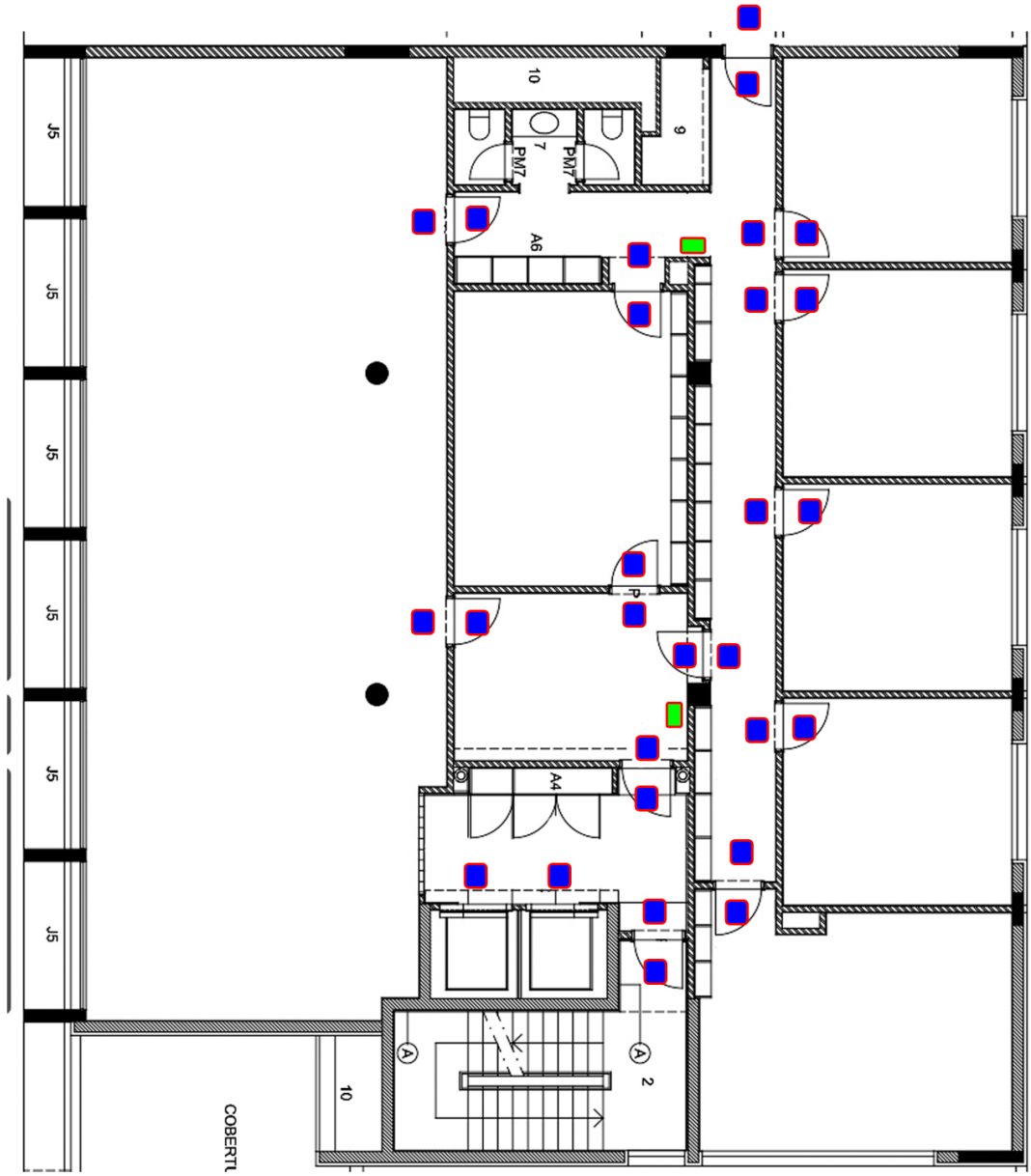


Figura 6.3: Planta do piso 2 com instalação virtual de antenas e leitores (elementos circundados a vermelho). Legenda e contabilização: ■ - Antenas (28), ■ - Leitores (2)

Capítulo 7

Conclusões e Perspetivas Futuras

Este capítulo sumaria as conclusões do projeto, a sua aplicabilidade, assim como discute possíveis trabalhos futuros e desenvolvimentos no âmbito do tema de dissertação.

7.1 Conclusões

No trabalho desenvolvido nesta dissertação, foi proposta uma arquitetura para sistemas de localização e gestão de recursos em edifícios, baseado na tecnologia RFID. A arquitetura foi validada, tendo uma implementação piloto sido realizada com sucesso. Os requisitos definidos foram cumpridos, sendo que qualquer instituição com os mesmos, poderá implementar esta solução.

Com a realização dos testes concluiu-se que um sistema RFID baseado em frequências UHF não poderá ser aplicado como sistema de segurança, mas que pode realizar eficazmente o controlo da localização de objetos.

Foi apresentada uma proposta preliminar para a implementação do sistema nas instalações do INESC. Caso haja uma decisão para a efetiva implementação, uma parte significativa do trabalho está realizado, assim como o sistema caracterizado. É proposto também um orçamento, pelo que é transmitida uma preocupação financeira, não só relativa a este projeto, como também a sistemas RFID em geral.

Embora operável, um sistema RTLS baseado em RFID com apenas uma antena por zona de passagem não oferece total fiabilidade. Se for necessária uma localização sem erros dos bens é aconselhado um sistema com duas antenas.

Aqui se comprovou a utilidade e eficácia da tecnologia RFID. A adoção de um sistema RTLS por parte das organizações, e especificamente os baseados na tecnologia mencionada, origina sem dúvida melhorias no que se refere à organização, controlo e eficácia da utilização de recursos. O sistema proposto evidencia todos estes benefícios. Por outro lado, acarreta obviamente custos, que podem ser significativos.

Um desenvolvimento tecnológico especialmente promissor para a tecnologia RFID são os circuitos impressos. Este desenvolvimento tem potenciado uma redução dos preços das tags, esperando-se que o mesmo continue a acontecer futuramente. Caberá a cada empresa realizar

um estudo relativamente ao seu caso particular e contrabalançar os benefícios com os custos a despender.

7.2 Aplicabilidade do Sistema e Trabalhos Futuros

O sistema proposto é aplicável a qualquer edifício que contenha recursos em movimento. Como explicado anteriormente a sua expansão necessita de pequenos ajustes. Escritórios, instituições de ensino, hospitais, restaurantes, entre outros, podem aplicar este sistema com tempos de implementação relativamente curtos. O sistema pode ainda ser adaptado para outro tipo de ambientes com diferentes requisitos, como por exemplo espaços fabris ou mesmo em cadeias de abastecimentos completas.

No seguimento da melhor caracterização de sistemas RFID UHF: suas limitações, vantagens e questões económicas, que este trabalho conseguiu revelar, será possível proceder a alterações neste ou noutros sistemas dotando-os de maior robustez ou adaptá-los para outras soluções

Assim terminado o presente projeto, apresentam-se neste ponto algumas considerações futuras que podem acrescentar valor ao trabalho realizado:

- Implementação de protocolos de segurança nas comunicações por RF;
- Aplicação de um algoritmo de cálculo da mediana em duas dimensões. Isto possibilitará definir automaticamente a localização dos leitores em relação às antenas que minimiza os comprimentos de cabo;
- Incorporação de portais de segurança de recursos;
- Desenvolvimento de um algoritmo de deteção de movimentos anómalos, dotando o sistema de alguma inteligência, como seja o caso de reconhecer uma movimentação excessiva, ou inexistente, etc;
- Incluir um sistema de localização total 2D, para zonas especiais.

Anexo A

Estudos de mercado

Apresenta-se de seguida os documentos produzidos referentes aos vários estudos de mercado realizados.

A.1 Leitores

Condições Gerais

Frequencia UHF (EU): (865 - 868) MHz

Protocolo: EPCglobal UHF Class 1 Gen 2 (ISO 18000-6C)

A.2 Antenas

Condições Gerais

Frequencia UHF (EU): (865 - 868) MHz

Polarização: Circular

A.3 Cabos

Os 3 estudos diferem nos tipos de conectores:

- RP-TNC Male to N-TYPE Male
- RP-TNC Male to RP-TNC Male
- RP-TNC Extension Cable Male to Female

A.4 Tags e outros

Condições Gerais
Frequencia UHF (EU): (865 - 868) MHz
Protocolo: EPCglobal UHF Class 1 Gen 2 (ISO18000-6C)
Alimentação Passivas

Foram estudados diversas alternativas de tags, e de pacotes de tags. Foram documentados alguns acessórios como suportes de montagem, *multiplexers*, etc

Tabela A.1: Estudo de mercado - Leitores

Estudo de mercado: Readers

Nome Produto	Nº Portas	Alcance (m)	Velocidade de leitura (tags /sec)	Power (dBi)	Comunicações						Preço (eur)	link	Observações	Local compra
					RS232	RS485	Ethernet	Wi-fi	USB	GPIO				
THINGMAGIC USB PLUS+	antena integrada	1	200	23	-	-	-	-	•	-	390	http://www.atlasrfidstore.com/thingmagic-usb-plus-rfid-reader/	básico	AtlasRFID store
SKYETEK SUPERNOVA	2	10	200	27	-	-	-	-	POUSB	-	393	http://www.atlasrfidstore.com/skyetek-supernova-rfid-reader/	boa escolha ínicio	AtlasRFID store
Safe&Sound 4 Ports Long Range UHF	4	15	100	30	•	•	•	-	-	-	550	http://www.aliexpress.com/item/4-Ports-Long-Range-UHF-RFID-Reader-Free-Fedex-		AliExpress
OEM GEE-UR-3300	4	15 w/ 12dBi ant	nd	30	•	•	•	-	-	-	620	http://www.aliexpress.com/item/10-15-meter-uhf-rfid-reader-writer-impinj-r2000-module-30-		AliExpress
YUNA T-132	4	10 w/ 8dBi ant	nd	30	•	•	•	-	-	-	688	http://www.aliexpress.com/item/Long-Range-UHF-RFID-Four-port-Fixed-		AliExpress
THINGMAGIC VEGA RUGGEDIZED	3	9	200	30	•	-	-	-	-	-	700	http://www.atlasrfidstore.com/thingmagic-vega-ruggedized-rfid-reader/	viável	AtlasRFID store
Invellion YR8600	4	35	500	30	•	•	•	-	-	-	712	http://www.aliexpress.com/item/passive-860Mhz-960Mhz-channel-UHF-RFID-	popular	AliExpress
ALIEN ALR-9680	4	nd	nd	nd	•	-	POE	-	-	•	780	http://www.atlasrfidstore.com/alien-alr-9680-rfid-reader-4-port/	Opção viável para as fases de projeto e de desenvolvimento	AtlasRFID store
IMPINJ SPEEDWAY REVOLUTION R220	2	nd	nd	30	•	-	POE	-	•	-	962	http://www.atlasrfidstore.com/impinj-speedway-revolution-r220-uhf-rfid-reader-2-port/		AtlasRFID store
MOTOROLA FX7500	4	nd	1200	31.5	-	-	POE	-	•	•	1125	http://www.atlasrfidstore.com/motorola-fx7500-rfid-reader-4-port/	http://www.motorolasolutions.com/web/Business/Products/RFID/RFID%20Readers/FX7500-	AtlasRFID store
THINGMAGIC M6	4	9	750	31.5	•	-	POE	•	-	-	1225	http://www.atlasrfidstore.com/thingmagic-m6-uhf-rfid-reader-4-port/		AtlasRFID store
THINGMAGIC M6 WIFI	4	9	750	31.5	•	-	POE	antena integrada	-	-	1350	http://www.atlasrfidstore.com/thingmagic-m6-uhf-rfid-reader-4-port-with-ac-power-and-wi-		AtlasRFID store
IMPINJ SPEEDWAY REVOLUTION R420	4	nd	nd	30	•	-	POE	-	•	-	1390	http://www.atlasrfidstore.com/impinj-speedway-revolution-r420-uhf-rfid-reader-4-port/		AtlasRFID store
MOTOROLA FX9500	4 or 8	nd	nd	33	•	-	•	-	•	-	1483	http://www.atlasrfidstore.com/motorola-fx9500-rfid-reader-4-port/	http://www.motorolasolutions.com/web/Business/Products/RFID/RFID%20Readers/FX9500/..Doc	AtlasRFID store
ALIEN ALR-9900	4	nd	nd	30	•	-	POE	-	-	•	1558	http://www.atlasrfidstore.com/alien-alr-9900-enterprise-rfid-reader/		AtlasRFID store
Valores médios	4	9	350	30							780			

