



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

António Manuel Ferreira Almeida

Sistema de Rastreio de  
Entidades Auto-Identificadas  
em Ambiente Hospitalar





Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

António Manuel Ferreira Almeida

Sistema de Rastreamento de  
Entidades Auto-Identificadas  
em Ambiente Hospitalar

Tese de Mestrado  
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao  
Grau de Mestre em Engenharia de Comunicações

Trabalho efetuado sob a orientação do  
Professor Doutor Alexandre Júlio Teixeira Santos  
Professor Doutor Joaquim Melo Henriques Macedo

outubro de 2013

## DECLARAÇÃO

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO,  
MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Guimarães, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

A escrita da presente dissertação não segue o novo acordo ortográfico.

## Resumo

Uma das grandes áreas de aplicação da tecnologia RFID (identificação por radiofrequência) é a saúde. O largo desenvolvimento da tecnologia RFID num ambiente deste tipo, tem a potencialidade de reduzir custos e aumentar a segurança dos pacientes e dos serviços médicos. Na verdade, os serviços de saúde deparam-se com inúmeros erros na prestação de cuidados a doentes. Esta questão pode ser melhorada com a localização, seguimento e controlo da circulação de pessoas (como pacientes, enfermeiros, médicos, visitas, auxiliares) e bens (como medicamentos, análises, cadeiras de rodas, camas, equipamentos médicos).

A utilização de etiquetagem RFID nas entidades hospitalares, permite obter a informação relacionada sem necessidade de contacto físico ou de uma linha de visibilidade. Aliás, a integração da tecnologia Internet das Coisas, consegue oferecer a este sistema uma identificação precisa e uma rápida localização de qualquer entidade devidamente etiquetada.

Esta dissertação, baseia-se na análise, implementação e teste de uma arquitectura capaz de prover um sistema de controlo e encaminhamento para entidades de serviços de saúde em ambiente móvel e ubíquo, com recurso às tecnologias disponíveis, RFID e Internet das Coisas.

No presente documento, como primeira instância, é feita a introdução de todos os conceitos relevantes para o desenvolvimento do projecto em causa. Assim como uma profunda análise às tecnologias envolvidas, apresentando as vantagens e desvantagens das escolhas realizadas e das suas alternativas.

Na segunda parte desta dissertação serão documentadas as fases de implementação deste sistema RFID para cuidados de saúde. Assim como uma análise aos testes e aos resultados obtidos expondo como as tecnologias RFID podem ser um benefício na projecção de um sistema hospitalar, para controlo e encaminhamento de entidades.

**Palavras-Chave:** RFID, Internet das Coisas, Etiquetas RFID, Saúde

## Abstract

One of the major application areas of RFID (Radio Frequency Identification) is the area of the healthcare. The ample development of the RFID technology in such environment, has the potential to reduce costs and improve patient safety and medical services. Actually, health services are confronted with numerous errors in providing care to patients. Such issue can be improved with the location, tracking and monitoring the movement of people (such as patients, nurses, physicians, visitors and physicians assistants) and assets (such as medicines, analyzes, wheelchairs, beds and medical equipment).

The use of RFID tagging in hospital entities allows to obtain information related without physical contact or a line of sight. In fact, the integration of technology Internet of Things (IoT) could provide to this system a precise identification and a quick location of any entity properly labeled.

This thesis is based on the analysis, implementation and testing of an architecture capable of providing a monitoring system and forwarding to healthcare entities in a mobile and ubiquitous environment, using technology available RFID and IoT.

In the present paper, as first instance, all concepts relevant to the development of this project are introduced. Also a profound analysis of the technologies involved, presenting the advantages and disadvantages of the choices made and the alternatives.

In the second part of this essay are presented the phases of implementation to the healthcare system. As an analysis and testing results, showing how RFID technology could be a benefit in the projection of a hospital system, to control and forwarding entities.

**Keywords:** RFID, Internet of Things, RFID Tag, Healthcare, Location

# Conteúdo

<b>Conteúdo</b>	<b>v</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>x</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Motivação . . . . .	2
1.2 Objectivos . . . . .	2
1.3 Resultados Obtidos . . . . .	3
1.4 Estrutura do Relatório . . . . .	4
<b>2 Auto-Identificação e Internet das Coisas</b>	<b>6</b>
2.1 Identificação por Radiofrequência (RFID) . . . . .	6
2.1.1 Etiquetas RFID . . . . .	7
2.1.2 Electronic Product Code (EPC) . . . . .	8
2.1.3 Near Field Communication (NFC) . . . . .	10
2.1.4 Aplicações RFID . . . . .	12
2.2 Internet das Coisas (IoT) . . . . .	13
2.2.1 Principais Desafios . . . . .	15
2.2.2 Aplicações IoT . . . . .	16
2.3 Sistemas de Informação em Contexto de Saúde . . . . .	18
2.4 RFID em Ambiente Hospitalar . . . . .	21
2.4.1 Vantagens . . . . .	22
2.4.2 Principais Desafios . . . . .	23
2.4.3 Segurança RFID . . . . .	24

<b>3</b>	<b>Localização e Encaminhamento em Espaços Interiores</b>	<b>26</b>
3.1	Critérios de Análise . . . . .	26
3.2	Tecnologias . . . . .	27
3.2.1	Sistema Global de Posicionamento (GPS) . . . . .	28
3.2.2	Rede de Área Local Sem Fios (WLAN) . . . . .	28
3.2.3	Banda Ultra Larga (UWB) . . . . .	28
3.2.4	Identificação por Radiofrequência (RFID) . . . . .	29
3.3	Técnicas de Localização . . . . .	29
3.3.1	Triangulação . . . . .	30
3.3.2	Análise do Cenário . . . . .	30
3.3.3	Proximidade . . . . .	30
3.4	Sistemas de Localização RFID . . . . .	31
3.4.1	RFID Activo . . . . .	31
3.4.2	RFID Passivo . . . . .	31
3.5	Problemas de Localização em Espaços Interiores . . . . .	32
3.6	Aplicações com Encaminhamento . . . . .	33
<b>4</b>	<b>Sistema de Encaminhamento e Rastreio</b>	<b>35</b>
4.1	Mapa do Edifício . . . . .	35
4.2	Sistema de Localização . . . . .	36
4.2.1	Sistema One-Reader (SOR) . . . . .	37
4.2.2	Sistema Many-Readers (SMR) . . . . .	38
4.3	Sistema de Encaminhamento . . . . .	38
4.3.1	Protocolos Vector Distância . . . . .	40
4.3.2	Protocolos de Estado da Ligação . . . . .	43
4.3.3	Vector Distância vs Estado da Ligação . . . . .	44
<b>5</b>	<b>Arquitectura do Sistema de Encaminhamento e Rastreio</b>	<b>46</b>
5.1	Base de Dados . . . . .	48
5.2	Gestão de Etiquetas RFID . . . . .	50
5.3	Restrições de Acesso . . . . .	50
5.4	Encaminhamento de Etiquetas RFID . . . . .	52
5.5	Distribuição dos Leitores RFID . . . . .	54

<b>6</b>	<b>Implementação e Resultados Experimentais</b>	<b>56</b>
6.1	Implementação do Sistema . . . . .	56
6.1.1	Base de Dados . . . . .	57
6.1.2	Aplicação Cliente . . . . .	59
6.1.3	Servidor . . . . .	62
6.1.4	Comunicação Cliente/ Servidor . . . . .	64
6.2	Resultados Experimentais . . . . .	65
6.2.1	Sistema de Localização . . . . .	66
6.2.2	Controlo de Movimento . . . . .	68
6.2.3	Sistema de Encaminhamento . . . . .	69
<b>7</b>	<b>Conclusões e Trabalhos Futuros</b>	<b>72</b>
	<b>Referências</b>	<b>75</b>

# Lista de Figuras

2.1	Sistema RFID . . . . .	7
2.2	Etiquetas RFID [1] . . . . .	8
2.3	Electronic Product Code [2] . . . . .	9
2.4	Internet das Coisas (adaptada de [3]) . . . . .	14
2.5	Internet das Coisas: desafios por componente . . . . .	15
2.6	Base de Dados (adaptada de [4]) . . . . .	19
4.1	Mapa do Hospital . . . . .	36
4.2	Sistema One-Reader . . . . .	37
4.3	Sistema Many-Readers . . . . .	38
4.4	Encaminhamento IP . . . . .	39
4.5	Pacote IP [5] . . . . .	40
4.6	Algoritmo Bellman-Ford [6] . . . . .	42
4.7	Algoritmo Dijkstra [6] . . . . .	44
5.1	Arquitectura do Sistema . . . . .	47
5.2	Processo de consulta da BD . . . . .	49
5.3	Processo de consulta da BD . . . . .	53
5.4	Distribuição dos leitores RFID . . . . .	55
6.1	Modelo Relacional . . . . .	58
6.2	Aplicação Cliente . . . . .	60
6.3	Simulador de movimento de etiquetas RFID . . . . .	61
6.4	Notificação de acesso não permitido . . . . .	61
6.5	Menu: Gerir Etiquetas RFID . . . . .	63
6.6	Menu: Gerir Etiquetas RFID Associadas . . . . .	64

6.7	Menu: Encaminhamento de Etiquetas RFID . . . . .	65
6.8	Pacote de dados Cliente/ Servidor . . . . .	65
6.9	Registo de Localização . . . . .	66
6.10	Verificação da Localização . . . . .	68
6.11	Acesso à Zona Privada . . . . .	69
6.12	Encaminhamento de uma etiqueta RFID <i>Visita</i> . . . . .	70
6.13	Encaminhamento de uma etiqueta RFID <i>Staff 2</i> . . . . .	70
6.14	Apresentação do percurso de encaminhamento . . . . .	71

# Lista de Tabelas

2.1	Etiquetas passivas vs Etiquetas activas . . . . .	9
2.2	RFID passivo vs NFC . . . . .	11
4.1	Vector Distância vs Estado da Ligação . . . . .	45
5.1	Operações de gestão de Etiquetas RFID . . . . .	51
6.1	Tipos e Restrições . . . . .	67

# Lista de Acrónimos

A-GPS Assisted Global Positioning System

APs Access Points

AS Autonomous System

BER Bit Error Rate

DML Data Manipulation Language

EMI Electromagnetism Mutual Interference

EPC Electronic Product Code

GPS Global Positioning System

HIMSS Healthcare Information and Management Systems Society

IoT Internet of Things

IP Internet Protocol

IRGP Interior Gateway Routing Protocol

IS-IS Intermediate System to Intermediate System

IT Information Technology

JCAHO Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations

M2M Machine to Machine

NFC Near Field Communication

NLOS Non Line-of-sight

OSPF Open Shortest Path First Protocol

PARS Postal Automated Redirection System

QoS Quality of Service

RFID Radio Frequency Identification

RIP Routing Information Protocol

SMR Sistema Many-Readers

SOR Sistema One-Reader

TCP Transmission Control Protocol

UDP User Datagram Protocol

USPS United States Postal Service

UWB Ultra Wide Band

WLAN Wireless Local Area network

# Capítulo 1

## Introdução

O forte uso das tecnologias RFID [7][8], especialmente em logística, levou a um decréscimo de preços das componentes RFID. O que abriu possibilidades para a sua utilização em outras áreas, beneficiando das suas vantagens. Como as componentes para os sistemas RFID (etiquetas e leitores) se têm tornado mais pequenas e baratas, a tecnologia começou a descolar em varias áreas [8].