Figura A.1: Estudo de mercado - Antenas

Estudo de mercado: Antenas

Nome Produto	Ganho (dBic)	Elevation Beamwith (º)	Azimuth Beamwidth (º)	Peso (Kg)	Dimensões (mm)	Preço (eur)	link	Observações	Local compra
READID 8dBi circular polarization rfid uhf	8	nd	72	2	320 x 320 x 100	71	http://www.aliexpress.com/item/8dBi-circular-	fabricado na china	Aliexpress
MYANTENNA MA-AF-01CR	9	70	70	0.9	258 × 258 × 36	79	http://www.aliexpress.com/item/Free-shipping-		Aliexpress
READID high performance wide band	7.5	nd	68	0.9	260 x 260 x 45	80	http://www.aliexpress.com/item/high-	fabricado na china	Aliexpress
Safe&Sound SS-UF08A	8	60	60	0.6	260 × 258 × 60	86	http://www.aliexpress.com/item/Passive-8dbi-		Aliexpress
MYANTENNA MA-AF-06	8	70	70	0.55	259 × 258 × 36	95	http://www.aliexpress.com/item/Free-shipping-		Aliexpress
LAIRD S8655PL Out (LHCP) or (RHCO)	5	100	100	0.4	259 x 259 x 33	110	http://www.atlasrfidstore.com/laird-s8655pl-lhcp-		AtlasRFID
LAIRD S8658PL (LHCP) or (RHCO)	8.5	70	70	0.8	259 x 259 x 33	118	http://www.atlasrfidstore.com/laird-s8658pl-lhcp-		AtlasRFID
YUNA T-AL09	9	68	68	1.3	280 x 280 x 40	140	http://www.aliexpress.com/item/9dBi-UHF-RFID-		Aliexpress
TIMES-7 A6031 (CP)	4	80	80	0.6	275 x 214 x 12	145	http://www.atlasrfidstore.com/times-7-a6031-cp-		AtlasRFID
Impinj IPJ-A1001-EU1	8.5	nd	70	1.1	259 x 259 x 38	158	http://www.barcodesinc.com/impinj/part-ipj-	Inclui pigtale cable	BarcodesInc
TIMES-7 A4030C (CP)	6.5	60	60	0.7	280 x 280 x 12	162	http://www.atlasrfidstore.com/times-7-a4030c-cp-		AtlasRFID
ALIEN ALR-8696-C (RHCP)	8.5	nd	65	1.1	259 x 259 x 33.5	170	http://www.atlasrfidstore.com/alien-alr-8696-c-		AtlasRFID
THINGMAGIC ASTRA EXTERNAL (RHCP) Global Frq	8.5	65	65	1.1	259 x 259 x 33.5	170	http://www.atlasrfidstore.com/thingmagic-astra-		AtlasRFID
TIMES-7 A6032 (CP)	7	48	75	1	391 x 275 x 12	170	http://www.atlasrfidstore.com/times-7-a6032-cp-		AtlasRFID
TIMES-7 A7030C (CP) SHELF	5	65	65	0.7	300 x 300 x 8.5	170	http://www.atlasrfidstore.com/times-7-a7030c-cp-		AtlasRFID
TIMES-7 A6034S (CP)	9	50	50	1.7	394 x 394 x 12	210	http://www.atlasrfidstore.com/times-7-a6034s-cp-		AtlasRFID
TIMES-7 A6034 (CP)	9	25	81	2.2	747 x 314 x 12	258	http://www.atlasrfidstore.com/times-7-a6034-cp-		AtlasRFID
Mobilemark PN6-868LCP	6	80	80	0.5	146 x146 x 18	82	http://pt.rs-online.com/web/p/anten	Male SMA terminator	RS
Mobilemark PN8-868LCP-1C	8	70	70		230 x 230 x 40	134	http://pt.rs-online.com/web/p/anten	Male SMA terminator	RS
MTI MT-242025/TRH/A (RHCP)	7	72	74	0.8	190 x 190 x 30	190	http://www.atlasrfidstore.com/mti-mt-242025-trh-	Male SMA terminator	RS
RFID Mobilemark HD7-868LCP	7	75	75	0.5	210 x 210 x 19	128	http://pt.rs-online.com/web/p/anten	cor preta	RS
Valores médios	8	68	70	1,5		134			

Tabela A.2: Estudo de mercado - Cabos

CABOS						
RP-TNC MALE TO N-TYPE MALE						
Marca	Comprimento (m)	Isolamento	Preço (eur)	Preço por metro (eur/mtr)	link	Local Compra
Motorola	1,8	LMR-195	40	22,22	http://www.atlasrfidstore.com/motorola-6-ft-antenna-	Atlas RFID
-	1,8	LMR-195	43	23,89	http://www.atlasrfidstore.com/6-ft-antenna-cable-lmr-	Atlas RFID
Motorola	3,7	LMR-195	44	11,89	http://www.atlasrfidstore.com/motorola-12-ft-antenna-	Atlas RFID
-	3,7	LMR-195	48	12,97	http://www.atlasrfidstore.com/12-ft-antenna-cable-lmr-	Atlas RFID
HARTING Ha-VIS 20 93 204 0106	3	-	103	34,33	http://pt.mouser.com/ProductDetail/HARTING/20932040	Mouser
HARTING 1195-3438-ND	3	-	98	32,67	http://www.digikey.pt/product-	Digikey
Motorola	6,1	LMR-240	49	8,03	http://www.atlasrfidstore.com/motorola-20-ft-antenna-	Atlas RFID
-	6,1	LMR-240	65	10,66	http://www.atlasrfidstore.com/20-ft-antenna-cable-lmr-	Atlas RFID
-	7,6	LMR-195	61	8,03	http://www.atlasrfidstore.com/25-n-type-to-r-tnc-rfid-	Atlas RFID
-	7,6	LMR-240	72	9,47	http://www.atlasrfidstore.com/25-ft-antenna-cable-lmr-	Atlas RFID
-	9,1	LMR-240	83	9,12	http://www.atlasrfidstore.com/30-ft-antenna-cable-lmr-	Atlas RFID
Motorola	9,1	LMR-240	84	9,23	http://www.atlasrfidstore.com/motorola-30-ft-antenna-	Atlas RFID
-	10,7	LMR-195	78	7,29	http://www.atlasrfidstore.com/35-n-type-to-r-tnc-rfid-	Atlas RFID
-	10,7	LMR-400	109	10,19	http://www.atlasrfidstore.com/35-ft-antenna-cable-lmr-	Atlas RFID
HARTING Ha-VIS RFID Cabling 20 93 204 0107	10	-	151	15,1	http://pt.mouser.com/ProductDetail/HARTING/20932040	Mouser
-	12,2	LMR-400	118	9,67	http://www.atlasrfidstore.com/40-ft-antenna-cable-lmr-	Atlas RFID
-	15,2	LMR-240	114	7,5	http://www.atlasrfidstore.com/50-n-type-to-r-tnc-rfid-	Atlas RFID
			Preço por metro médio =	14,25		

Tabela A.3: Estudo de mercado 2 - Cabos

CABOS

RP-TNC MALE TO RP-TNC MALE

Marca	Comprimento (m)	Isolamento	Preço (eur)	Preço por metro (eur/mtr)	link	Local Compra
-	1,8	LMR-195	36,27	20,15	http://www.atlasrfidstore.com/6-ft-antenna-cable-lmr-	Atlas RFID
-	3,7	LMR-195	40,92	11,06	http://www.atlasrfidstore.com/12-ft-antenna-cable-lmr-	Atlas RFID
-	6,1	LMR-240	59,52	9,76	http://www.atlasrfidstore.com/20-ft-antenna-cable-lmr-	Atlas RFID
-	6,1	LMR-195	51,15	8,39	http://www.atlasrfidstore.com/20-ft-antenna-cable-lmr-	Atlas RFID
-	6,1	LMR-195	89,28	14,64	http://www.atlasrfidstore.com/20-ft-antenna-cable-lmr-	Atlas RFID
-	7,6	LMR-195	55,8	7,34	http://www.atlasrfidstore.com/25-r-tnc-to-r-tnc-antenna-	Atlas RFID
-	7,6	LMR-240	66,96	8,81	http://www.atlasrfidstore.com/25-ft-antenna-cable-lmr-	Atlas RFID
-	9,1	LMR-240	78,12	8,58	http://www.atlasrfidstore.com/30-ft-antenna-cable-lmr-	Atlas RFID
-	10,7	LMR-400	106,02	9,91	http://www.atlasrfidstore.com/35-ft-antenna-cable-lmr-	Atlas RFID
-	10,7	LMR-195	82,77	7,74	http://www.atlasrfidstore.com/35-r-tnc-to-r-tnc-rfid-	Atlas RFID
-	12,2	LMR-400	115,32	9,45	http://www.atlasrfidstore.com/35-ft-antenna-cable-lmr-	Atlas RFID
-	15,2	LMR-240	119,97	7,89	http://www.atlasrfidstore.com/50-r-tnc-to-r-tnc-rfid-	Atlas RFID
			Preço por metro médio =	10,31		

Extensões

RP-TNC Extension Cable Male to Female

Marca	Comprimento (m)		Isolamento	Preço (eur)	Preço por metro (eur/mtr)	link	Local Compra
	7,62	0	LMR-200A	15,81	2,07	http://www.data-alliance.net/rp-tnc-extension-	data-alliance
	3,048	0	LMR-200A	11,16	3,66	http://www.data-alliance.net/rp-tnc-extension-	data-alliance
	3,048	0	LMR-100	5,58	1,83	http://www.data-alliance.net/rp-tnc-extension-	data-alliance
	5,0292	0	LMR-200A	13,95	2,77	http://www.data-alliance.net/rp-tnc-extension-	data-alliance
	0,9906	0	LMR-100	6,51	6,57	http://www.data-alliance.net/rp-tnc-extension-	data-alliance

Tabela A.4: Estudo de mercado - Tags e outros componentes

Estudo de mercado: Tags e outros equipamentos

Nome TAG	Memory			Read Distance (m)	Weight (gr)	Dimensões (mm)	Preço (eur/unidade)	Link	Obs
	EPC	User	TID						
RFID TAG SAMPLE PACK (20)	various	various	various	various	various	various	39	http://www.atlas	Bom Starter Kit
EMBEDDABLE	various	various	various	various	various	various	4	http://www.atlas	
RFID WET INLAYS	various	various	various	various	various	various	0,7	http://www.atlas	Comprado em grande número
RFID STANDARD TAG - PACK OF 5	96	512	64	6	1	104.8 x 19.1	2,1	http://www.atlas	Fiável
CONFIDEX SILVERLINE (MONZA 4QT) - ROLL OF 500	128	512	64	4.5	2	100 x 40 x 0.8	0,8	http://www.atlas	All surfaces applicable
OMNI-ID IQ 400 RFID LABEL - ROLL OF 200	128	512	48	4	2.8	46.5 x 12.4 x 0.03	1,3	http://www.atlas	
UNIVERSAL MINI RFID ASSET TAG - PACK OF 10	nd	nd	nd	various	nd	70 x 20 x 2	3,4	http://www.atlas	Cores
Outros Componentes									
RFID POWER MAPPER							262	http://www.atlas	Leitura até 15 m
IMPINJ SPEEDWAY ANTENNA HUB							232	http://www.atlas	Multiplicador 1 para 8 antenas
IMPINJ, GPIO ADAPTER FOR SPEEDWAY ANTENNA HUB - IPJ-A6051-000							84	http://www.logis	Adaptador para os multiplicadores
PEBBLE (READER GPIO ADAPTER)							368	http://www.atlas	Adaptador para os multiplicadores
RFID UHF 8-PORT MULTIPLEX							174	http://pt.mouser.	1 to 8 mux. Não sei se é apenas para
ANTENNA MOUNTING BRACKET							50	http://www.atlas	preço medio
CABLES - less than 6 meters							44	http://www.atlas	preço medio
CABLES - 6 to 9 meters							65	http://www.atlas	preço medio
CABLES - 9 to 12 metrs							106	http://www.atlas	preço medio

Anexo B

Documentação Hardware

Apresentam-se de seguida os documentos referentes às especificações do hardware utilizado. Estes foram retirados da páginas web das marcas respetivas.