Uma das áreas com grande impacto é a industria da saúde. O uso de etiquetas RFID nos itens existentes em ambiente hospitalar permite a concepção de um sistema capaz de prover identificação, localização, seguimento e controlo da circulação de pessoas (como pacientes, enfermeiros, médicos, visitas, auxiliares) e bens (como medicamentos, análises, cadeiras de rodas, camas, equipamentos médicos).

A utilização de etiquetagem RFID nas entidades hospitalares, permite obter a informação relacionada sem necessidade de contacto físico ou uma linha de visibilidade [9]. Aliás, a integração da tecnologia Internet das Coisas (IoT) [10][11], consegue oferecer a este sistema uma identificação precisa e uma rápida localização de qualquer identidade devidamente etiquetada [12].

Ambiciona-se neste projeto, com recurso às tecnologias disponíveis de RFID e Internet das Coisas, avaliar e definir componentes para uma arquitectura de localização e seguimento de entidades (pessoas ou bens inventariáveis) para serviços de saúde em ambiente móvel e ubíquo. Para este efeito, as unidades hospitalares devem estar devidamente infra-estruturadas com antenas detectoras, os portais

RFID (estrategicamente posicionados e com localização bem definida), de forma a identificar qualquer entidade na sua área de alcance.

Estes portais RFID serão capazes de comunicar com um sistema central e facultar a esse mesmo sistema a identificação da entidade na sua zona de alcance. Ainda, e devidamente distribuídos, serão colocados ecrãs para consulta da posição actual por parte da entidade RFID e consulta do encaminhamento relativo, para atingir o destino. Este componente é complementado com um leitor RFID, capaz de identificar a entidade em causa e assim fornecer o percurso a seguir.

## 1.1 Motivação

Hospitais deparam-se com desafios de melhorar a segurança dos pacientes e reduzir custos operacionais, que são normalmente comprometidos por erros humanos ou sistemáticos. Estima-se que entre 44,000 e 98,000 mortes por ano são relacionadas com erros médicos [13].

Instituições hospitalares e outras organizações usam tecnologias RFID para apoio a um sistema de informação, com a principal motivação de conseguir uma melhoria em algumas situações decorrentes dos cuidados de saúde prestados aos pacientes.

## 1.2 Objectivos

O principal desafio deste trabalho é a definição, avaliação e teste de um sistema de localização, encaminhamento e seguimento de entidades no interior de unidades de saúde. A concepção duma solução para este projecto, corresponde a alcançar diversos objectivos, nos quais se destacam: analisar os requisitos do sistema, prover o encaminhamento de entidades, definir um sistema de localização, garantir um sistema que permita o controlo e monitorização de entidades e assegurar a privacidade das entidades envolvidas.

O primeiro objectivo referido representa uma análise a todas as componentes relevantes ao sistema. Deverão ser feitas abordagens que fundamentem escolhas futuras quanto à definição da arquitectura do sistema. Outro ponto importante de

análise é o sistema de informação. Deve incluir a definição de todas as entidades que o constituem.

O encaminhamento de entidades num ambiente hospitalar, é um serviço em foco no desenvolvimento deste sistema. Para tal, é necessário assegurar um protocolo de encaminhamento, que garanta o melhor caminho, para a entidade RFID atingir a localização de destino. Este sistema deve ser capaz ainda de prover o encaminhamento de entidades, com aplicação de políticas ao percurso (como “evitar escadas”, “evitar áreas privadas”), no contexto da Internet das Coisas.

Outro desafio bastante importante deste trabalho, é a definição de um sistema capaz de determinar a posição actual das entidades. Garantindo um serviço com elevada fiabilidade. Deverá ser feita uma análise aprofundada, de forma a encontrar uma arquitectura do sistema de localização, que vá de encontro às necessidades de uma gestão hospitalar.

O controlo de entidades representa uma norma de segurança. O sistema deve conseguir o controlo e a monitorização em tempo real das entidades devidamente etiquetadas. Sendo capaz de alertar as figuras administrativas, quando uma etiqueta RFID acede a zonas não autorizadas. Este objectivo, inclui a definição de um algoritmo que detecte o movimento não autorizado das entidades hospitalares.

Todos estes objectivos devem ser assegurados, definindo um conjunto de regras que não ponham em causa a privacidade das entidades envolvidas, que estão devidamente etiquetadas pelo sistema. O que leva a definir uma arquitectura que garanta este conceito de segurança.

Por fim será necessário o desenvolvimento de um protótipo dos componentes inerentes ao sistema. Esta implementação do sistema deverá permitir realizar a prova do conceito.

### **1.3 Resultados Obtidos**

Era pretendido com a elaboração deste projecto, analisar, implementar e testar um sistema de rastreio para entidades auto-identificadas em ambiente hospitalar.

Aos desafios de encaminhar, localizar e controlar as entidades hospitalares, foram acrescentadas algumas dificuldades. Para além dos serviços apresentados, este

sistema deveria ser projectado para uma implementação de baixo custo. Outra agravante, foi a necessidade de incluir no sistema RFID formas de garantir a privacidade da informação em base de dados.

Os estudos realizados e apresentados neste relatório, possibilitaram fundamentar as escolhas efectuadas para a concepção do sistema. Desta forma, é exposto um sistema para localização, seguimento e encaminhamento de entidades. Um sistema com a capacidade de prestar diversos serviços.

O protótipo apresentado neste relatório, caracteriza-se por um sistema em que os leitores RFID são distribuídos pelo edifício. O posicionamento destes leitores foi estratégico, de forma a conseguir um equilíbrio entre a fiabilidade e o custo do sistema.

Quanto ao encaminhamento de entidades hospitalares, o sistema garante o melhor caminho, entre duas localizações. Reagindo à aplicação de políticas no percurso.

É também conseguido obter a localização instantânea de qualquer etiqueta RFID. Apesar desta localização não ser bastante precisa, é uma localização sem falhas. O que demonstra um alto nível de fiabilidade.

O protótipo foi implementado de forma a prover controlos de acesso. Sempre que uma entidade acede a uma área à qual não está autorizada, é gerado um alerta.

Ao isolar o servidor de base de dados, restringir a comunicação com este e evitar transporte dos dados contidos no sistema de armazenamento, por radio-freqüência, foi garantida uma maior privacidade da informação.

Com isto, foi demonstrado a viabilidade de um sistema RFID em ambiente hospitalar, capaz de atingir os objectivos propostos.

## **1.4 Estrutura do Relatório**

O presente documento é constituído por sete capítulos.

No primeiro capítulo, é realizada uma introdução ao tema desta dissertação. Também são apresentados e descritos os principais objectivos e resultados referentes a este projecto. Esta parte do relatório, termina com a apresentação da estrutura escolhida para a elaboração da dissertação.

No segundo capítulo, é feita uma profunda análise aos conceitos, identificação por radiofrequência e Internet das Coisas. Serão apresentados alguns módulos complementares a estas tecnologias para uso em ambiente hospitalar.

O capítulo seguinte, aborda a localização e encaminhamento em espaços interiores. É também dado a conhecer algumas tecnologias usadas para este efeito, como técnicas usadas para obter localização em ambientes interiores. Esta secção termina com uma documentação do uso da tecnologia RFID para conseguir localização e encaminhamento no interior de edifícios.

Os requisitos do sistema de encaminhamento e rastreio são apresentados no quarto capítulo. A primeira análise aqui realizada é ao mapa do edifício. De seguida são abordados os requisitos do sistema de localização que vão de encontro às necessidades do sistema. Por último é discutido o sistema de encaminhamento, indicando os algoritmos que possibilitam esse serviço.

A arquitectura do sistema é documentada no capítulo seguinte. Aqui serão apresentados os componentes constituintes do sistema de encaminhamento e rastreio proposto para elaboração. Assim como a definição argumentada dos principais requisitos, de forma a atingir os objectivos desta dissertação.

O capítulo número seis, refere-se à apresentação de um protótipo que fundamenta as análises realizadas aos diversos conceitos. Para este efeito é descrita a implementação do sistema assim como os testes e resultados experimentais realizados.

No último capítulo são expostas as conclusões retiradas do desenvolvimento do trabalho proposto. São analisados os objectivos inicialmente propostos e indicados possíveis melhoramentos a realizar em trabalhos futuros.

## Capítulo 2

# Auto-Identificação e Internet das Coisas

### 2.1 Identificação por Radiofrequência (RFID)

A tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) permite que dados sejam transmitidos por um pequeno e portátil dispositivo, designado etiqueta RFID, o qual é lido por um leitor RFID e processado de acordo com as necessidades de determinadas aplicações. Os leitores RFID são compostos por duas interfaces.

Uma primeira é uma interface de rádio, na qual é feita a comunicação com as etiquetas que estão ao seu alcance, de maneira a detectar a identificação das mesmas. A segunda é uma interface de comunicação, normalmente IEEE 802.11 ou 802.3, com o servidor [14].

Portanto, o RFID é um método de identificar itens únicos usando ondas de rádio. Normalmente estes sistemas são constituídos por dois componentes de maior relevância: leitores e etiquetas. Na figura 2.1 está ilustrado um sistema deste tipo.

O leitor envia e recebe dados de e para as etiquetas através das antenas que o constituem. A etiqueta é constituída por um microchip, que armazena informação, e por uma antena. A antena recebe o sinal do leitor RFID e transmite a informação contida no microchip. Normalmente as etiquetas são aplicadas no produto, a quando o fabrico do mesmo. Contudo, na tentativa de baixar custos e aumentar a facilidade de implementação, muitas organizações estão a criar métodos

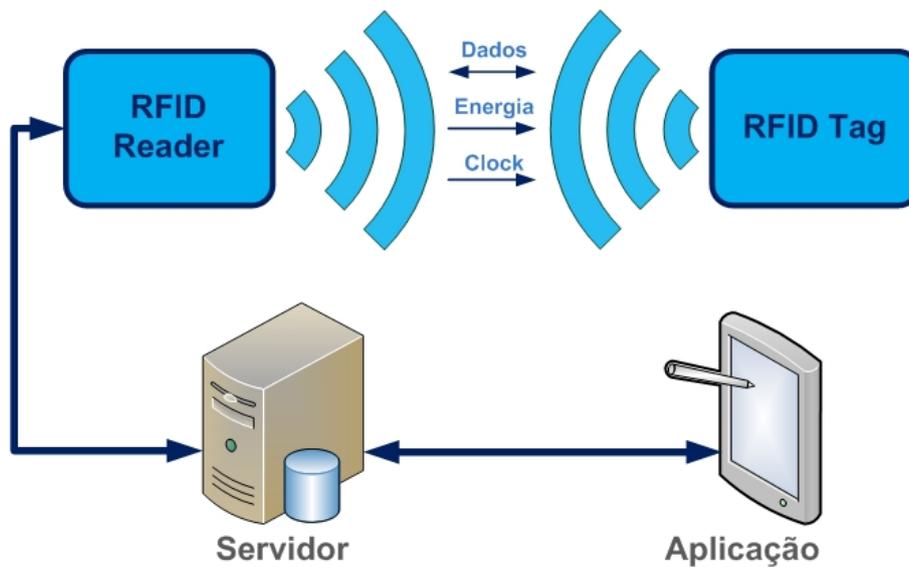


Figura 2.1: Sistema RFID

de imprimir as etiquetas RFID mesmo no exterior dos equipamentos, ou incorporar nas embalagens dos equipamentos.

### 2.1.1 Etiquetas RFID

As etiquetas RFID são normalmente categorizadas como passivas ou activas.

Um chip passivo é criado com um número de identificação único e o conteúdo do chip é libertado para o leitor quando requerido e nunca pode ser alterado. O número de identificação é depois transmitido para um computador do sistema que contém uma base de dados na qual a identificação da etiqueta é associada com as informações relevantes do produto.

Um chip activo, por outro lado, pode conter mais informação. Esta informação pode ser escrita, apagada e reescrita através de um dispositivo externo. Este tipo de etiquetas podem conter um histórico de transacções com o dispositivo de leitura/ escrita que segue o seu progresso nos tratamentos médicos ou em outros processos [7]. A ilustração 2.2 representa algumas etiquetas RFID.

RFID passivo requer sinais mais fortes do leitor, e a intensidade do sinal retornado da etiqueta é limitado a níveis muito baixos. O RFID activo permite

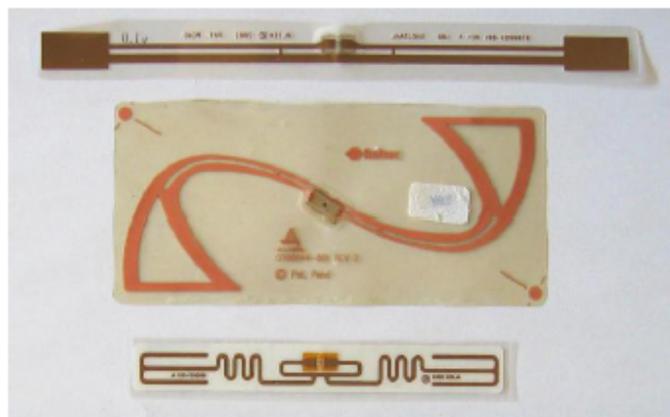


Figura 2.2: Etiquetas RFID [1]

sinais de baixo nível para ser recebido pela etiqueta (o leitor não necessita de energia extra para alimentar a mesma). Assim, esta pode gerar sinais de alto nível de volta para o leitor RFID.

Além disso, as etiquetas activas são alimentadas continuamente, estando ao alcance do leitor ou não. Este facto acontece devido à possibilidade deste tipo de etiquetagem ter a capacidade de iniciar a comunicação com a antena, ao contrário das etiquetas passivas.

Uma análise às especificidades de cada tipo de etiquetas abordadas é exposta na tabela 2.1.

### 2.1.2 Electronic Product Code (EPC)

Um EPC é um identificador universal que garante uma identidade única a um objecto específico. Este código tem como fundamento ser único, perante todos os objectos físicos no mundo, em qualquer momento. Este conceito pode ser muito útil, pode ser o único aspecto que distingue dois objectos aparentemente iguais.

O EPC por si só, pode prover o número de origem, de lote ou data de fabrico do produto. A informação deste código de produto pode variar entre 64 e 256 bits. A organização que define os regulamentos do EPC é a EPCglobal.

Um exemplo do formato básico de um Electronic Product Code é apresentado na figura 2.3.

	<b>Etiquetas Activas</b>	<b>Etiquetas Passivas</b>
<b>Energia</b>	Utilizam bateria	Sem energia interna
<b>Sinal de Transmissão</b>	Forte	Fraco
<b>Alcance (m)</b>	Longo (100)	Curto (3)
<b>Capacidade de armazenamento (Bytes)</b>	Grande (128K)	Pequena (128)
<b>Custo (EUR)</b>	Elevado (11-75)	Baixo (0.11-3.75)
<b>Dimensões</b>	Sensivelmente grandes (do tamanho de um baralho de cartas)	Muito pequenas (como um grão de arroz)
<b>Custo de leitores</b>	Baixo	Elevado
<b>Tempo de vida</b>	Até ao fim da bateria	Até se estragar ou ser descartada
<b>Frequências (Hz)</b>	455M, 2.45G, 5.8G	128K, 13.6M, 915M, 2.45M

Tabela 2.1: Etiquetas passivas vs Etiquetas activas

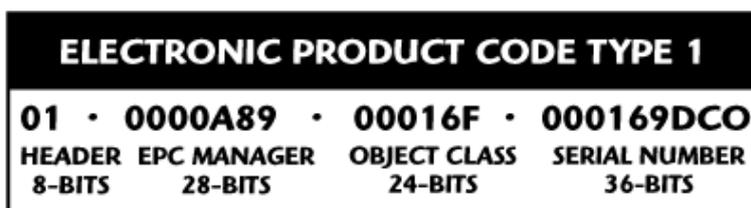


Figura 2.3: Electronic Product Code [2]

Para o caso, o EPC é embebido na etiqueta RFID que será associada a uma entidade. Desta forma, depois da leitura por parte do leitor RFID, a entidade pode ser associada à informação característica, existente no servidor de base de dados.

### **2.1.3 Near Field Communication (NFC)**

Near Field Communication [15] é uma tecnologia de comunicação, sem fios e de curto alcance, baseada em RFID, que usa campos magnéticos para activar a comunicação entre dispositivos electrónicos próximos.

Fundada em 2004 pela Sony, Nokia e Philips, no qual foram impostos standards bastante rigorosos que os fabricantes devem seguir na criação de dispositivos compatíveis com NFC. O que garante que a tecnologia é segura e permanece fácil de usar mesmo em diferentes versões. De facto, a interoperabilidade é a chave do crescimento da NFC, como o popular método de pagamento e comunicação de dados [16].

Para que dois dispositivos possam comunicar, usando NFC, um deve ter um leitor NFC e o outro uma etiqueta NFC. Como acontece na tecnologia RFID.

Também nesta tecnologia, existem dois modos de funcionamento permitidos pelo protocolo NFC: activo e passivo. No modo activo, ambos os dispositivos geram sinal para transmitir dados. No caso do modo passivo, apenas um dispositivo pode iniciar a comunicação.

#### **NFC vs RFID**

Tanto os sistemas NFC como os RFID, têm os seus próprios benefícios e qualidades em situações de identificação de autómatos [15].

Um dispositivo NFC, é capaz de ser tanto leitor como etiqueta NFC. Esta propriedade única, possibilita os dispositivos NFC comunicarem peer-to-peer. Enquanto a tecnologia RFID, requer distintos componentes, para efeitos de leitura e de etiquetagem.

RFID tem sido utilizado por muitos anos na indústria, mas a tecnologia NFC também tem aparecido mais ultimamente em várias áreas de negócio, especialmente em sistemas móveis, como em sistemas de pagamento móveis. Por outro

lado, RFID tem dado provas de usabilidade em situações de identificação onde as entidade etiquetadas existem em várias quantidades e movem-se rápido.

Outra característica que diferencia estas duas tecnologias, é o alcance de leitura. A tecnologia RFID, é capaz de aceitar e transmitir dados com um alcance de alguns metros. Enquanto a tecnologia NFC está limitada a cerca de 10 cm.

Também, a tecnologia RFID passiva, opera em três gamas de frequência: baixa (125-134 kHz), alta (13.56 MHz) e ultra alta (856-960 MHz). Os dispositivos NFC operam na mesma frequência que os dispositivos do RFID passivo de alta frequência (13.56 MHz)

Resta concluir que o uso de sistemas NFC, são mais utilizados em situações onde a segurança é mais necessárias. Na medida em que esta tecnologia proporciona uma maior segurança. O facto desta tecnologia permitir troca de dados apenas de curto alcance, é por si só uma forma de obter segurança, dificultando a interceptação do sinal. Mas não torna essa acção impossível.

Estas diferenças de características são apresentadas na tabela 2.2. Esta representa um resumo do assunto aqui abordado. De forma a tornar mais claro as diferenças entre estas duas tecnologias.

	<b>RFID passivo</b>	<b>NFC</b>
<b>Frequências (Hz)</b>	125K-134K, 13.56M, 856M-960M	13.56M
<b>Comunicação</b>	Apenas um sentido	Nos dois sentidos
<b>Alcance (m)</b>	Até 3	Até 0.10
<b>Identificação de várias etiquetas em simultâneo</b>	Sim	Não

Tabela 2.2: RFID passivo vs NFC

## 2.1.4 Aplicações RFID

A tecnologia RFID permite transferir dados dos objectos e pessoas, automaticamente e sem contacto físico, para os sistemas de informação. Desta forma estes sistemas são uma mais valia para muitos domínios do mercado. Os sistemas baseados em RFID são aplicados no trânsito e transportes, na economia, em instituições públicas e mesmo na recreação. Alguns exemplos do uso RFID são:

- Controlo de pessoas e objectos em ambiente Hospitalar [7][17]. O uso desta tecnologia no ambiente aqui referido, consegue oferecer controlo de pessoal e objectos em tempo real. Assim como a identificação precisa e uma localização rápida. O que se traduz num aumento de segurança nos cuidados a pacientes.
- Gestão de bagagens dos aeroportos [18]. Com a integração da tecnologia RFID, é conseguida uma visão em tempo real da bagagem ao longo do seu transporte. O que aumenta a capacidade de triagem e a fiabilidade do encaminhamento para o destino correcto.
- Passaportes à prova de falsificação [18][7]. O anexo de etiquetas RFID aos passaportes, já está a ser considerado. Possibilitando um sistema mais consistente e fiável para determinar quais as pessoas que estão no exterior do país. Ajudando também a não falsificação de passaportes.
- Competições desportivas, como golf e medir tempos em competições atléticas [18][7]. A tecnologia RFID pode ser bastante útil em cenários desportivos. Ao etiquetar bolas de golf, possibilita os golfistas de as encontrarem mais facilmente. Assim como o uso em qualquer tipo de desporto para registo e controlo de movimento.
- Via Verde [17]. O uso de RFID para pagamentos de portagens, estacionamento e combustível é bastante comum. A identificação da etiqueta, está associada a um conjunto de informação, incluindo dados para pagamento. Desta forma não existe a necessidade de intervenção do utilizador.
- Monitorização da recolha de lixo [17]. Os contentores estão equipados com etiquetas RFID. Isto possibilita melhorar os itinerários da recolha de lixo,

gerir os recursos de funcionários e ainda monitorizar o volume de lixo produzido.