B.1 *UHF RFID Modules DevKit Datasheets*

ThingMagic
A DIVISION OF TRIMBLE

MERCURYDevKit

For ThingMagic UHF RFID Embedded Modules

The Mercury DevKit for ThingMagic UHF RFID modules contains all the components necessary to begin reading and writing RFID tags and developing RFID-enabled applications. A powerful application programming interface (MercuryAPI) provides code examples, a graphical read-write demo program, and delivers a consistent programmatic interface for development with all ThingMagic readers and embedded module products.

Ordering Information

Development kits are module specific. A single module is included with each DevKit purchase.

DevKit with M6e module	M6E-DEVKIT
DevKit with Micro module	M6E-M-DEVKIT
DevKit with Micro-LTE module	M6E-MICRO-DEVKIT
DevKit with M5e-Compact Module	M5E-C-DEVKIT
Module Dev Kit Power Adapter	• In: 90-264 V, 0.4 A, 47-63 Hz • Out: +9 V @ 1.4 A • Max total output power: 12.6 W • US, European, UK, and Australian plugs

Module DevKit Contents

Hardware	• RFID Module mounted in DevKit chassis • 9V AC Power adapter • Sample RFID tags • USB cable • Antenna Cable • 7.5 inch wideband antenna 865-879 MHz: 7 dBiC min 90-264 V, 0.4 A, 47-63 Hz

Software and Documents (available online)

Software and Documents	• Reader firmware • Release Notes and Users Guide • MercuryAPI • MercuryAPI Release Notes and Programmer Guide

Module DevKit Chassis Specifications

Antenna Connector	• R-TNC connectors supporting one, two, or four monostatic antennas (depending on module type)
USB Connectors	• 2 USB connections: one attached to the serial port of the module (all modules) and one attached to the USB port (M6e only).
GPIO Access	• 4 External switches to set GPIO input state • 4 External LEDs to indicate GPIO output states Note: M6e module GPIO lines are software selectable in or out; M5e-Compact GPIO lines are hard-wired for two inputs and 2 outputs

Application Programming Interface

The ThingMagic MercuryAPI is a powerful programming interface with example applications and sample code in C, Java and C#/.NET. The MercuryAPI provides a consistent programmatic interface across all ThingMagic fixed and embedded reader products to speed development and time to market of highly complementary RFID-enabled offerings.

Supported OS and application types	• C-API designed to provide support for embedded systems • .NET applications in the .NET Compact Framework v2.0 • Windows applications in the .NET Framework • Windows applications in the Java Framework • Linux (Intel) and MacOSX applications in the Java Framework • Android applications in the Java framework
Code space required	• 32k Basic Gen2 • 64k Advanced Gen2 • 96k Mulitprotocol

RoHS Compliant

Specifications subject to change without notice.

ThingMagic
A DIVISION OF TRIMBLE

MAKING RFID EASY TO USE

ThingMagic is dedicated to driving the barriers to deploying RFID technology as low as possible. We design our products to be easy to use out-of-the box and to deliver predictable, reliable, and repeatable performance. Our development tools require little RFID expertise, enabling you to rapidly design, test, and deploy your RFID solutions.

Developers Kit

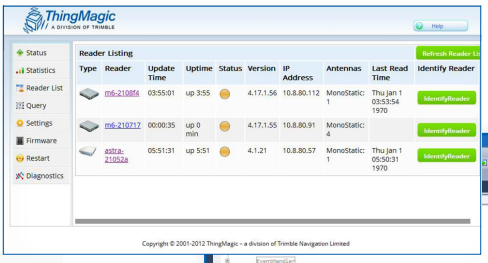
Included with every ThingMagic reader Developer Kit, the MercuryAPI supports the entire line of ThingMagic finished readers and embedded RFID modules

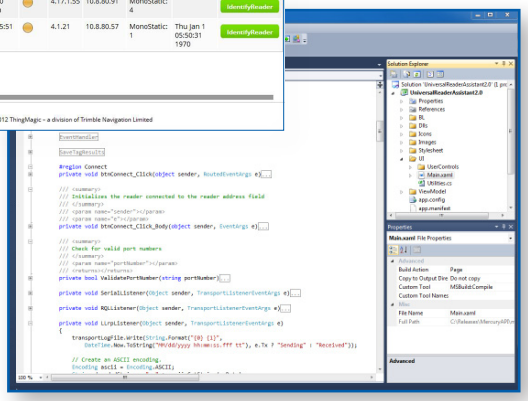
- Test chassis
- Cables
- Antenna
- Sample Tags
- Full schematics to help you design your own complimentary components

M6e Reader DevKit shown

Mercury API

A common development platform, supporting an extensive variety of hardware to connect, configure, and control ThingMagic readers.





Universal Reader Assistant

A utility for advanced demo, testing, and tuning of all ThingMagic readers. Reduces complexity for novice users while permitting low-level control for advanced developers.

ThingMagic
A DIVISION OF TRIMBLE

For more information, visit www.thingmagic.com
To purchase ThingMagic products, please email sales@thingmagic.com
or call 1-866-833-4069 (International callers dial +1 617-499-4090)

ThingMagic, A Division of Trimble
1 Merrill Street
Woburn, MA 01801

©2013 ThingMagic – a division of Trimble Navigation Limited. ThingMagic and The Engine in RFID are registered trademarks of Trimble Navigation Limited. Other marks may be protected by their respective owners. All Rights Reserved.
10.15,13

B.2 *ThingMagic UHF RFID Modules Datasheets*

ThingMagic
A DIVISION OF TRIMBLE

UHF RFID Module Family
Performance, Efficiency, and Flexibility

Radio Frequency Identification (RFID) is rapidly growing from a vertically-oriented technology to an integrated element of critical business processes. At ThingMagic, a Division of Trimble, we believe that RFID-enabled products and solutions will fundamentally change the way we interact with the physical world. By embedding RFID and sensing technology into everyday products, productivity can be improved and inefficiencies can be reduced across nearly every market imaginable.

Hundreds of companies - from printer and handheld manufacturers, to asset tracking, supply chain, healthcare and transportation organizations – are using ThingMagic embedded RFID modules to drive innovation and benefit from business process improvement.

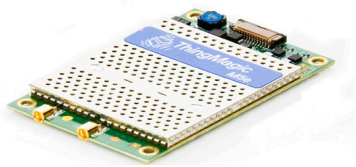
Using an RFID module, as opposed to creating a reader with discrete components or a chip and reference design, provides developers with significant advantages. ThingMagic modules are designed to meet performance demands, are market proven, and have been fully tested and certified for regional use – reducing time to market and overall system costs.

Mercury®6e Series High Performance Multi-Protocol Embedded UHF RFID Modules

The 4-port M6e will meet or exceed the performance requirements of the most demanding fixed position multi-antenna reader applications, delivering the highest read rate and RF power. The M6e will transmit up to +31.5 dBm and can read more than 750 tags/seconds. This performance makes M6e the ideal RFID engine for challenging applications like race timing, portals with long cable runs, and conveyors requiring multiple antennas. The M6e has both serial and USB interfaces to support both board-to-board and board-to-host connectivity.

The 2-port Micro and Micro-LTE deliver the form factor, efficiency, RF power, and flexibility needed to embed UHF RFID in your best-in-class portable and hand held applications. The Micro reads 750 tags/second and the Micro-LTE is optimized for applications with small populations and reads 50 tags/second. The low power consumption of both modules fits battery operated applications and wider RF output range (-5 dBm to +30 dBm) is a key requirement for RFID enabled printers, tag commissioning stations, and point of sales readers. Edge connections allow the Micro and Micro-LTE to be soldered directly to a motherboard as a standard component. The on-board connectors allow the module to be mated to a motherboard.

Mercury®5e Embedded UHF RFID Modules



The 2-port M5e is designed for adding UHF RFID read/write capabilities to a wide range of products and solutions, from high-speed label printing and inlay testing, to stationary, mobile, and handheld computers. The M5e will transmit up to +30 dBm.

The single-port Compact is ideal for adding basic UHF RFID read/write capabilities to table top printers, battery-powered mobile printers, and handheld readers. The Compact will transmit up to +23 dBm and is the right choice for applications where small size, low cost, and low power consumption are essential and where the higher RF power and high tag read rate and advanced anti-jamming capabilities are not required.

TECHNICAL SPECIFICATIONS

FEATURES SUMMARY	MERCURY6E SERIES		MERCURY5E SERIES	
	M6e	Micro Micro-LTE	M5e	Compact
Dimensions	69 mm L x 43 mm W x 7.5 mm H (2.7 in L by 1.7 in W by 0.3 inches H)	46 mm L x 26 mm W x 4.0 mm H (1.8 in L x 1.0 in W x 0.16 in H)	82 mm L x 54 mm W x 5 mm H (3.23 in L by 2.13 in W by 0.20 in H)	56 mm L x 36 mm W x 5 mm H (2.2 in L x 1.4 in W x 0.2 in H)
RFID Protocol Support	EPCglobal Gen 2 (ISO 18000-6C) with DRM; ISO 18000-6B and IP-X optional	EPCglobal Gen 2 (ISO 18000-6C) with DRM; ISO 18000-6B and IP-X optional	EPCglobal Gen 2 (ISO 18000-6C) with DRM	EPCglobal Gen 2 (ISO 18000-6C) with DRM
Antenna Connector	Four 50 Ohm MMCX connectors supporting four monostatic antennas	Two 50 Ohm connections (board-edge or U.FL) supporting two monostatic antennas	Two MMCX connectors supporting two monostatic antennas or one bistatic antenna	MMCX connector supporting one monostatic antenna
RF Power Output	Separate read and write levels, command adjustable from 5 dBm to 31.5 dBm (1.4W) with +/-0.5 dBm accuracy above +15 dBm[1]	Separate read and write levels, commanded adjustable from -5 dBm to 30 dBm in 0.5 dB steps, accurate to +/- 1 dBm[3]	Separate read and write levels, command adjustable from 5 dBm to 30 dBm (1 W), +/- 1.0 dBm accuracy[1]	Separate read and write levels, command adjustable from 10 dBm to 23 dBm (200mW), +/- 1.0 dBm accuracy[1]
Regulatory	Pre-configured for the following regions: FCC (NA, SA), ETSI (EU, India), TRAI (India), KCC (Korea), ACMA (Australia), SRRC-MII (P.R.China), 'Open' (Customizable) 865-869 MHz and 902-928 MHz	Pre-configured for the following regions: FCC (NA, SA), ETSI (EU, India), TRAI (India), KCC (Korea), ACMA (Australia), SRPC-MII (P.R. China), MIC (Japan), 'Open' (Customizable) 865-868 MHz and 902-928 MHz	Pre-configured for the following regions: FCC (NA, SA), ETSI (EU, India), TRAI (India), KCC (Korea), ACMA (Australia), SRRC-MII (P.R.China), 'Open' (Customizable) 860-960 MHz	Pre-configured for the following regions: FCC (Americas), ETSI (EU), KCC (Korea), TRAI (India), ACMA (Australia), SRRC-MII (P.R.China), 'Open' (Customizable) 860-960 MHz
Physical	15-pin low-profile connector providing DC power, communication, control and GPIO signals	28 board-edge connections or Molex low profile connector (53748-0208) providing DC power, communication, control and GPIO signals	12-pin ZIF connector providing DC power, communication, control and GPIO signals	12-pin ZIF connector providing DC power, communication, control and GPIO signals
Control/Data Interfaces	UART with 3.3/5V logic levels from 9600 to 921,600 bps; USB 2.0 full speed device port (up to 12 Mbps)	UART with 3.3/5V logic levels from 9600 to 921,600 bps; USB 2.0 full speed device port (up to 12 Mbps)	UART; 3.3/5V logic levels (5 V input tolerant); 9.6 to 921.6 kbps	UART; 3.3/5V logic levels (5 V input tolerant); 9.6 to 921.6 kbps
GPIO Sensors and Indicators	Four 3.3V bidirectional ports configurable as input (sensor) ports or output (indicator) ports	Two 3.3V bidirectional ports configurable as input (sensor) ports or output (indicator) ports	Two 3.3/5V input (sensor) ports and 2 output (indicator) ports	Two 3.3/5V input (sensor) ports and 2 output (indicator) ports
API support	C#/.NET, Java, C	C#/.NET, Java, C	C#/.NET, Java, C	C#/.NET, Java, C
DC Power Required	DC Voltage: 5.0 VDC +/- 5% DC power: 6.7 W @ 31.5 dBm 4.2 W @ power levels under +17 dBm	DC Voltage: 3.5 to 5.25 V[4] DC power consumption @ RF level: 5.5 W @ +30 dBm 3.5 W @ +27 dBm 2.5 W @ +23 dBm 2.0 W @ 0 dBm	DC Voltage: 5.0 VDC +/- 4% DC power: 3.5 - 6.5W when transmitting (depends on RF level)	DC Voltage: 3.0 to 5.5 VDC DC Power: 2.7 W