- Arquivos de escritórios [7]. Para este efeito, às pastas são anexadas etiquetas RFID. De forma a eliminar as muitas horas à procura de arquivos perdidos.
- Manutenção de aeronaves [7]. Existem já aeronaves com uma etiqueta RFID em todas as componentes. Estas foram inicialmente destinadas ao auxílio do registo de manutenção. Contudo, as companhias aéreas estão à procura de maneiras de expandir esta aplicação.
- Bibliotecas [7]. Os livros são etiquetados de forma a serem mais facilmente encontrados. E mesmo para controlo de requisições.
- Jogos Infantis [7]. Muitos jogos para crianças foram já desenvolvidos com o uso de tecnologias RFID.
- Gestão de portos [7]. Este tópico refere-se à instalação de uma rede de sensores RFID no asfalto de todo o porto. Isto permite o rastreio dos contentores. No entanto possibilita também entender os padrões de tráfego no porto e melhorar o seu desempenho.

Estes são apenas alguns exemplos do uso de sistemas RFID. Muitas outras aplicações poderiam ser consideradas. Também com o forte crescimento da tecnologia que se tem verificado, adivinha-se que muitas outras implementações RFID surgirão. De facto com o passar do tempo a tecnologia está-se a tornar mais perceptível e com preços economicamente mais interessantes.

## 2.2 Internet das Coisas (IoT)

Não existe uma definição única quando se trata da Internet das Coisas. A IoT é uma revolução tecnológica que representa o futuro da computação e das comunicações [11].

As principais comunicações na internet são humano-humano. Contudo se cada objecto possuir uma forma única de identificação que possa ser endereçada,

esses objectos podem ser conectados. Desta forma, a Internet torna-se na Internet das Coisas, possibilitando a comunicação humano-humano, humano-máquina e mesmo máquina-máquina (M2M) .

Objectos podem trocar informação entre eles. Isto leva a que o número de "coisas" conectadas à internet poderá ser muito maior do que o número de pessoas. Humanos podem tornar-se na minoria no que diz respeito a gerar e receber tráfego.

Estamos a entrar numa nova era de ubiquidade, a era da Internet das Coisas no qual formas de comunicação entre humanos e máquinas ou mesmo entre máquinas serão predominantes. Uma nova dimensão tem sido acrescentada ao mundo da informação e comunicação, "from anytime, any place, connectivity for anyone, we will have connectivity for anything" [10]. Podemos ver na figura 2.2 a facilidade da tecnologia Internet das Coisas.

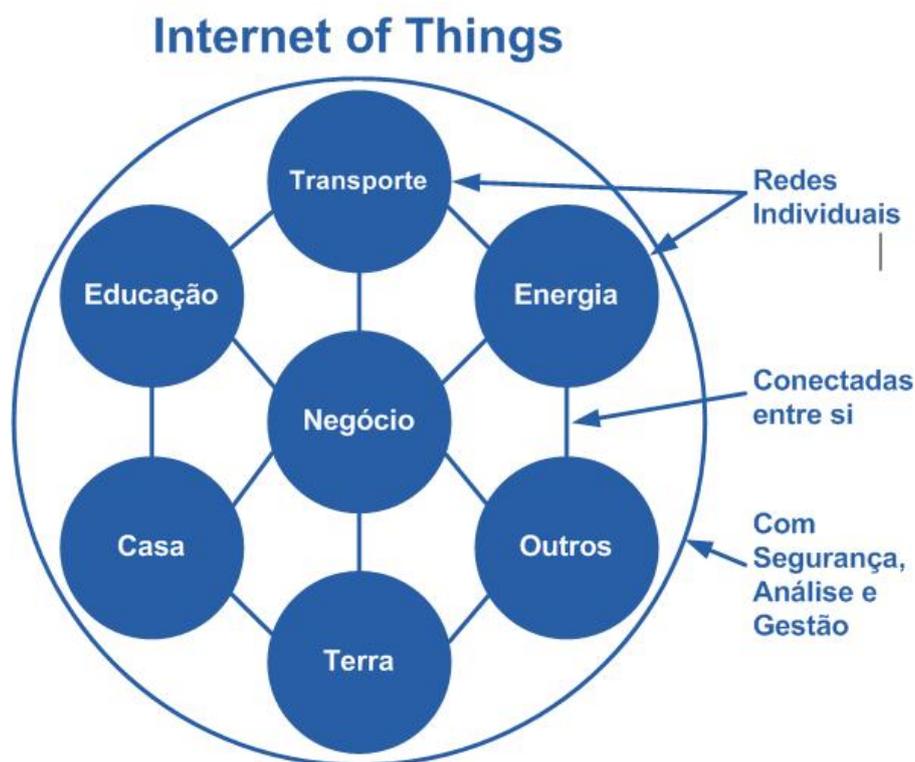


Figura 2.4: Internet das Coisas (adaptada de [3])

Uma informação precisa sobre o estado, a localização e a identidade das

coisas permite tomar uma decisão mais inteligente e apropriada.

O conceito Internet das Coisas, pode-se verificar em muitos e diferentes domínios, desde logística, transporte e localização de objectos, ambientes inteligentes (edifícios, infraestruturas), até energia, defesa e agricultura.

Essencialmente, IoT tem o potencial de influenciar significativamente todos os aspectos da sociedade [19].

### 2.2.1 Principais Desafios

Um sistema baseado em Internet das Coisas, pode ser olhado de uma forma genérica, como um conjunto de 4 componentes como mostrado na figura 2.5.

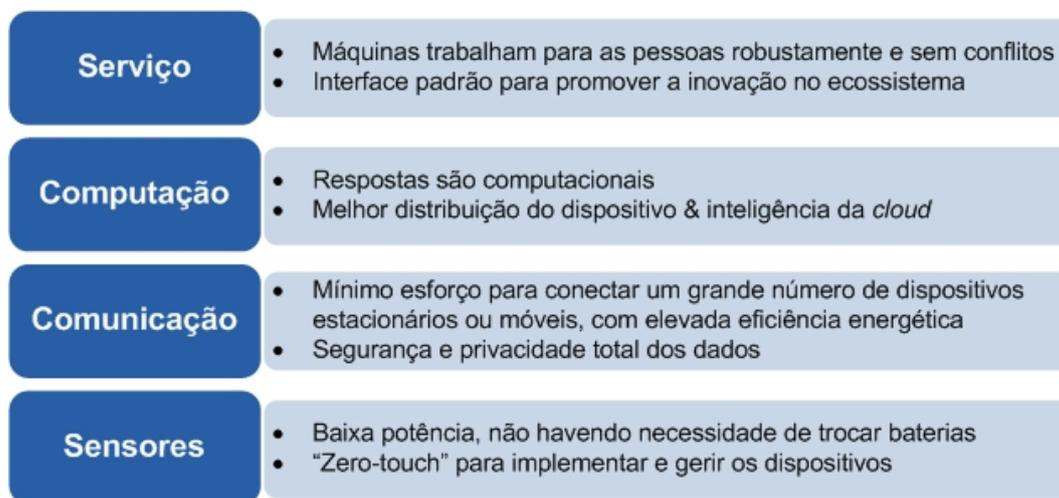


Figura 2.5: Internet das Coisas: desafios por componente

No futuro, um largo número de sensores serão implementados. A principal preocupação será os custos de manutenção desses sensores. Então, um desafio é a tecnologia de sensor, necessitar do mínimo esforço para a implementação e manutenção.

Muitos dos projectos ubíquos para computação doméstica falharam devido à complexidade de implementação do sensor. Outra preocupação será a substituição da bateria. Pode ser impraticável a troca da bateria do sensor uma vez que este pode estar incorporado no objecto ou coisa. O ideal seria mesmo o desenvolvimento

de um sensor de baixa potência, ou de um sensor que não necessite troca de bateria durante o seu tempo de vida.

A próxima fase a analisar, é referida como a etapa da comunicação. Após o sensor captar os dados, é necessário comunicar essa informação ao serviço de computação.

O número de máquinas ligados à internet já é muito elevado e tem a tendência de aumentar com o passar dos anos. Ligar esse número, cada vez mais elevado é um importante desafio. Principalmente porque maior parte das estações base estão projectadas para prover serviços com Quality of Service para um determinado número de utilizadores.

Quando existir um número elevado de utilizadores online, alguns deixarão de receber serviço. Este factor traz outros problemas: aumentando o número de dispositivos conectados à internet, questões de segurança e privacidade serão levantadas.

O próximo desafio, é abordado no contexto da informação gerada pelos dispositivos. Os dados gerados pelas máquinas são diferentes dos gerados pelos humanos.

Com os requisitos temporais para o processamento dos dados e a elevada redundância de informação, a sincronização de dados dos diferentes sensores pode ser imprecisa. Dados podem surgir de fontes não confiáveis, o que torna necessário separar sinal confiável de não confiável. Esta informação requer uma atenção especial quando se trata de análise pormenorizada.

Por fim, tendo em conta a evolução da tecnologia IoT, será de nosso interesse que sejam os humanos a tomarem as decisões ou deixar as máquinas o fazerem por nós? Idealmente, as máquinas deveriam trabalhar pelos humanos, mas em muitas das situações o que acontece, é as máquinas perguntarem às pessoas qual a decisão que devem tomar.

### **2.2.2 Aplicações IoT**

Internet das Coisas, integra o mundo físico com a internet existente e está a ganhar bastante popularidade, graças a adopção por parte dos smartphones e dispositivos de detecção por sensores [20].

Efeitos que se traduzem num elevado número de aplicações que se rendem à tecnologia IoT [21], no mundo real. De seguida serão listados alguns desses exemplos:

- Indústria aeroespacial e de aviação
- Indústria automóvel
- Indústria das telecomunicações
- Indústria médica e de cuidados de saúde
- Suporte ao envelhecimento
- Indústria farmacêutica
- Gestão de logística
- Indústria transformadora
- Monitorização do ambiente
- Indústria do transporte
- Agricultura e criação
- Mídia e entretenimento
- Sector de seguros
- Reciclagem

As potencialidades oferecidas por esta tecnologia, tornam possível o desenvolvimento de um largo número de aplicações. Foram anunciados apenas alguns dos sectores onde se vê a adopção deste conceito.

No futuro, existirão aplicações com esta tecnologia capazes de tornar casas mais inteligentes, escritórios mais inteligentes, sistemas de transporte mais inteligentes, hospitais mais inteligentes e até empresas e lojas mais inteligentes [21].

## 2.3 Sistemas de Informação em Contexto de Saúde

Um sistema RFID, apenas faz sentido quando se fizer associar a cada uma das entidades, devidamente etiquetadas, um conjunto de informação. Devido ao EPC atribuído a cada etiqueta RFID, cada bem ou pessoa é identificada unicamente e relacionada com a informação em base de dados.

Esta informação é gerida num sistema central e disponibilizada para agentes autorizados, em subsistemas. A principal razão para a integração de serviços de gestão de conhecimento em ambientes hospitalares, é melhorar a qualidade de diagnósticos a pacientes, melhorar a eficiência da gestão de informação, disponibilizando-a para pesquisas médicas.

A introdução de tecnologias de informação tornou a gestão de informação nos cuidados médicos mais prática e segura, o que faz destes sistemas uma parte essencial nos cuidados de saúde [4]. A qualidade destes sistemas é actualmente uma das principais questões, constantemente abordadas. De facto, em sistemas de cuidados de saúde, a qualidade não pode ser comprometida.

A gestão do conhecimento e da informação num sistema em instituições de saúde, não seria possível sem tecnologias da informação, suportada por um sistema de comunicação.

A IT assegura que esta informação esteja disponível para os médicos no exacto momento em que seja necessário. O facto dos responsáveis pelos cuidados a pacientes terem acesso à informação sobre um paciente e conseqüentemente o diagnóstico respectivo, no momento oportuno, garante um tratamento orientado, o que satisfaz os parâmetros de qualidade no que diz respeito à eficiência e à eficácia.

O facto de no momento dos diagnósticos e dos tratamentos, a informação relativa ser armazenada, é também um factor de qualidade. Isto, na medida que em questões futuras sobre um paciente, existe já um histórico de procedimentos como referência.

### Base de Dados

Base de dados [22][23] é um repositório de dados, destinado a apoiar o armazenamento, a recuperação e a manutenção de dados. A base de dados está

associada a outras tecnologias (figura 2.6), que permitem o uso das suas funcionalidades.

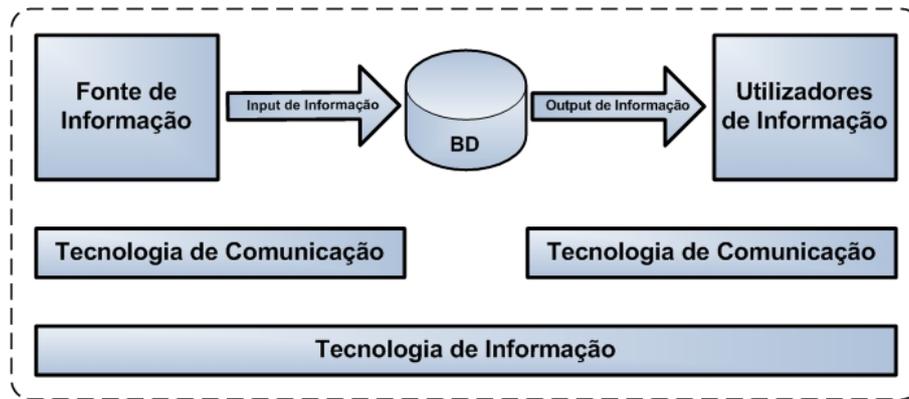


Figura 2.6: Base de Dados (adaptada de [4])

Existem vários tipos de base de dados, de forma a atender as diversas necessidades da indústria. Entre muitos tipos, uma base de dados pode ser específica para armazenar arquivos binários, documentos, imagens, vídeos, dados relacionais, dados multidimensionais, dados analíticos, ou mesmo dados geográficos.

Os dados podem ser armazenados de várias formas, nomeadamente tabular, hierárquica ou gráfica. Se os dados são armazenados de forma tabular estamos perante uma base de dados relacional. Quando os dados são organizados numa estrutura em forma de árvore, a base de dados denomina-se hierárquica. Os dados armazenados em forma de grafos, que representam as relações entre objectos, corresponde a uma base de dados da rede.

Os sistemas de base de dados relacionais [24], são os mais amplamente utilizados hoje em dia. Aliás, estes sistemas podem ser encontrados no núcleo de maior parte das aplicações do mundo, incluindo comércio electrónico, registos médicos, facturação, recursos humanos e gestão de relação com o cliente. Sistemas relacionais, servem de repositórios de registos para quase todas as transacções online e para maior parte dos sistemas de gestão de conteúdo online tal como blogs, wikis, redes sociais e outros do género.

O modelo de dados relacional é simples e elegante. Tem uma base matemática sólida, baseada na teoria de conjuntos e cálculo de predicados [22]. Os principais

objectivos deste modelo são:

- Armazenar os dados numa estrutura de dados simples (tabelas)
- Aceder à informação através de uma linguagem de alto nível, Data Manipulation Language (DML)
- Ser independente do armazenamento físico

## **Segurança da Base de Dados**

Com o largo desenvolvimento das tecnologias da informação, as organizações têm acumulado um grande volume de dados. Todos estes dados podem ser a base para decisões críticas. O que significa que se tornaram um recurso extremamente valioso para as organizações. Este facto leva a uma necessidade de prestar muita atenção à segurança dos dados [22]. Por estas razões, é preciso estar sensível a qualquer tipo de ameaças à segurança e tomar medidas para proteger os dados dentro dos seus domínios.

Para projectar e implementar uma base de dados segura, deve-se ter em consideração os conceitos de privacidade, integridade e disponibilidade.

O primeiro referido, privacidade, é uma garantia que os dados não devem ser conhecidos por utilizadores não autorizados. Este princípio limita o acesso à informação somente às entidades legítimas do sistema, isto é, às entidades autorizadas pelo proprietário da informação.

Com o princípio da integridade, somente utilizadores autorizados podem alterar os dados. Esta propriedade requer que a informação manipulada mantenha todas as características originais, estabelecidas pelo proprietário da informação, incluindo controle de alterações e garantia do seu ciclo de vida (criação, manutenção e destruição).

A propriedade designada por disponibilidade, indica que os dados devem estar sempre disponíveis para utilizadores autorizados. Este princípio, refere-se a que a informação esteja sempre disponível para o uso legítimo, isto é, utilização apenas, por utilizadores autorizados pelo proprietário da informação.

As considerações de segurança não se aplicam apenas aos dados contidos na base de dados. As falhas de segurança podem afectar outras partes do sistema,

partes essas, que por sua vez podem afectar a base de dados. De uma forma mais explícita, apenas a segurança da base de dados não irá garantir uma base de dados segura.

Todas as partes do sistema, devem ter a sua devida segurança: a base de dados, a rede, o sistema operativo, o edifício em que a base de dados está fisicamente e mesmo as pessoas que têm a oportunidade de aceder ao sistema.

## 2.4 RFID em Ambiente Hospitalar

As entidades responsáveis por prestar cuidados de saúde a pacientes, deparam-se com um elevado número de mortes por ano, relacionadas com erros médicos [13]. O que origina desafios de melhorar a segurança dos pacientes.

Na sequência destas questões de segurança, um estudo do HIMSS (Healthcare Information and Management Systems Society) [25], indica que é benéfico para a redução de erros médicos, a introdução de sistemas computadorizados, como códigos de barras ou RFID.

A utilização de etiquetagem RFID nas entidades hospitalares, tem a capacidade garantir o acesso à informação relacionada. Usando uma comunicação sem fios e sem necessidade de uma linha de visão.

A tecnologia RFID com a integração da tecnologia Internet das Coisas [10][11], consegue também oferecer a este sistema um reconhecimento preciso, fiável e rápido da localização de qualquer entidade devidamente etiquetada [12]. E aceder a toda a informação, se necessário, no momento em que seja pretendido.

A segurança em cuidados a pacientes é uma das questões mais importantes na área da saúde. A organização, Institute of Medicine [25], reportou que muitos dos erros, ocorrem devido à falta de cuidado do ser humano.

Num sistema de identificação para gestão de pacientes usando pulseiras nos seus braços com etiquetagem RFID, a taxa de identificação correcta pode atingir os 100% [26].

É notório o possível aumento da certeza, em momentos de necessidade de administração de medicamentos. Assim como em qualquer outro procedimento que possa pôr em causa a segurança do paciente. Usando um sistema deste género a actualização da informação é constante, evitado a ocorrência de erros, devido a

dados desactualizados.

### 2.4.1 Vantagens

A evidente melhoria nos cuidados a pacientes, é apenas um dos vários pontos em questão, que pode ter vantagens com a implementação de um sistema RFID.

As organizações responsáveis pelos cuidados de saúde usam tecnologias deste tipo como apoio a um sistema de informação [12]. De seguida serão descritos alguns dos conceitos que podem melhorar com o uso de um sistema deste género.

Os sistemas RFID melhoram os cuidados e a segurança dos pacientes. Com a tecnologia RFID, equipamentos com maior importância nos cuidados a pacientes podem ser rapidamente localizados. A actualização automática ajuda a garantir que medicamentos e outros suprimentos estejam disponíveis e que o staff tenha mais tempo para gastar com os pacientes.

Esta tecnologia tem a capacidade de aumentar a precisão do inventário. Oferecendo a possibilidade de saber quando camas, cadeiras de rodas e outro tipo de equipamentos estão disponíveis para uma mais rápida rotação de pacientes ou de quartos.

Aumentar a produtividade do staff é outra vantagem destes sistemas. Pessoas encarregues funcionalmente num ambiente hospitalar, gastam menos tempo à procura de equipamentos que estejam fora do seu correcto lugar. O que significa que terão mais tempo para cuidar dos pacientes.

A implementação de um sistema RFID, em ambiente hospitalar, reduz custos operacionais e de capital. A redução de perdas de bens traduz-se na redução da necessidade de comprar e gerir equipamentos adicionais. A inventariação diminui o risco de situações de out-of-stock e a necessidade de apressar a compra de bens em alturas de preço elevado.

Esta tecnologia garante também uma segurança de informação melhorada. O sistema de comunicação permite salvaguardar e localizar dados mais sensíveis, assegurando o backup e a redundância.

Assegurar a conformidade regulamentar, é outra mais valia do uso da tecnologia. Os fornecedores podem facilmente monitorizar o cumprimento padrão Joint Commission (JCAHO), usando dados obtidos, utilizando RFID.

O RFID proporciona uma melhor manutenção de equipamentos. Equipamentos podem ser facilmente localizados com RFID, ajudando a garantir que procedimentos de manutenções necessárias ou de rotina sejam realizados.

A facilidade de gestão de informação pode ser aumentada com o desenvolvimento destes sistemas. Possibilitando interação com o sistema de informação hospitalar já existente, apenas acrescentado uma associação instantânea com o equipamento ou pessoa que está etiquetada.

## **2.4.2 Principais Desafios**

Neste ponto é feita uma análise aos que são os principais desafios, quando se pretende implementar um sistema RFID num ambiente hospitalar [13][25].

### **Privacidade**

O uso de um sistema RFID em ambiente hospitalar é apenas viável se for conceituado pelos pacientes e por quem for um interveniente no sistema. Deverá haver a garantia que os dados a serem transmitidos não são usados indevidamente.

Quando uma etiqueta RFID é associada a uma determinada pessoa, esta contém um número de identificação único. A identificação está associada, na base de dados do sistema, à informação pessoal, como nome da pessoa, endereço, e mesmo o histórico de acções médicas. Por este motivo, as organizações hospitalares, devem assegurar-se que informação pessoal e confidencial não seja transmitida por radiofrequência.

### **Taxa de Transmissão**

A taxa de transmissão de um sistema RFID é inferior a 100%. Este é um dos principais obstáculos de um sistema deste tipo. Pelo facto da transmissão ser sem fios, de ser por interface aérea, este sistema requer um tratamento de dados mais eficaz, com melhor codificação e modulação do canal de forma a evitar problemas de ruído. E desta forma existem vários factores que influenciam a taxa de transmissão: a direcção da transmissão, local da interface aérea, características do produto e o ambiente onde opera.

## Interferência com Equipamentos Médicos

Equipamentos electrónicos podem falhar na presença de leitores RFID de alta potência. Isto pode acontecer devido a interferências entre equipamentos médicos e as ondas de rádio.