ThingMagic
A DIVISION OF TRIMBLE

TECHNICAL SPECIFICATIONS

FEATURES SUMMARY	MERCURY6E SERIES		MERCURY5E SERIES	
	M6e	Micro Micro-LTE	M5e	Compact
Idle Power Consumption Ready: Standby: Sleep:	0.25 W w/ 15 Power Saving Options: 0.07 W 0.05 W - - -	0.25 W w/ 15 Power Saving Options: 0.07 W 0.05 W - - -	1.1 W w/ 15 Power Saving Options: 0.3 W 0.08 W 0.03 W	1.43 W w/ 5 Power Saving Options: 0.35 W 0.10 W 0.03 W
Certification	FCC 47 CFR Ch. 1 Part 15 Industrie Canada RSS-21 0 ETSI EN 302 208 v1.4.1	FCC 47 CFR Ch. 1 Part 15 Industrie Canada RSS-21 0 ETSI EN 302 208 v1.4.1	FCC 47 CFR Ch. 1 Part 15 Industrie Canada RSS-21 0 ETSI EN 302 208 v1.4.1 ETSI EN 300 220	FCC 47 CFR Ch. 1 Part 15 Industrie Canada RSS-21 0 ETSI EN 302 208 v1.4.1 ETSI EN 300 220
Operating Temp. (case temperature)	-40C to +60C	-20C to +60C	-20C to +60C	-20C to +60C
Storage Temp.	-40C to +85C	-40C to +85C	-40C to +85C	-40C to +85C
Shock and Vibration	Designed to be installed in host devices which are required to survive 5-foot drops to concrete	Survives 1 meter drop during handling	Designed to be installed in host devices which are required to survive 5-foot drops to concrete	Designed to be installed in host devicesthat are required to survive 5-foot drops to concrete
Max Read Rate	Up to 750 tags/second using high-performance settings	Micro: Up to 750 tags/second us ing high-performance settings Micro-LTE : 50 tags/second	Up to 200 tags/second	Up to 200 tags/second
Max Tag Read Distance	Over 30 feet (9 m) with 6 dBiL antenna (36 dBm EIRP)	Over 30 feet (9 m) with 6 dBiL antenna (36 dBm EIRP	Over 30 feet (9 m) with 6 dBiL antenna (36 dBm EIRP)	Over 13 feet (4 m) with 6 dBiL antenna (29 dBm EIRP)

[1]Maximum power may have to be reduced to meet regulatory limits, which specify the combined effect of the module, antenna, cable, and enclosure shielding of the integrated product. [2]Typical values shown. See User Guide for design limits. [3]Duty cycle restrictions, based on temperature, apply at power levels above +23 dBm. [4]Will operate below +3.5 V with reduced input line noise immunity. Specifications subject to change without notice.

ORDERING INFORMATION

Mercury6e Series Embedded RFID Readers	SKU
M6e - Embedded (+30 dBm in North America, +31.5 dBm in Europe)	M6E
M6e-A - Embedded (+31.5 dBm in all regions, requires contract)	M6E-A
M6e-PRC - Embedded (PRC high and low bands)	M6E-PRC
Micro (M6E-M) - North America, Europe, Mainland China	M6E-M
Micro-LTE (M6E-MICRO) - North America, Europe, Mainland China	M6E-MICRO
M6e license for optional IPX and ISO 18K-6B protocols (Gen2 standard)	M6E-LIC-2F
Micro (M6E-M) license for optional IPX and ISO 18K-6B protocols (Gen2 standard)	M6E-M-LIC-2F
Micro-LTE (M6E-MICRO) license for optional IPX and ISO 18k-6B protocols (Gen2 standard)	M6E-MICRO-LIC-2F
Mercury6e Series Embedded RFID Reader Development Kits	
M6e Development Kit (North/South America, EU, IN, KR)	M6E-DEVKIT
Micro (M6E-M) - Development Kit (North/South America, EU, IN, KR, PRC)	M6E-M-DEVKIT
Micro-LTE (M6E-MICRO) - Development Kit (North/South America, EU, IN, KR, PRC)	M6E-MICRO-DEVKIT
Mercury5e Series Embedded RFID Readers	
*M5e - Embedded (North America)	M5E
*M5e-EU - Europe Embedded (Europe)	M5E-EU
*M5e-PRC - China Embedded (Mainland China)	M5E-PRC
Compact (M5E-C) – Embedded	M5E-C
Mercury5e Series Embedded RFID Reader Development Kits	
Compact (M5E-C) Development Kit (North/South America, EU, IN, KR)	M5E-C-DEVKIT

*Developer Note: For new designs, the M5e has been replaced by the Micro which offers improved efficiency, added flexibility, and smaller form factor. Contact ThingMagic for more information.

MAKING RFID EASY TO USE

ThingMagic is dedicated to driving the barriers to deploying RFID technology as low as possible. We design our products to be easy to use out-of-the box and to deliver predictable, reliable, and repeatable performance. Our development tools require little RFID expertise, enabling you to rapidly design, test, and deploy your RFID solutions.

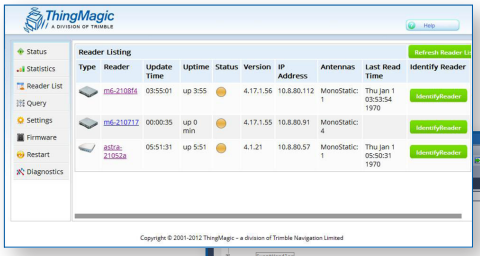
Developers Kit

Everything needed to read and write RFID tags and begin developing RFID-enabled applications:

- Test chassis
- Cables
- Antenna
- Sample Tags
- Full schematics to help you design your own complementary components

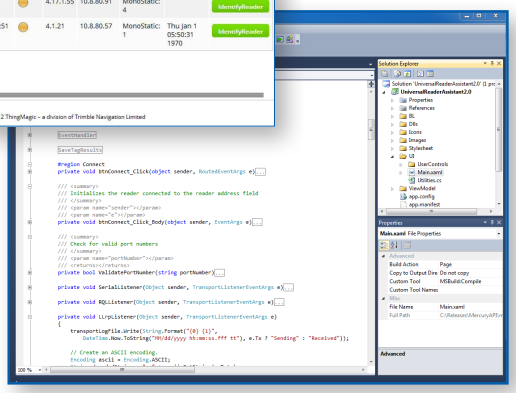
Mercury API

A common development platform, supporting an extensive variety of hardware to connect, configure, and control ThingMagic readers.



Universal Reader Assistant

A utility for advanced demo, testing, and tuning of all ThingMagic readers. Reduces complexity for novice users while permitting low-level control for advanced developers.



ThingMagic
A DIVISION OF TRIMBLE

For more information, visit www.thingmagic.com
To purchase ThingMagic products, please email sales@thingmagic.com
or call 1-866-833-4069 (International callers dial +1 617-499-4090)

ThingMagic, A Division of Trimble
1 Merrill Street
Woburn, MA 01801

©2014 ThingMagic – a division of Trimble Navigation Limited. ThingMagic and The Engine in RFID are registered trademarks of Trimble Navigation Limited. Other marks may be protected by their respective owners. All Rights Reserved.

3.3.14

B.3 *Wireless Edge MT-242025 Antenna Datasheet*

MT-242025/NRH/K
865 - 956 MHz, 7.5dBic READER ANTENNA

ELECTRICAL	
REGULATORY COMPLIANCE	RoHS, CE 0682
FREQUENCY RANGE	865 - 956 MHz
GAIN	865-870 MHz @ 7 dBic (min) 902-928 MHz @ 7.5 dBic (min) 950-956 MHz @ 6.5 dBic (min)
VSWR	1.2:1 (typ) 1.35 : 1(max)
POLARIZATION	RHCP
3DB ELEVATION BEAMWIDTH	72° (typ)
3DB AZIMUTH BEAMWIDTH	74° (typ)
F/B RATIO	-18 dB (max)
POWER	6W (max)
INPUT IMPEDANCE	50 (ohm)
AXIAL RATIO AT BORESIGHT	865-870 MHz @ 3 dB (max) 902-928 MHz @ 1.3 dB (max) 950-956 MHz @ 2.5 dB (max)
LIGHTNING PROTECTION	DC Grounded
MECHANICAL	
DIMENSIONS (LXWXD)	190 x 190 x 30mm (max)
CONNECTOR	N-Type Female
WEIGHT	0.8 (Kgs) (max)
MOUNTING KIT	SEE RD41191800C, MT-120018/A
RADOME MATERIAL	Plastic
BASE PLATE MATERIAL	Aluminum with chemical conversion coating
OUTLINE DRAWING	RD42881300C

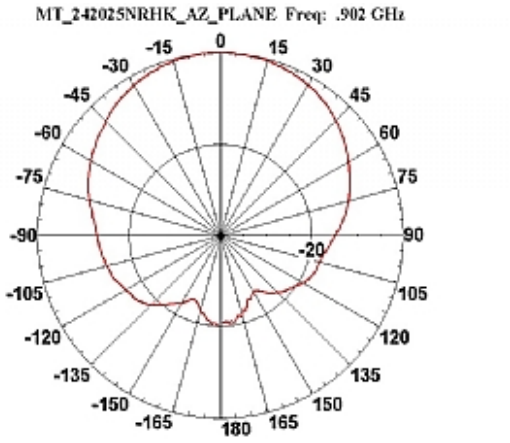
ADD TO COMPARISON | COMPARE

ENVIRONMENTAL

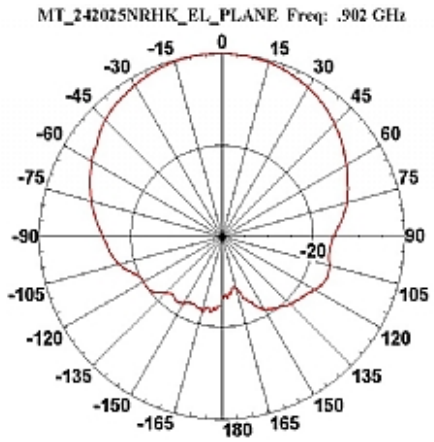
TEST	STANDARD	DURATION	TEMPERTURE	NOTES
LOW TEMPERATURE	IEC 68-2-1	72 h	-55°C	
HIGH TEMPERATURE	IEC 68-2-2	72 h	+71°C	
TEMP. CYCLING	IEC 68-2-14	1 h	-45°C +70°C	3 Cycles
THERMAL SHOCK NONO-OPERATING			-30°C to+70°C	Ramp 30°C/min
HUMIDITY	ETSI EN300-2-4 T4.1E	144 h		95%

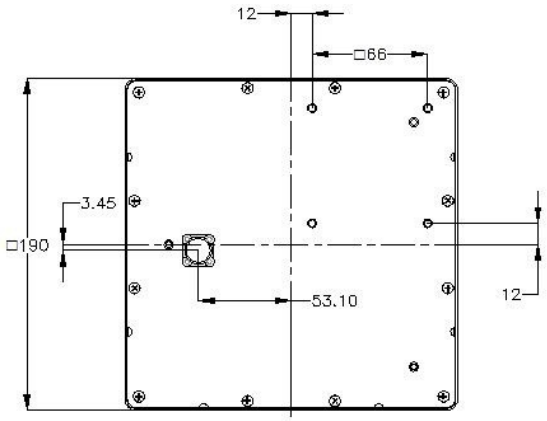
WATER TIGHTNESS	IEC 529		IP67
DUST RESISTANCE			IP67
SOLAR RADIATION	ASTM G53	1000h	
OZONE RESISTANCE	ETSI 300		
FLAMMABILITY	UL 94		Class HB
QUASI RANDOM VIBRATION			20g rms for 4 hours
VEHICLE VIBRATION OPERATING	1 grms, 10-500 Hz, in 3 axis		6 hours total, 2 hr in each axis. Accelerated wear – an additional 50hrs in worst case axis.
MECHANICAL SHOCK OPERATING	10g,11msec, half sine pulse		

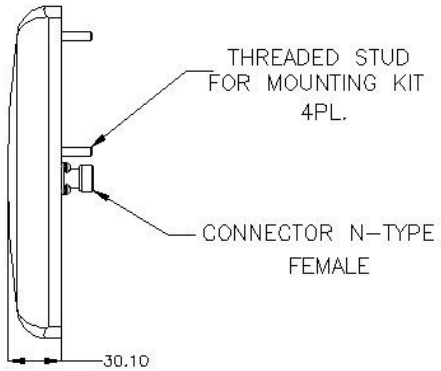
AZIMUTH RADIATION PATTERN MIDBAND FREQ. 0.902 GHZ



ELEVATION RADIATION PATTERN MIDBAND FREQ. 0.902 GHZ







WAIVER!