De acordo com [25] existem algumas demonstrações nos projectos implementados que possuem formas de medir, a influência ou não, nos equipamentos, segundo dois indicadores: "Bit Error Rate (BER)" e "Electromagnetism Mutual Interference (EMI)". Estes estão aptos para avaliar a interferência entre ondas radiofrequência e equipamentos médicos eléctricos.

Contudo, a fonte do estudo revela que os resultados dessas experiências mostram que não existe uma completa certeza de influência ou interferência.

## Custo

Apesar do uso de um sistema RFID numa organização deste tipo poder trazer várias vantagens a nível económico, a implementação tem sempre o seu custo. Portanto, é feita uma pequena abordagem aos obstáculos económicos.

Num sistema RFID, os principais gastos monetários devem-se à implementação do hardware e software, assim como aos custos de manutenção da infraestrutura e de update. A estrutura que suporta este sistema não necessita apenas de leitores e etiquetas, mas também servidores de base de dados, middleware e aplicações que completam o serviço. Tendo em conta os preços dos equipamentos, o custo total pode ser significativo se todas as entidades do hospital estiverem etiquetadas.

### 2.4.3 Segurança RFID

A informação privada de um hospital torna-o num ambiente crítico. A segurança dos dados RFID é um problema que merece toda a atenção num ambiente deste género. De facto, deixar a informação que circula num sistema RFID, exposta a ataques não é bom. O principal problema que conduz a esta falta de segurança é o sinal ser transmitido através de uma interface aérea.

Segundo [27] os principais ataques num ambiente deste tipo poderão ser: *spoofing*, *tracking*, *sniffing*, *replay attacks* e *denial of service*.

No primeiro caso, a técnica de *spoofing* refere-se aos atacantes poderem gerar etiquetas RFID autênticas, reescrevendo os dados numa etiqueta formatada, ou mesmo em alguma ainda vazia.

*Tracking*, designa o uso de um conjunto de leitores RFID. Estes componentes do sistema RFID são colocados estrategicamente em locais distintos, podendo resultar numa leitura de etiquetas indesejáveis. Isto é, os atacantes usam leitores falsos, para obter a informação referente às etiquetas detetadas pelos mesmos.

A leitura de uma etiqueta pode ser efectuada sem o conhecimento do seu portador. Este ataque designa-se por *sniffing*.

Outro ataque que representa uma enorme ameaça para um sistema RFID com os requisitos de segurança, como em ambiente hospitalar é o *replay attacks*. Neste caso, os atacantes podem interceptar a informação e retransmitir queries usando um dispositivo RFID.

Por fim um ataque, no qual deverão ser tomadas fortes medidas para o combater é o *denial of service*. Os atacantes podem impedir o sistema de funcionar correctamente. Neste caso, os atacantes podem alterar o estado das etiquetas RFID sem ter permissão para tal. Podendo assim, as etiquetas se tornarem temporária ou definitivamente incapacitadas. Estes ataques são agravados pela natureza móvel das etiquetas, possibilitando alterações à distância. Para isso são usados leitores secretos.

A desactivação de etiquetas pode ser um forte problema de integridade do inventário. Qualquer sistema RFID vulnerável a este tipo de ataques, representa uma grande fraqueza organizacional.

## Capítulo 3

# Localização e Encaminhamento em Espaços Interiores

A localização no interior de edifícios, tem sido extensivamente abordada nos últimos anos, devido às suas actuais aplicações. Especialmente em aplicações que tencionam prover cuidados e segurança [28]. O acompanhamento dos pacientes nos hospitais, a monitorização de crianças num parque infantil ou num jardim de infância são óbvios exemplos dessas aplicações.

### 3.1 Critérios de Análise

Quando são avaliadas tecnologias sem fios, podemos ter em consideração vários parâmetros, consoante o sistema de localização em espaços interiores, que se pretende desenvolver.

Serão então abordados alguns desses critérios, nomeadamente segurança e privacidade [29], precisão, complexidade, escalabilidade, robustez e custo [30].

Segurança e privacidade são duas características a levar em bastante consideração. Pelo facto de um sistema de localização se basear na necessidade dos utilizadores e por estes não estarem interessados que exista um controlo completo da sua informação e histórico de localização. Uma forma de contornar estes problemas, será controlar o acesso à informação em causa. Controlo que poderá ser realizado tanto no software como na parte da arquitectura do sistema [29].

Precisão (ou erro de localização), é considerado o parâmetro mais importante nos sistemas de posicionamento. Quanto maior for a precisão, melhor é o sistema, no entanto, muitas vezes é necessário fazer um equilíbrio entre este requisito e outras características do sistema, como por exemplo o custo.

A complexidade de um sistema de posicionamento pode ser atribuída ao hardware, software ou mesmo às operações realizadas. A complexidade de um sistema é considerada pelo tempo computacional necessário para determinar a posição pretendida. Como exemplo, se o cálculo do algoritmo de localização for realizado num servidor centralizado, a posição pode ser calculada mais rapidamente devido às suas capacidades de processamento e de alimentação. No caso de ser realizado no dispositivo a ser localizado, os efeitos da complexidade podem ser evidentes.

Um sistema de localização, tem a necessidade de ser escalável em dois aspectos: geografia e densidade [30]. A escala geográfica traduz-se na quantidade de área ou espaço que é coberto pelo sistema de posicionamento. Densidade, significa o número de objectos possíveis localizar num determinado espaço e num período de tempo.

Um sistema de posicionamento tem de ser robusto. Deverá ser capaz de continuar em funcionamento mesmo perante alguns casos sérios, tais como dispositivos no sistema em mau funcionamento, ou um dispositivo móvel ficar sem bateria.

O custo de um sistema de localização depende de vários factores, assim como tempo, espaço, peso e energia. O factor tempo está relacionado com a implementação e manutenção. Os dispositivos móveis podem ter restrições a nível de peso e mesmo de espaço que ocupam. A energia é também um importante factor de custo (alguns dispositivos não necessitam de energia própria, por exemplo as etiquetas RFID passivas).

## 3.2 Tecnologias

Existe uma grande variedade de tecnologias usadas de forma a conseguir localização e encaminhamento em ambientes interiores. Aplicações baseadas no GPS (Global Positioning System) são muito comuns, assim como Wireless Local Area Network (WLAN), Ultra Wide Band (UWB) e RFID [28][30].

### **3.2.1 Sistema Global de Posicionamento (GPS)**

O sistema global de posicionamento, é um dos sistemas de posicionamento com mais sucesso em locais exteriores. Contudo, a sua fraca cobertura do sinal de satélite em espaços interiores, diminui a sua precisão e torna a tecnologia inadequada para obter localização dentro de edifícios.

A companhia Qualcomm [31], desenvolveu um sistema que contornou as limitações para ambientes interiores do GPS convencional. Este sistema, conhecido como A-GPS (Assisted GPS), usa uma técnica de localização com uma precisão entre os 5 e os 50 metros.

### **3.2.2 Rede de Área Local Sem Fios (WLAN)**

IEEE 802.11 é actualmente o padrão dominante das WLAN. Esta tecnologia pode ter um alcance desde 50 até 100 metros. Os sistemas de localização baseados na tecnologia WLAN, utilizam as infraestruturas WLAN existentes no interior de edifícios, acrescentando um servidor para localização. A aplicação deste conceito traduz-se numa redução dos custos de implementação.

A precisão da localização, é baseada na intensidade do sinal WLAN. O qual é afectado por vários elementos que ocorrem em ambientes interiores, tais como a movimentação do corpo humano, a sobreposição dos APs (Access Points) , assim como paredes, portas, entre outros. A precisão dos sistemas de posicionamento WLAN típicos, é aproximadamente de 3 a 30 metros. Com um intervalo de actualização de alguns segundos.

### **3.2.3 Banda Ultra Larga (UWB)**

UWB é baseada no envio de pulsos ultracurtos (normalmente menor que 1ns), com um duty cycle muito pequeno (normalmente 1:1000). No domínio espectral, a tecnologia usa uma largura de banda superior a 500MHz.

Comparando com os sistemas RFID, a localização UWB tem a vantagem de transmitir um sinal sobre múltiplas frequências em simultâneo, desde 3,1 até 10,6 GHz. Também os sinais UWB são transmitidos durante um intervalo de tempo muito menor.

Outro ponto positivo, é o facto da tecnologia UWB poder ser usada próxima de outros sinais de radiofrequência. Sem causar ou sofrer de interferências devido às diferenças nos tipos de sinal e do espectro de rádio usado. Os pulsos de curta duração, característicos desta tecnologia, são fáceis de filtrar de forma a conseguir perceber quais os sinais correctos e quais os que são provenientes de multipath.

Ao mesmo tempo, o sinal passa facilmente através das paredes, dos equipamentos e das roupas. Por outro lado, materiais metálicos e líquidos causam interferência nos sinais UWB.

Resta acrescentar que os sistemas de localização UWB exploram as características de sincronização de tempo da comunicação UWB para garantir uma localização em espaços interiores muito precisa (20 cm).

### **3.2.4 Identificação por Radiofrequência (RFID)**

A tecnologia RFID, está entre as mais populares devido às suas vantagens tais como a taxa de transmissão, a não necessidade de line-of-sight (NLOS), a elevada segurança, o custo e as dimensões reduzidas.

Muitas abordagens têm sido realizadas para obter localização, em espaços interiores, baseada em tecnologias RFID. De uma forma geral, a localização RFID pode ser dividida em duas categorias principais: uma primeira, onde o leitor é o dispositivo a ser localizado e a outra categoria onde é a etiqueta que deverá ser localizada [28][32].

Muitas tentativas foram realizadas para garantir sistemas de localização usando a tecnologia RFID. Estes sistemas têm como principal objectivo assegurar uma elevada precisão. Contudo as diferentes formas conseguidas para esse efeito traduzem-se em custos elevados. O que é também uma consideração a ter na implementação de um sistema deste género.

## **3.3 Técnicas de Localização**

As técnicas que possibilitam a obtenção da localização imediata de um item, são normalmente divididas em três tipos principais de algoritmos. Nomeadamente, triangulação, análise do cenário e proximidade [14][28]. Estes algoritmos serão

vagamente abordados nesta secção.

### **3.3.1 Triangulação**

Os algoritmos de triangulação usam as características geométricas do triângulo, classificadas em duas formas, para estimar a localização do alvo.

Uma das quais, refere-se à técnica trilateração, na qual a distância entre o objecto alvo e a unidade de medida, é usada para estimar a localização do item pretendido. Para o cálculo, este algoritmo considera os parâmetros: tempo de chegada, diferença do tempo de chegada, tempo de voo e força do sinal recebido.

A técnica de angulação é a outra forma de obter a localização do alvo pretendido. Esta técnica usa o ângulo de chegada do sinal.

Estes algoritmos conseguem uma precisão elevada apenas em locais com bastante espaço livre.

### **3.3.2 Análise do Cenário**

Estes algoritmos, por vezes referem-se como técnicas de impressões digitais. Existem dois passos para estimar a localização de um objecto alvo.

Primeiramente, o sinal obtido pelo objecto é medido por uma localização conhecida e armazenada em base de dados, sendo esta informação referida como impressão digital.

A segunda etapa deste processo, é onde a localização do alvo é estimada, combinando os parâmetros do sinal com os já armazenados em base de dados. Desta forma, a localização associada aos dados do alvo que melhor coincidir, é retornada como sendo a localização do objecto.