While the information contained in this document has been carefully compiled to the best of our present knowledge, it is not intended as presentation or warranty of any kind on our part regarding the fitness of the products concerned for any particular use

B.4 *Confidex Sample Pack Datasheet*

Documento adaptado do sítio web da marca.

	CARRIER FAMILY		IRONSIDE FAMILY			STEELWAVE FAMILY		
	CONFIDEX SILVERLINE™	CONFIDEX CARRIER™	CONFIDEX CARRIER PRO™	CONFIDEX IRONSIDE MICRO™	CONFIDEX IRONSIDE™	CONFIDEX IRONSIDE SLIM™	CONFIDEX STEELWAVE MICRO™	CONFIDEX STEELWAVE MICRO II™	CONFIDEX SURVIVOR™
Product picture									
Size	100 x 40 x 0.8 mm 3.94 x 1.57 x 0.03 in	73 x 8 x 0.2 mm 2.87 x 0.31 x 0.01 in	92 x 24 x 0.2 mm 3.62 x 0.94 x 0.01 in	27 x 27 x 5.5 mm 1.06 x 1.06 x 0.22 in	51.5 x 47.5 x 10 mm 2.03 x 1.87 x 0.39 in	84 x 21 x 10 mm 3.3 x 0.83 x 0.39 in	38 x 13 x 3 mm 1.5 x 0.5 x 0.12 in	38 x 13 x 4.5 mm 1.5 x 0.5 x 0.17 in	155 x 26 x 14.5 mm 6.1 x 1.02 x 0.57 in
Frequency	865-869 MHz - ETSI (EU) 902-928 MHz - FCC (US)	860-960 MHz	860-960 MHz	865-928 MHz	860-960MHz	860-960 MHz	865-928 MHz	865-928 MHz	865-869 MHz - ETSI (EU) 902-928 MHz - FCC (US)
Memory	128 bit EPC + 512 bit	128 bit EPC + 512 bit	128 bit EPC + 512 bit	128 bit EPC + 512 bit	128 bit EPC + 512 bit	128 bit EPC + 512 bit	128 bit EPC + 512 bit	128 bit EPC + 512 bit	128 bit EPC + 512 bit
Read range (2W ERP)[1]	up to 5 m / 16 ft	up to 10 m / 33 ft	up to 12.5 m / 41 ft	up to 5 m / 16 ft	up to 9 m / 30 ft	up to 8 m / 26 ft	up to 3.5 m / 11 ft	on metal up to 5m/ 16ft off metal up to 1,5 m/ 5ft	on metal up to 18 m / 60 ft off metal up to 16 m / 52 ft
Ambient temperature range [2]	-35°C to + 85°C -31°F to + 185°F	-35°C to + 90°C -31°F to + 194°F	-35°C to + 90°C -31°F to + 194°F	-35°C to +85°C -31°F to +185°F	-55°C to +105°C -67°F to +221°F +125°C/+257°F Peak 1h duration	-35°C to +85°C -31°F to +185°F	-20°C to +85°C -4°F to +185°F	-20°C to +70°C -4°F to +158°F	-35°C to +85°C -31°F to +185°F
Special features	- IP68 - On and off metal - On reel - Works on curved surfaces - Washable - Great compatibility with RFID printers	- IP68 - Off metal - Washable - Strong grip on plastics - On reel	- IP68 - Off metal - Washable - Strong grip on plastics - On reel - Works in close proximity of liquids	- IP68 - On metal - Impact-resistant - ATEX compliant version available - NFC version available	- IP68 - On metal - Impact-resistant - AS5678 compliant - Welding bracket version available - ATEX compliant version available	- IP68 - On metal - Impact-resistant - ATEX compliant version available	- IP67 - On and off metal - FSTC® compliant - ATEX compliant version available	- IP67 - On and off metal - Versatile attachment options - NFC version available	- IP68 - On and off metal - Durable screwing with metallic compression limiters
Order reference [4]	3000702 - ETSI M4QT 3000703 - FCC M4QT	3000394 – M4QT	3000446 - M4QT	3000448 - Global M4QT	3000319 - Global M4QT	3000360 - Global M4QT	3000427 - Global M4QT	3000587 - Global M4QT	3000855 - ETSI M4QT 3000856 - FCC M4QT

Figura B.1: *Confidex sample pack specs*

B.5 *MobileMark PN8-868LCP-1C-GRY-12 Antenna Datasheet*

MobileMark
antenna solutions

US Office: Tel: 800-648-2800 or +1.847-671-6690
UK Office: Tel: (+44) 1543 459555
www.mobilemark.com

Panel Antennas
8 dBic RFID

PN8 Series,
8 dBic gain

- Models for either US or EU applications
- 8 dBic gain is the maximum allowable gain for general RFID applications
- Mounting hardware allows vertical tilt adjustment of up to 24-degrees
- Mid-range coverage, such as in a warehouse setting

Mobile Mark offers 8 dBic RFID Patch Antennas for both the 868 MHz and 915 MHz bands.

Frequency bands vary by region. US models cover 902-928 MHz with Right Hand Circular Polarity. Models for Europe and many other parts of the world cover 865-870 MHz with Left Hand Circular Polarization.

The Patch Antenna is intended for mid-range to long-range coverage, such as in a warehouse setting. The antenna offers 8 dBic gain with a beamwidth of 70-degrees elevation and 70-degrees azimuth.

The unique high efficiency design provides a broadband match, making it possible to maintain the VSWR at 1.5:1 typical and 2:1 max, over the entire range.

The rugged radome and heavy aluminum back plate make it well suited for industrial applications. The ASA radome is both impact resistant and UV resistant.

The antenna is operational from -40°to +85° Celsius and can handle a maximum power of 20 watts.

The PN8 Series antenna is relatively compact for the gain. It measures 9" x 9" x 1.6" (23 cm x 23 cm x 4 cm) and is typically supplied with 1-foot of RG-58 cable with an SMA connector.

Connectors may vary per customer request.

The antenna is pipe mounted with a rugged L-bracket and U-Bolt mounting kit. This allows for a secure and easy installation. A slot in the standard mounting bracket allows for vertical tilt adjustment of up to 24-degree.

The PN8 Series has a DC shorted front end and is compatible with antenna sensing circuits found in the current generation of RFID readers.

If your reader has a feature that requires a 10K ohm resistor, the PN8 antenna can be special ordered with this feature.

Model #	Frequency
PN8-915RCP-1C-GRY-12	902-928 MHz
PN8-868LCP-1C-GRY-12	865-870 MHz
PN8-915-10K-1C-GRY-12	902-928 MHz
PN8-868-10K-1C-GRY-12	865-870 MHz

Note: models specified above indicate 1 foot of cable and an SMA male connector (e.g. -1C). Model number will change to specify a different cable length or connector. Contact your sales representative for other connector options.

Specifications

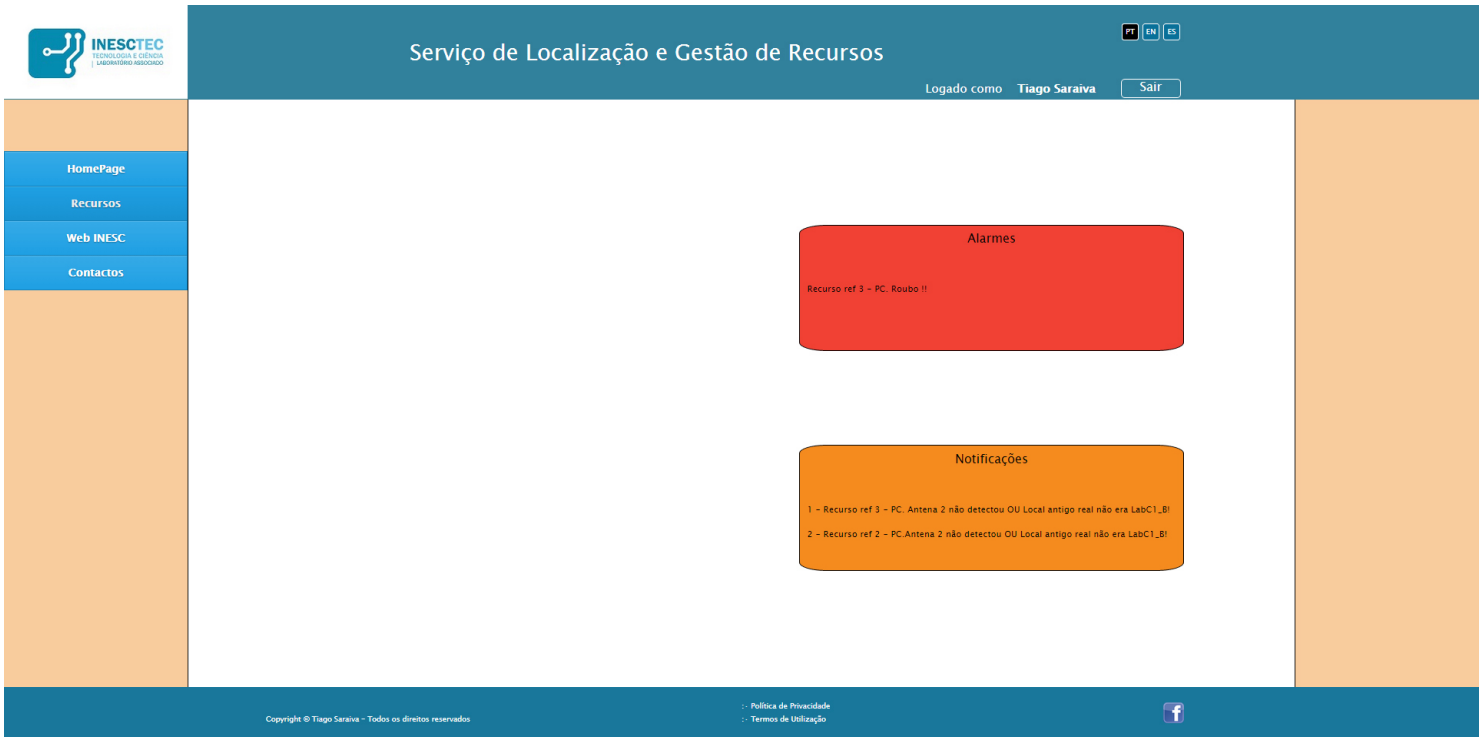
Frequency:	
Europe	865-870 MHz
US	902-928 MHz
Gain:	8 dBic
Polarization:	
868 MHz systems	LHCP
915 MHz systems	RHCP
Axial Ratio:	3 db Max
Beamwidth:	
Elevation	70 degrees
Azimuth	70 degrees
Impedance:	50 ohms

Cable:	Black RG-58, 1 ft (30.4 cm)
Case:	9" x 9" x 1.6" (23 cm x 23 cm x 4 cm)
VSWR:	1.5:1 typical 2:1 max over range
Maximum Power:	20 Watts
Case Material:	Grey UV Resistant ASA
Connector:	SMA Male (Plug)
Mounting:	Pipe mounting; L-Bracket with U-Bolt Mounts up to 2.5" diam 5.1 cm
Operating Temp:	-40° to +85° C

Anexo C

Imagens Página Web

Apresenta-se de seguida várias imagens da página web criada.



INESCTEC
TECNOLOGIA E CIÊNCIA
LABORATÓRIO ASSOCIADO
Serviço de Localização e Gestão de Recursos
PT EN ES
Logado como Tiago Saraiva
Sair
HomePage
Recursos
Mapa de Recursos
Requisitar
Histórico
Nova Entrada
Web INESC
Contactos
Histórico de Requisicões
Num Requisitante Material Duração dias Data Início Data Fim
1 Tiago Saraiva osc 0 2015-04-17 18:04:59 2015-04-17 19:00:00
2 Tiago Saraiva carro 4 2015-04-17 00:00:00 2015-04-21 00:00:00
3 Hugo Caldas carro2 0 2015-04-15 16:08:01 2015-04-16 00:00:00

INESCTEC
TECNOLOGIA E CIÊNCIA
LABORATÓRIO ASSOCIADO
Serviço de Localização e Gestão de Recursos
PT EN ES
Logado como Tiago Saraiva
Sair
HomePage
Recursos
Mapa de Recursos
Requisitar
Histórico
Nova Entrada
Web INESC
Contactos
Requisitar Recursos
Formulário Pedido Utilização
Produto ou Material :
seleciona
Data Início:
Data Fim:
Tipo de Utilização :
seleciona
Submeter
Copyright © Tiago Saraiva – Todos os direitos reservados
:- Política de Privacidade
:- Termos de Utilização

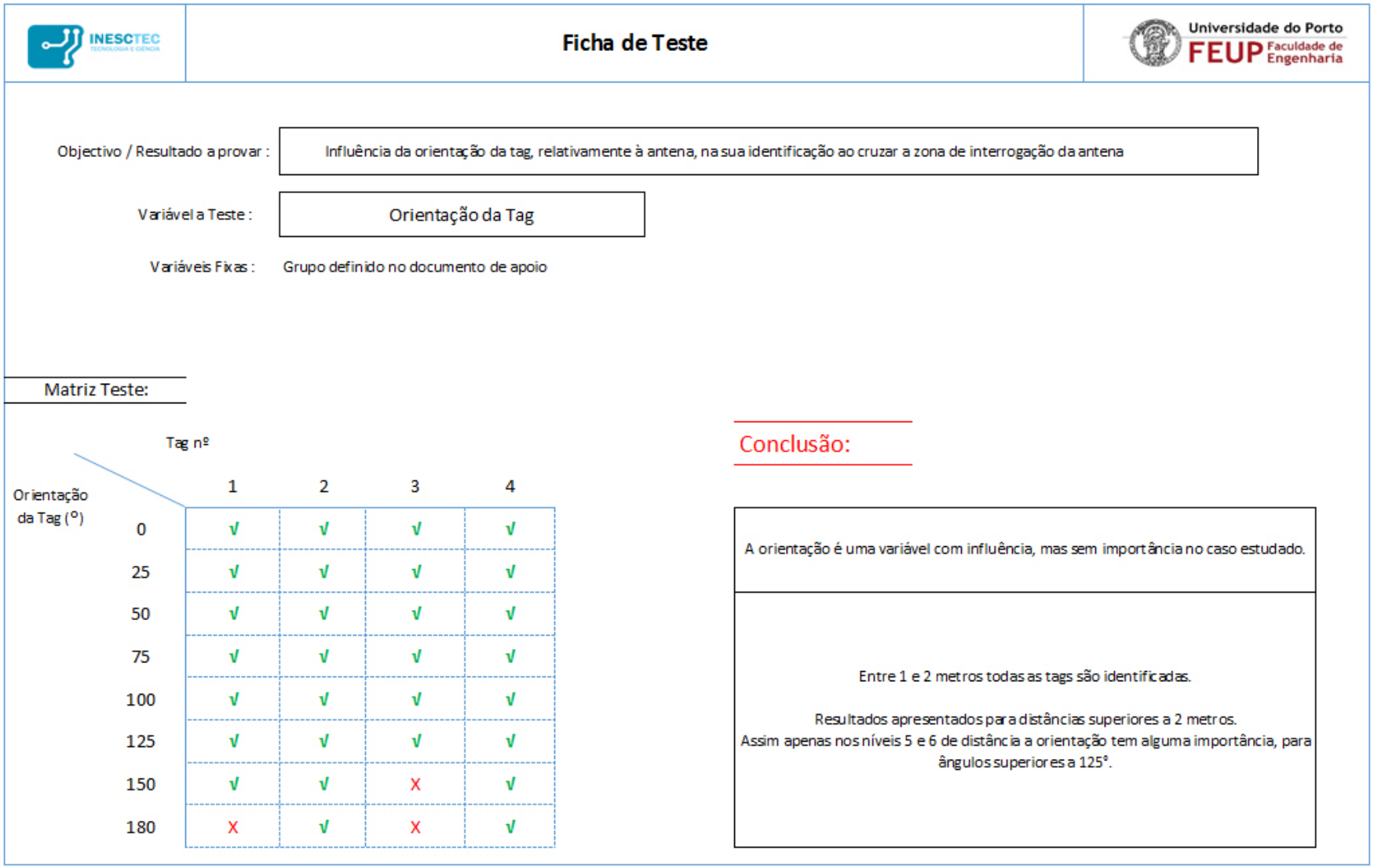
INESCTEC
TECNOLOGIA E CIÊNCIA
LABORATÓRIO ASSOCIADO
Serviço de Localização e Gestão de Recursos
PT EN ES
Logado como Tiago Saraiva
Sair
HomePage
Recursos
Mapa de Recursos
Requisitar
Histórico
Nova Entrada
Web INESC
Contactos
Nova Entrada – Introduzir novo Recurso no sistema
Formulário Novo Recurso
Tipo:
EPC:
User data:
Dimensão:
Tipo de Mobilidade do recurso:
seleciona
Local inicial:
seleciona
Submeter
Copyright © Tiago Saraiva – Todos os direitos reservados
:- Política de Privacidade
:- Termos de Utilização

INESCTEC
TECNOLOGIA E CIÊNCIA
LABORATÓRIO ASSOCIADO
Serviço de Localização e Gestão de Recursos
PT EN ES
Logado como Tiago Saraiva
Sair
HomePage
Recursos
Web INESC
Contactos
Contactos
Página Web desenvolvida para controlo e gestão do sistema de localização de recursos do laboratório C.1 nas instalações do INESC.
Projecto realizado sobre a alçada da parceria INESC-FEUP e como tema de dissertação de mestrado.
Qualquer dúvida, erro ou sugestão não hesite em entrar em contacto.
Porto, Portugal
ee10078@fe.up.pt
Tel: 00351 917 188 416
Nome
Email
Assunto
Menssagem
Submeter
Intervenientes
INESCTEC
TECNOLOGIA E CIÊNCIA
LABORATÓRIO ASSOCIADO
U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO
Copyright © Tiago Saraiva – Todos os direitos reservados
:- Política de Privacidade
:- Termos de Utilização

Anexo D

Fichas de Teste

Apresenta-se de seguida as várias folhas de teste devidamente preenchidas.



Ficha de Teste

Universidade do Porto FEUP Faculdade de Engenharia

Objectivo / Resultado a provar : Influência da orientação da tag, relativamente à antena, na sua identificação ao cruzar a zona de interrogação da antena

Variável a Teste : Orientação da Tag

Variáveis Fixas : Grupo definido no documento de apoio

Matriz Teste:

Orientação da Tag (°) \ Tag nº	1	2	3	4
0	√	√	√	√
25	√	√	√	√
50	√	√	√	√
75	√	√	√	√
100	√	√	√	√
125	√	√	√	√
150	√	√	X	√
180	X	√	X	√

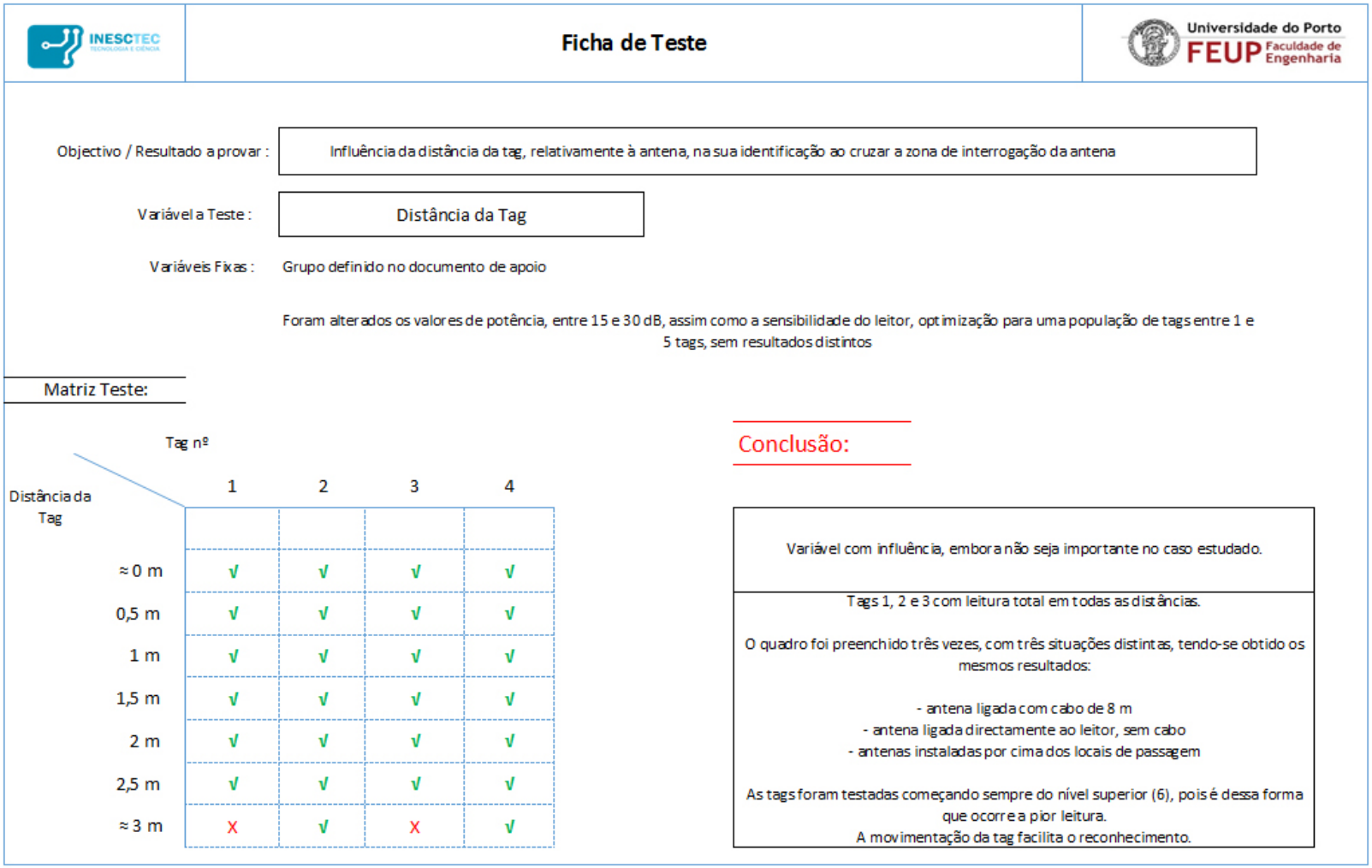
Conclusão:

A orientação é uma variável com influência, mas sem importância no caso estudado.

Entre 1 e 2 metros todas as tags são identificadas.

Resultados apresentados para distâncias superiores a 2 metros.
Assim apenas nos níveis 5 e 6 de distância a orientação tem alguma importância, para ângulos superiores a 125°.

Figura D.1: Folha de Testes - Orientação



INESCTEC

Ficha de Teste

Universidade do Porto FEUP Faculdade de Engenharia

Objectivo / Resultado a provar : Influência da distância da tag, relativamente à antena, na sua identificação ao cruzar a zona de interrogação da antena

Variável a Teste : Distância da Tag

Variáveis Fixas : Grupo definido no documento de apoio

Foram alterados os valores de potência, entre 15 e 30 dB, assim como a sensibilidade do leitor, optimização para uma população de tags entre 1 e 5 tags, sem resultados distintos

Matriz Teste:

Distância da Tag \ Tag nº	1	2	3	4
≈ 0 m	√	√	√	√
0,5 m	√	√	√	√
1 m	√	√	√	√
1,5 m	√	√	√	√
2 m	√	√	√	√
2,5 m	√	√	√	√
≈ 3 m	X	√	X	√

Conclusão:

Variável com influência, embora não seja importante no caso estudado.