A precisão da localização aumenta sempre que o intervalo de amostragem espacial, for aceitável na base de dados.

### **3.3.3 Proximidade**

Algoritmos de proximidade, obtêm a informação da localização baseando-se em símbolos relativos. A precisão deste algoritmo depende da densidade de antenas colocadas num determinado cenário, com localização conhecida.

Quando um alvo está ao alcance de uma antena, a sua localização será determinada a partir da antena em questão. Caso o objecto esteja no raio de alcance de mais do que uma antena, a sua localização será a da antena que receber o sinal mais forte.

## **3.4 Sistemas de Localização RFID**

Uma profunda análise aos trabalhos realizados para conseguir localização no interior de edifícios usando RFID, revela que muitos estudos foram feitos de forma a conseguir a precisão e fiabilidade da localização.

### **3.4.1 RFID Activo**

Um sistema conhecido neste tipo de localização RFID, é o sistema LANDMARC [32][33]. É um sistema de localização que usa a tecnologia RFID, para localizar objectos dentro de edifícios. A principal vantagem deste sistema é aumentar a precisão da localização dos alvos, posicionando etiquetas RFID como referência. Estas etiquetas servem como pontos de referência no sistema [32].

O conceito de etiquetas de referência usadas nesta implementação, consegue reduzir o número de leitores usados. Dando ainda assim a garantia de precisão da localização e desta forma reduzir significativamente o custo do sistema [34].

O sistema LANDMARC, foca-se em localizar os objectos pretendidos, comparando a força de sinal detectado pelo leitor, com as etiquetas posicionadas como referência. E assim, perceber qual a localização do objecto, obtendo computacionalmente, a posição real da etiqueta usada com referência.

### **3.4.2 RFID Passivo**

Estudos revelados em [1] e [28], mostram uma forma usada para localizar objectos, ou pessoas móveis, estando estes equipados com uma par de antenas RFID. Neste sistema proposto, as etiquetas passivas são colocadas distribuídas e incorporadas nos objectos ao longo de todo o cenário. Um objecto móvel ou uma pessoa, ao detectar uma determinada etiqueta, e assim atingir a localização

correspondente desta, consegue também perceber a sua posição.

Resultados experimentais feitos a este sistema, sugerem que é possível localizar objectos ou pessoas com precisão, usando tecnologia RFID. Adicionalmente, esta investigação demonstra que este sistema consegue reduzir drasticamente o número de equipamentos necessários para uma localização total.

### **3.5 Problemas de Localização em Espaços Interiores**

A propagação de ondas rádio em ambientes interiores, está sujeita a um grande número de problemas, que afectam o sinal e as condições em que este chega ao receptor. Os factores mais significantes que afectam a propagação das ondas de rádio são: difracção, absorção, dispersão, refracção e reflexão [14][35].

A difracção ocorre quando o caminho desde o emissor até ao receptor é obstruído por superfícies com irregularidades cortantes, capazes de dividir o sinal de rádio. O que resulta em ondas secundárias que se propagam em diferentes direcções.

A absorção dá-se quando o sinal, ao atravessar alguns tipos de materiais, uma porção da sua energia é absorvida. A quantidade do sinal absorvido depende das características do material em questão.

Dispersão, acontece devido à existência de objectos de dimensões comparáveis ao comprimento de onda da radiação, no percurso até ao receptor. Ocorrendo assim um espalhamento do sinal, em diferentes direcções, desviando-se da trajectória pretendida.

O efeito de refracção, num ambiente interior, não é muito relevante. No entanto, uma vez que o sinal atravessa objectos, a refracção ocorre. O que implica uma posição diferente do sinal à saída do objecto, da que seria esperada. Este fenómeno altera desta forma o caminho da onda de rádio.

A reflexão corre quando a onda de rádio incide numa superfície com dimensões muito superiores ao seu comprimento de onda. Exemplos de superfícies onde poderá ocorrer este fenómeno são as paredes, o corpo humano, assim como outras obstruções. Dependendo das características do material, parte da onda de

rádio poderá também ser absorvida.

Como consequência dos factores enunciados, o receptor pode receber múltiplas ondas derivadas de diferentes caminhos, provenientes do emissor.

Cada uma destas radiações caracterizam-se pelas suas próprias amplitudes e fases, e chegarão ao receptor com diferentes atrasos. Sendo o sinal recebido a sobreposição de todas as ondas obtidas. Percebe-se que estes factores originam um grande desafio nos sistemas de localização em espaços interiores.

## **3.6 Aplicações com Encaminhamento**

Vários sectores usam mecanismos para encaminhar e direccionar objectos. Como é o caso do sistema usado pela USPS (United States Postal Service) , para encaminhar correspondência (sistema PARS [36]) . Outro uso comum deste género de sistemas é o encaminhamento de bagagens nos aeroportos. Este último, mais frequente, usa tecnologias RFID. Desta forma será feita uma pequena análise a este sistema adoptado na indústria aérea.

### **Encaminhamento de Bagagens em Aeroportos**

Cerca de dois bilhões de bagagens são enviadas a cada ano pelas companhias aéreas. O mercado neste sector de etiquetas RFID nas bagagens está programado para alcançar os 100 milhões de dólares em 2016 [37].

A tecnologia RFID fornece uma visão em tempo real e precisa do percurso da bagagem ao longo do seu transporte, aumentando a capacidade de triagem e o seu encaminhamento para o destino correcto com mais fiabilidade. Aliás, o objectivo da adopção deste tipo de sistemas é reduzir o número de erros que ocorrem no transporte das bagagens. Ajudando a assegurar que as malas correctas, serão colocadas no avião correcto, no momento certo [38].

Neste tipo de implementações, as etiquetas são fixadas nas bagagens e os leitores RFID são colocados em pontos estratégicos do sistema de transporte de bagagens.

As impressoras RFID, no processo de check-in possibilitam a codificação das

etiquetas RFID, colocadas nas bagagens com as informações requeridas, tais como a informação do voo, as opções de triagem e o número de placa. Desta forma, a partir do momento em que as bagagens são colocadas no sistema de transporte os leitores RFID capturam toda a informação associada à etiqueta.

Com esta informação, é assegurada a entrega das bagagens ao voo correcto. Assim, as malas são direccionadas automaticamente através da triagem adequada, reduzindo a acção humana. Além disso, a tecnologia RFID, proporciona um duplo check-in, accionando alertas, caso a bagagem seja acidentalmente direccionada para um voo errado.

Aqui foi analisado apenas um exemplo de encaminhamento que integra a tecnologia RFID. No entanto, muitas outras aplicações usando encaminhamento RFID existem. Estando as facilidades que esta tecnologia proporciona, a serem analisadas, adivinha-se cada vez mais o uso de RFID para encaminhar objectos, ou mesmo pessoas.

# Capítulo 4

## Sistema de Encaminhamento e Rastreo

Neste capítulo são apresentadas e fundamentadas algumas decisões importantes tomadas para a elaboração do projecto proposto.

É também realizado um estudo aos mecanismos de encaminhamento. Estes mecanismos serão abordados, de forma a argumentar uma decisão, para prover um sistema de encaminhamento de entidades, em ambiente hospitalar.

### 4.1 Mapa do Edifício

Um passo importante na simulação de um sistema é a ilustração do espaço onde será aplicado. Com o cuidado apenas de garantir diferentes situações para a simulação do sistema, como percursos, restrições de acesso e diferentes áreas de circulação de entidades. No entanto não é de maior relevância o rigor arquitectónico da ilustração.

Desta forma foi criada uma planta (figura 4.1) hipotética do cenário proposto no projecto.

Algumas zonas com sentido experimental foram criadas. Podemos verificar, em tons de vermelho uma zona restrita. Esta área serve para, em futuros testes, recriar situações de acesso e de encaminhamento, onde as entidades estão sujeitas a controlos de permissão.



Figura 4.1: Mapa do Hospital

Outra zona de maior importância está representada a azul. Esta área é designada como a recepção do hospital. Onde estará a aplicação gestora de etiquetas RFID.

## 4.2 Sistema de Localização

Após uma profunda análise a todos os conceitos e estudos que servem de apoio à implementação deste sistema, é feita uma análise às características do que será o sistema de localização.

A essência deste sistema, passa por conseguir uma localização fiável. O maior interesse é ter a certeza da localização de um determinado objecto ou pessoa em tempo real. Portanto a precisão ao localizar um alvo, não é o principal objectivo nesta implementação.

Outro parâmetro que condiciona directamente a projecção deste sistema, é o custo de implementação. Percebe-se então que será necessário providenciar um sistema capaz de prover uma localização em tempo real correcta, com um custo

de implementação relativamente baixo.

A contenção de custos, é sempre um grande desafio quando os principais requisitos são fiabilidade e segurança. Tentando contornar este factor, foi pensado implementar dois subsistemas com características distintas, que em conjunto conseguem responder a todos os objectivos do sistema.

Para em uso futuro no relatório é atribuído uma designação a estes dois subsistemas: SOR (Sistema One-Reader) e SMR (Sistema Many-Readers).

#### 4.2.1 Sistema One-Reader (SOR)

Este sistema caracteriza-se pelo uso de um leitor associado às entidades com autorização para esse efeito. Uma outra possibilidade é anexar a alguns equipamentos onde haja necessidade de encaminhamento.

Um sistema possivelmente mais indicado para localização e encaminhamento, como por exemplo, de pacientes em cadeiras de rodas. Onde a cadeira de rodas será provida de um sistema: aplicação mais leitor RFID. Este cenário está representado na figura 4.2.

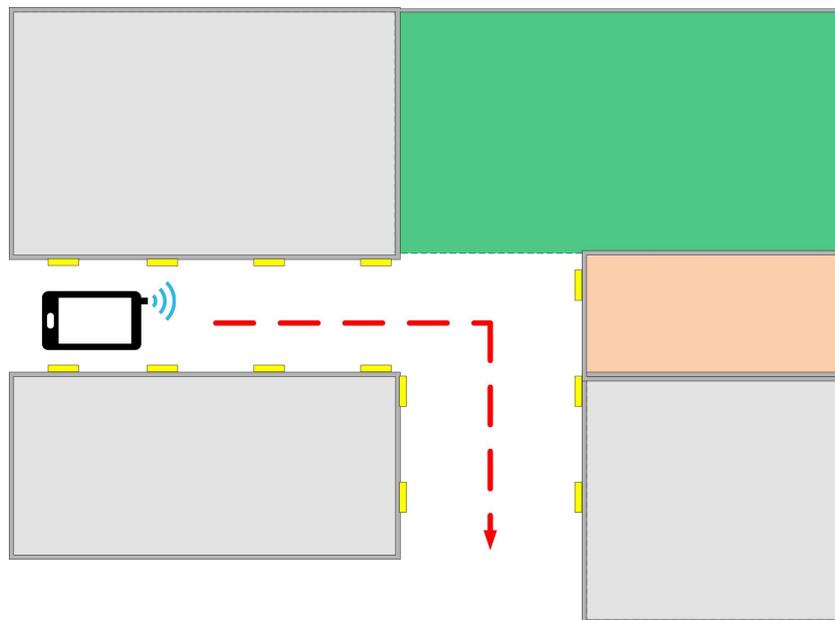


Figura 4.2: Sistema One-Reader

## 4.2.2 Sistema Many-Readers (SMR)

A intenção deste subsistema, é conhecer os passos de cada etiqueta. De forma a que, num preciso momento seja possível saber em que divisão do edifício se encontra. Mesmo não estando ao alcance de nenhum leitor. O que leva à não necessidade de um número elevado de leitores RFID.