Tags 1, 2 e 3 com leitura total em todas as distâncias.

O quadro foi preenchido três vezes, com três situações distintas, tendo-se obtido os mesmos resultados:

- antena ligada com cabo de 8 m
- antena ligada directamente ao leitor, sem cabo
- antenas instaladas por cima dos locais de passagem

As tags foram testadas começando sempre do nível superior (6), pois é dessa forma que ocorre a pior leitura.
A movimentação da tag facilita o reconhecimento.

Figura D.2: Folha de Testes - Distância

Ficha de Teste

Universidade do Porto FEUP Faculdade de Engenharia

Objectivo / Resultado a provar : Influência da presença de Metal e Água, colocadas espacialmente entre tag e antena, na identificação da tag, ao cruzar a zona de interrogação da antena

Variável a Teste : Influência de Metal/Água

Variáveis Fixas : Grupo definido no documento de apoio

Matriz Teste:

Material Entreposto \ Tag nº	1	2	3	4
Máquina Calcular	X	√	√	√
Computador	X	X	√	√
Oscilloscópio	X	X	√	√
Papel alumínio	X	X	X	X
Chapa Metálica	X	√	X	√
Garrafas de água	X	√	X	√
'Manto de água'	X	X	X	X

Conclusão:

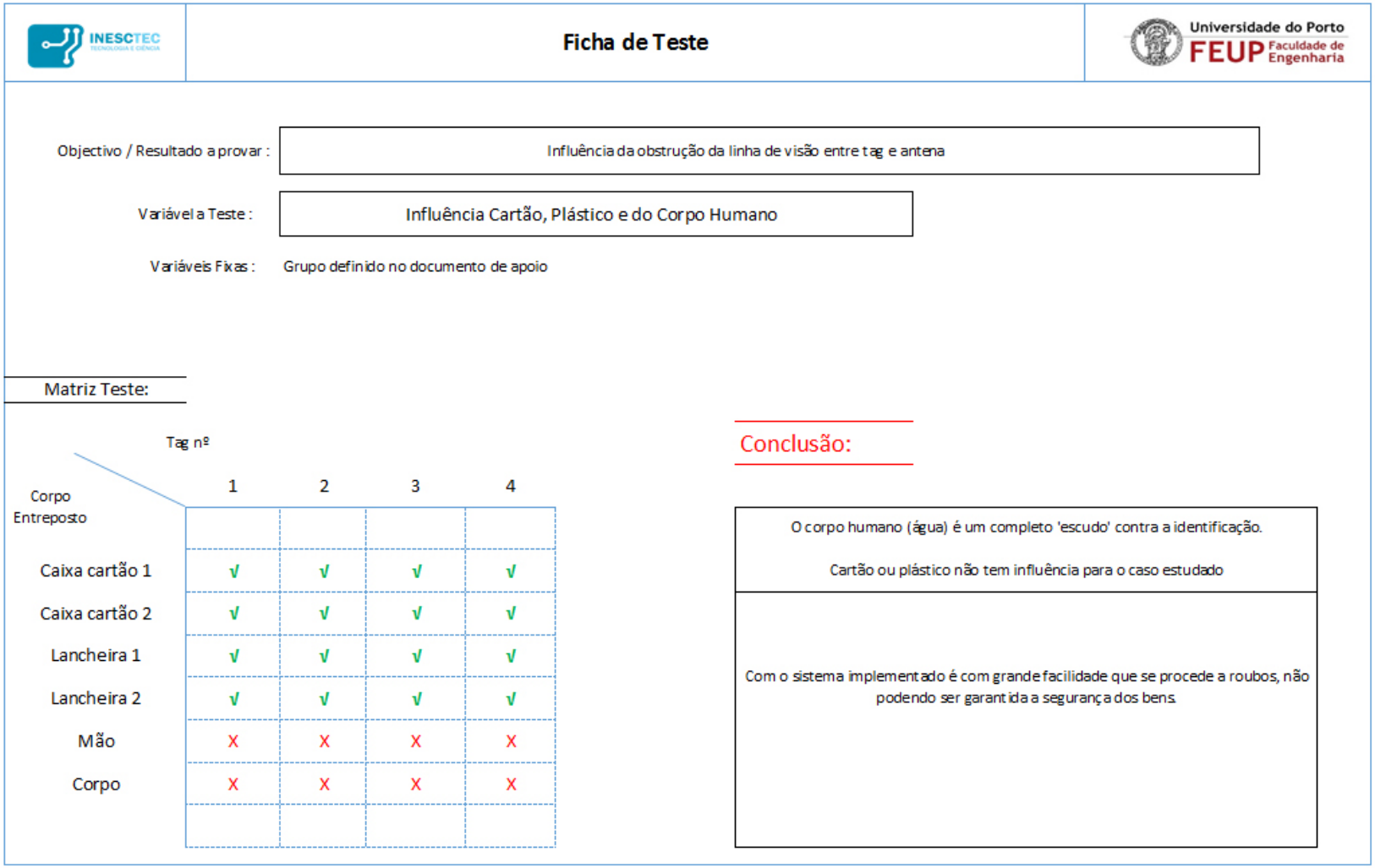
Variáveis com enorme influência.

Se houver algum destes materiais entre a antena e a tag, a sua identificação fica sériamente comprometida

Com a tag envolta em papel de alumínio é completamente impossível identificar a tag, assim se por baixo de um 'manto de água'

Nos outros casos a identificação é possível, mas se adequada a posição da tag para facilitar a leitura

Figura D.3: Folha de Testes - Obstrução Metal e Água



Ficha de Teste

Universidade do Porto FEUP Faculdade de Engenharia

Objectivo / Resultado a provar : Influência da obstrução da linha de visão entre tag e antena

Variável a Teste : Influência Cartão, Plástico e do Corpo Humano

Variáveis Fixas : Grupo definido no documento de apoio

Matriz Teste:

Corpo Entreposto \ Tag nº	1	2	3	4
Caixa cartão 1	√	√	√	√
Caixa cartão 2	√	√	√	√
Lancheira 1	√	√	√	√
Lancheira 2	√	√	√	√
Mão	X	X	X	X
Corpo	X	X	X	X

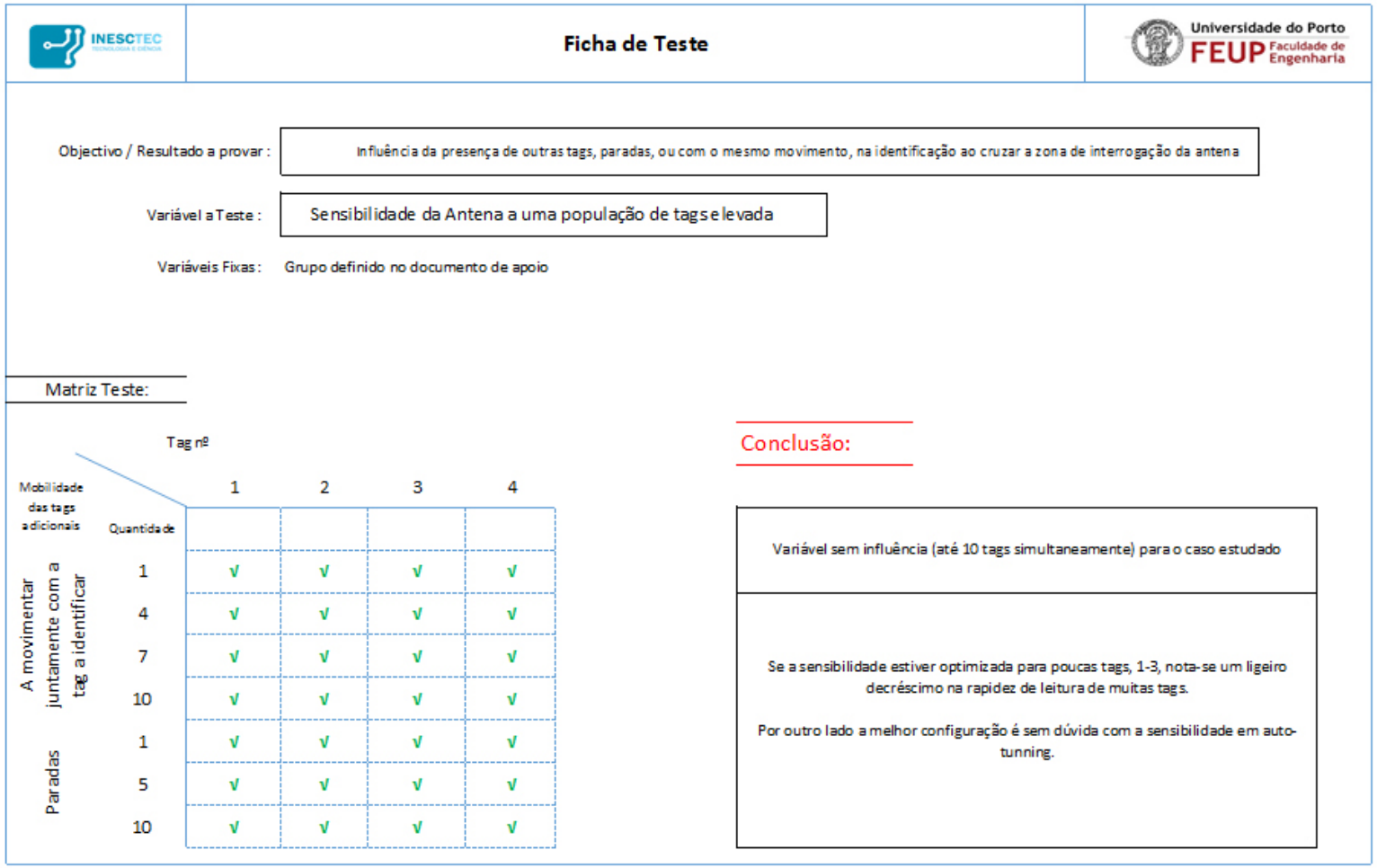
Conclusão:

O corpo humano (água) é um completo 'escudo' contra a identificação.

Cartão ou plástico não tem influência para o caso estudado

Com o sistema implementado é com grande facilidade que se procede a roubos, não podendo ser garantida a segurança dos bens.

Figura D.4: Folha de Testes - Obstrução Cartão e Plástico



Ficha de Teste

Universidade do Porto FEUP Faculdade de Engenharia

Objectivo / Resultado a provar : Influência da presença de outras tags, paradas, ou com o mesmo movimento, na identificação ao cruzar a zona de interrogação da antena

Variável a Teste : Sensibilidade da Antena a uma população de tags elevada

Variáveis Fixas : Grupo definido no documento de apoio

Matriz Teste:

Mobilidade das tags adicionais	Quantidade	Tag nº 1	2	3	4
A movimentar juntamente com a tag a identificar	1	√	√	√	√
	4	√	√	√	√
	7	√	√	√	√
	10	√	√	√	√
Paradas	1	√	√	√	√
	5	√	√	√	√
	10	√	√	√	√

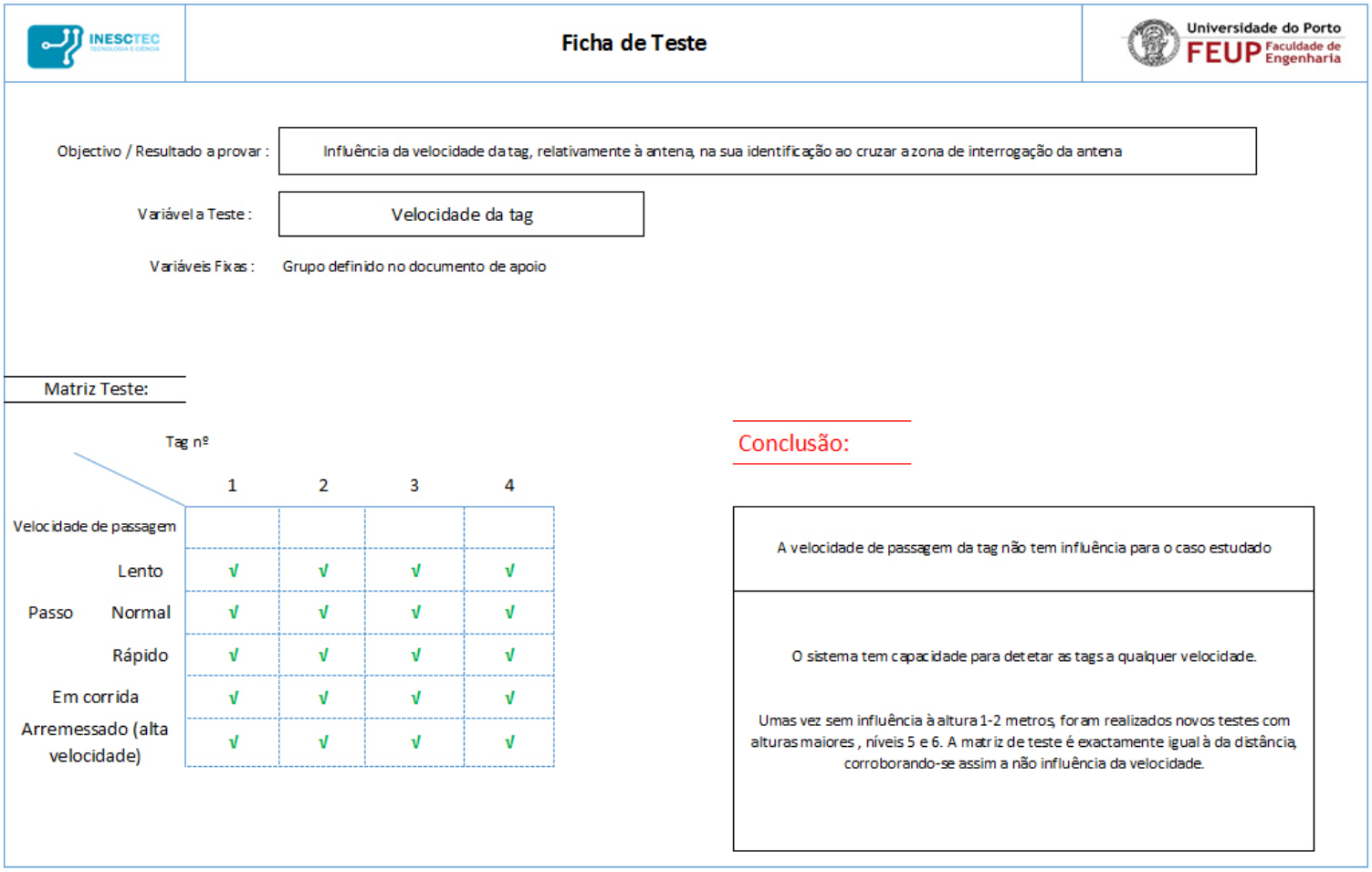
Conclusão:

Variável sem influência (até 10 tags simultaneamente) para o caso estudado

Se a sensibilidade estiver optimizada para poucas tags, 1-3, nota-se um ligeiro decréscimo na rapidez de leitura de muitas tags.

Por outro lado a melhor configuração é sem dúvida com a sensibilidade em auto-tunning.

Figura D.5: Folha de Testes - Sensibilidade ao número de tags



INESCTEC

Ficha de Teste

Universidade do Porto FEUP Faculdade de Engenharia

Objectivo / Resultado a provar : Influência da velocidade da tag, relativamente à antena, na sua identificação ao cruzar a zona de interrogação da antena

Variável a Teste : Velocidade da tag

Variáveis Fixas : Grupo definido no documento de apoio

Matriz Teste:

Tag nº / Velocidade de passagem		1	2	3	4
Passo	Lento	√	√	√	√
	Normal	√	√	√	√
	Rápido	√	√	√	√
Em corrida		√	√	√	√
Arremessado (alta velocidade)		√	√	√	√

Conclusão:

A velocidade de passagem da tag não tem influência para o caso estudado

O sistema tem capacidade para detetar as tags a qualquer velocidade.

Umas vez sem influência à altura 1-2 metros, foram realizados novos testes com alturas maiores , níveis 5 e 6. A matriz de teste é exactamente igual à da distância, corroborando-se assim a não influência da velocidade.

Figura D.6: Folha de Testes - Velocidade

Referências

[1] Xiaowei Zhu, Samar K. Mukhopadhyay, e Hisashi Kurata. A review of RFID technology and its managerial applications in different industries. *Journal of Engineering and Technology Management - JET-M*, 29(1):152–167, 2012. doi:10.1016/j.jengtecman.2011.09.011.

[2] Doo Jin Park, Young Bok Choi, e Ki Chan Nam. RFID-based RTLS for improvement of operation system in container terminals. *2006 Asia-Pacific Conference on Communications, APCC*, 00(0):1–5, 2006. doi:10.1109/APCC.2006.255837.

[3] Airbus. Airbus extends RFID part-marking across all its aircraft families, 2012. URL: http://www.airbus.com/presscentre/pressreleases/press-release-detail/detail/airbus-extends-rfid-part-marking-across-all-its-aircraft-families.

[4] NFL. National Football League and Zebra Technologies to Provide 'Next Gen Stats' for the 2014 Season, 2014. URL: http://nflcommunications.com/2014/07/31/.

[5] Das Raghu e Peter Harrop. RFID Forecasts , Players and Opportunities 2014-2024, 2013. URL: http://www.idtechex.com/research/reports/rfid-forecasts-players-and-opportunities-2014-2024-000368.asp.

[6] J. Morris Chang, Yo Ping Huang, e Simon Liu. Real-time location systems and RFID. *IT Professional*, 13(April):12–13, 2011. doi:10.1109/MITP.2011.30.

[7] Paulo Jorge e Gomes Pereira. Real Time Locating System Based on active RFID. (Julho), 2011.

[8] Chung-Hao Huang, Lun-Hui Lee, Chian C. Ho, Lang-Long Wu, e Zu-Hao Lai. Real-Time RFID Indoor Positioning System Based on Kalman-Filter Drift Removal and Heron-Bilateration Location Estimation. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 64(3):728–739, Março 2015. URL: http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6891303, doi:10.1109/TIM.2014.2347691.

[9] S.S. Manapore, H. Darabi, V. Patel, e P. Banerjee. A comparative study of radio frequency-based indoor location sensing systems. Em *IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, 2004*, volume 2, páginas 1265–1270. IEEE, 2004. URL: http://ieeexplore.ieee.org/articleDetails.jsp?arnumber=1297129, doi:10.1109/ICNSC.2004.1297129.

[10] Britannica. Britannica Encyclopedia. URL: http://www.britannica.com/topic/encyclopaedia.

[11] HowStuffWorks. HowStuffWorks. URL: http://www.howstuffworks.com/.

[12] IEEE Standards Organization. IEEE 802.11 STandard. URL: http://standards.ieee.org/about/get/802/802.11.html.

[13] Daniel Dobkin. *The RF in RFID passive UHF in practice*. 2008.

[14] Klaus Finkenzeller. *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*. John Wiley & Sons, Inc., third edição, 2010.

[15] Mark Roberti. The History of RFID Technology. *RFID Journal*, páginas 1–3, 2005. URL: http://www.rfidjournal.com/articles/view?1338.

[16] João Paulo Ferreira Monteiro. Emulação em tempo real de Leitores de RFID e de Código de Barras. 2012.

[17] H. Stockman. Communication by Means of Reflected Power. *Proceedings of the IRE*, 36(10):1196–1204, Outubro 1948. URL: http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=1697527, doi:10.1109/JRPROC.1948.226245.

[18] Stephen A. Weis. RFID (Radio Frequency Identification): Principles and Applications Outline 1 Introduction. *MIT CSAIL*, páginas 1–23, 2010.

[19] Dipankar Sen, Prosenjit Sen, e Anand M. Das. *RFID for Energy & Utility Industries*. 2009. URL: https://books.google.pt/books/about/RFID_for_Energy_Utility_Industries.html?id=zSZHbngCGO0C&pgis=1.

[20] Cecilia Occhiuzzi, Stefano Caizzone, e Gaetano Marrocco. Passive UHF RFID Antennas for Sensing Applications : Principles , Methods , and Classifi cations. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 55(6), 2013.

[21] B.C.F. Kwok S.K. Tsang H.C. & Cheung. Realizing the potential of RFID in counterfeit prevention, physical asset management, and business applications: case studies of early adopters. *Department of Industrial and Systems Engineering, The Hong Kong Polytechnic University*, 2008.

[22] Omni-Id. Omni-Id. URL: www.omni-id.com.

[23] Yahia Zare Mehrjerdi. RFID and its benefits: a multiple case analysis. *Assembly Automation*, 31:251–262, 2011. doi:10.1108/01445151111150596.

[24] Ding Bin, Chen Li, Chen Dianlong, e Yuan Haitao. Application of RTLS in warehouse management based on RFID and Wi-Fi. *2008 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCOM 2008*, (070416277):1–5, 2008. doi:10.1109/WiCom.2008.1249.

[25] Hyuntae Cho, Hoon Choi, Woonghyun Lee, Yeonsu Jung, e Yunju Baek. LITeTag: Design and implementation of an RFID system for IT-based port logistics. *Journal of Communications*, 1(4):48–57, 2006. doi:10.4304/jcm.1.4.48-57.

[26] Radio Electronics. RFID Standards, 2015. URL: http://www.radio-electronics.com/info/wireless/radio-frequency-identification-rfid/iso-epcglobal-iec-standards.php.

[27] International Standards Organization. International Standards Organization, 2015. URL: http://www.iso.org/iso/home.htm.

[28] Kentaroh Toyoda e Iwao Sasase. Secret sharing based unidirectional key distribution with dummy tags in Gen2v2 RFID-enabled supply chains. Em *RFID (RFID), 2015 IEEE International Conference on*, páginas 63–69, 2015. doi:10.1109/RFID.2015.7113074.

[29] Mohammad Fal Sadikin e Marcel Kyas. RFID-Tate : Efficient Security and Privacy Protection. Em *IISA 2014, The 5th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications*, 2014.

[30] Impinj. What is RFID? | Impinj, 2015. URL: http://www.impinj.com/resources/about-rfid/.

[31] Po Yang, Wenyan Wu, Mansour Moniri, e Claude C. Chibelushi. Efficient Object Localization Using Sparsely Distributed Passive RFID Tags. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 60(12):5914–5924, Dezembro 2013. URL: http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6365313, doi:10.1109/TIE.2012.2230596.

[32] Yoshinori Oikawa. Tag Movement Direction Estimation Methods in an RFID Gate System. Em *Current Trends and Challenges in RFID*. 2011. URL: http://www.intechopen.com/books/current-trends-and-challenges-in-rfid/tag-movement-direction-estimation-methods-in-an-rfid-gate-system.

[33] AtlasRFID. RFID Antenna Cables: Getting the Highest Performance Possible, 2015. URL: http://blog.atlasrfidstore.com/rfid-antenna-cables-getting-the-highest-performance-possible.

[34] Ping Huang e Haibing Mu. A high-security RFID grouping proof protocol. *International Journal of Security and its Applications*, 9(1):35–44, 2015. URL: http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84922468389&partnerID=tZOtx3y1, doi:10.14257/ijsia.2015.9.1.04.

[35] L. Lu, J. Han, R. Xiao, e Y. Liu. ACTION: Breaking the Privacy Barrier for RFID Systems. Em *IEEE INFOCOM 2009 - The 28th Conference on Computer Communications*, páginas 1953–1961. IEEE, Abril 2009. URL: http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5062117, doi:10.1109/INFCOM.2009.5062117.

Vários web-sites, com conteúdos de interesse sobre as temáticas relacionadas à dissertação, foram bastante úteis não tendo tido uma referência específica. Ficam aqui os seus nomes:

- AtlasRFID, www.atlasRFID.com
- RFID Journal, www.rfidjournal.com
- RFID Wizards, www.rfidwizards.com
- EPCglobal Inc., www.epcglobalinc.org
- Association for Automatic Identification and Mobility (AIM Global), www.aimglobal.org
- RFID Online Solutions, www.rfidonlinesolutions.com