Apenas é preciso ter o cuidado de colocar os leitores em pontos estratégicos (figura 4.3). Alás, este é o principal desafio deste sistema. Uma vez que esta distribuição terá uma influência directa no custo e na fiabilidade do sistema.

A forma encontrada para a distribuição dos leitores RFID é demonstrada no capítulo seguinte.

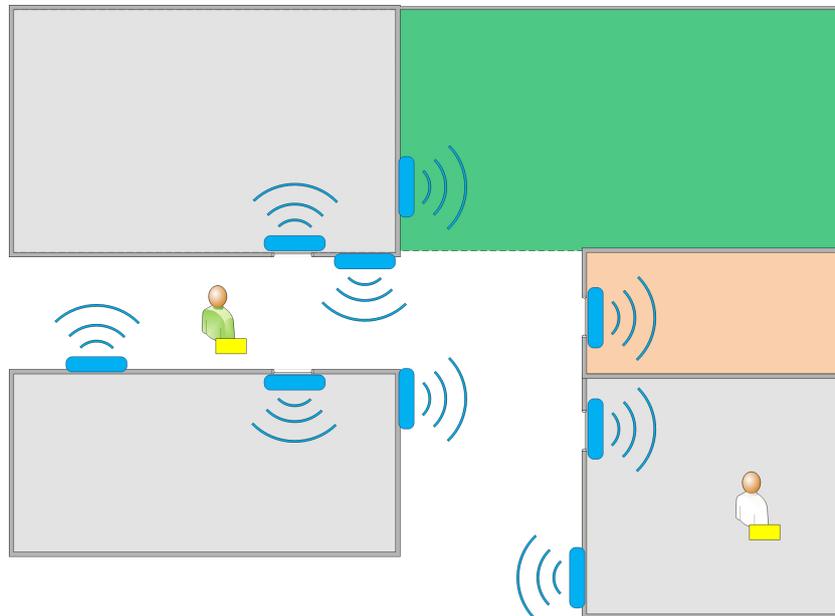


Figura 4.3: Sistema Many-Readers

## 4.3 Sistema de Encaminhamento

Uma das formas de conseguir encaminhamento em locais interiores, usando tecnologias sem fios, é fazendo uma analogia, equiparando o encaminhamento de pessoas ou objectos, ao encaminhamento de tráfego em redes IP. Desta forma é

realizado a seguir uma análise a este tema, abordando os principais protocolos de encaminhamento.

Encaminhamento em redes IP [39], é o acto de mover informação de uma fonte para o destino (figura 4.4). Ao longo do percurso, pelo menos um nó intermédio é normalmente encontrado. Sendo o papel de cada *router* intermédio, passar a informação, até que esta alcance o destino.

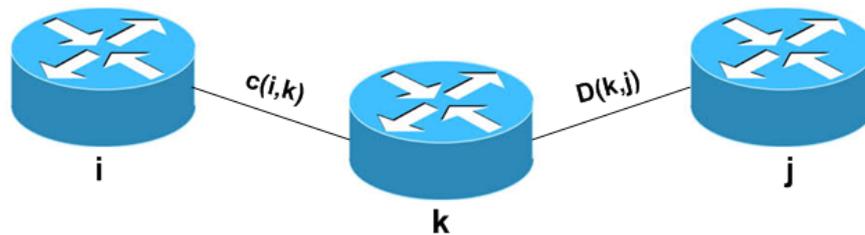


Figura 4.4: Encaminhamento IP

Se o caminho mais curto do nó  $i$  para o nó  $j$ , com a distância de  $D(i, j)$ , e passa pelo router vizinho  $k$ , com o custo de ligação de  $c(i, k)$ , então:

$$D(i, j) = c(i, k) + D(k, j) \quad (4.1)$$

ou

$$D(i, j) = D(i, k) + c(k, j) \quad (4.2)$$

As equações apresentadas, representam o caminho mais curto para os protocolos de encaminhamento Vector Distância (4.1). Ou para protocolos baseados no Estado da Ligação (4.2).

Quando são transmitidos dados de uma determinada localização para outra, os dados são divididos em partes e inseridos em estruturas designadas pacotes IP. Estes, estão divididos em duas áreas, uma área de cabeçalho e outra de dados. Como apresentado na figura 4.5.

O cabeçalho contém informação acerca do IP do nó de origem e de destino. Assim como, números de sequência, e outras informações de controlo.

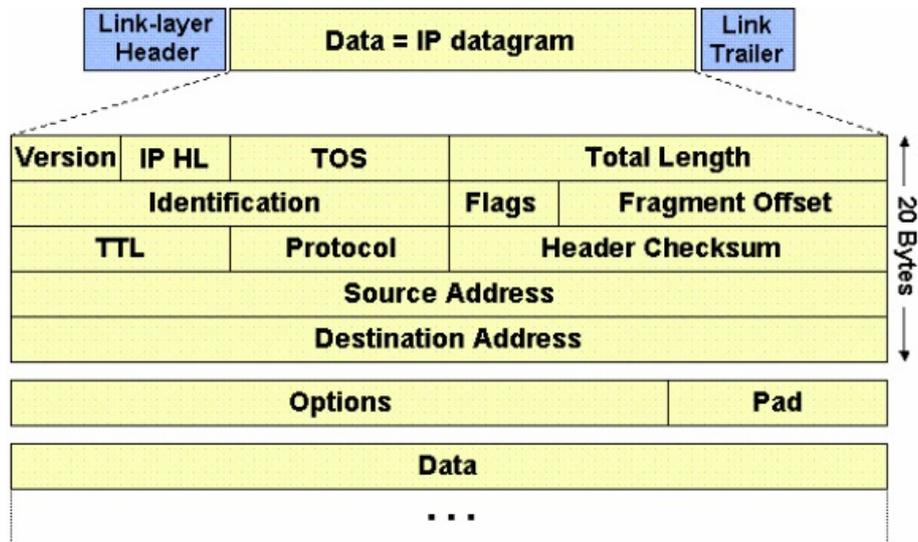


Figura 4.5: Pacote IP [5]

Na área de dados está encapsulado o pacote do nível superior, ou seja um pacote TCP ou UDP.

O endereço IP de destino do pacote de dados, serve para que o *router*, ao consultar a tabela de encaminhamento, tome a decisão da rota pela qual deve encaminhar o tráfego.

Uma vez alcançado o destino pelo pacote IP, o cabeçalho é descartado e as várias partes dos dados tornam-se a juntar para construir a informação original.

### 4.3.1 Protocolos Vector Distância

São baseados em distribuição Bellman-Ford [6]. Cada router mantém um vector distância, que é uma lista do par (distância, custo). A lista contém um par por cada destino.

O *router* periodicamente envia a cópia do seu vector distância para todos os seus vizinhos. Assim quando um router recebe o vector distância dos seus vizinhos, este determina o melhor caminho para o destino.

Existe uma grande variedade de protocolos de encaminhamento vector distância usados hoje em dia na Internet.

RIP (Routing Information Protocol), é um dos protocolos mais básicos baseados neste grupo [40]. IGRP (Interior Gateway Routing Protocol), é outro protocolo bastante comum nesta categoria.

### Algoritmo Bellman-Ford

O algoritmo de Bellman-Ford é um algoritmo que calcula os caminhos mais curtos, a partir de um único nó fonte, para todos os outros nós da rede. É mais lento do que o algoritmo Dijkstra para o mesmo problema, mas é mais versátil, uma vez que é capaz de lidar com grafos em que alguns dos pesos das ligações são números negativos.

Ligações com pesos negativos são encontradas em várias aplicações de grafos, daí a utilidade deste algoritmo. Se um grafo contém um "ciclo negativo", ou seja, um ciclo cuja soma aponta para um valor negativo, então não há caminho mais barato. Porque qualquer caminho poderia tornar-se mais barato, dando mais uma "volta" ao longo do ciclo negativo. Nesse caso, o algoritmo de Bellman-Ford pode detectar ciclos negativos e relatar a sua existência, contudo não é capaz de obter um "shortest path" correcto se um ciclo negativo é acessível a partir da fonte.

Bellman-Ford baseia-se no princípio de relaxamento, ou seja, uma aproximação para a distância correta é gradualmente substituída por valores mais precisos até, eventualmente, atingir a melhor solução.

Neste algoritmo é usada uma matriz ( $d[]$ ), onde são armazenados os comprimentos mínimos deste a fonte  $s$  para os outros vértices. O algoritmo consiste em várias fases. Cada uma das fases, tenta minimizar o valor de cada ligação, substituindo  $d[b]$  por  $d[a] + c$ . Onde  $a$  e  $b$  são vértices do grafo e  $c$  é a ligação entre os mesmos. Assim, para o cálculo de todos os caminhos mais curtos, são necessários  $n - 1$  fases.

O modo de processamento, é apresentado na figura 4.6.

Uma variante distribuída do algoritmo Bellman-Ford é usado em protocolos de encaminhamento vector de distância. O algoritmo é distribuído porque envolve uma série de nós (*routers*) dentro de um AS (Autonomous System).

É constituído pelos seguintes passos:

- Cada nó calcula as distâncias entre si e todos os outros nós dentro do AS e

```

// the distance from start point to itself
d[0] = 0;

for (int i = 0; i < n - 1; i++) {
    for (int j = 0; j < m; j++) {
        // if less than infinity (30000)
        if (d[a[j][0] - 1] < 30000) {
            d[a[j][1] - 1] =
                Math.min(d[a[j][1] - 1], d[a[j][0] - 1] + a[j][2]);
        }
    }
}

```

Figura 4.6: Algoritmo Bellman-Ford [6]

armazena essas informações em forma de uma tabela.

- Cada nó envia a sua tabela para todos os nós vizinhos.
- Quando um nó recebe a tabela de distância dos seus vizinhos, calcula as rotas mais curtas para todos os outros nós. E actualiza a sua própria tabela para reflectir quaisquer alterações.

As principais desvantagens do algoritmo Bellman-Ford nesta configuração são as seguintes:

- Pouco escalável.
- Mudanças na topologia da rede não são reflectidas rapidamente, pois as actualizações são realizadas nó a nó.
- Contagem pode tender para infinito. Uma falha num nó ou numa ligação, pode deixar um nó fora do alcance dos outros. Estes podem passar tempo infinito a estimar a distância para o nó inalcançável. Entretanto, pode dar-se a ocorrência de ciclos.

### 4.3.2 Protocolos de Estado da Ligação

Neste tipo de protocolos, cada nó inunda toda a rede, com a informação do custo das suas ligações. Assim cada nó na rede fica com a informação do custo de ligação acerca da rede inteira. Em seguida é determinado o caminho mais curto, para todos os nós da rede, usando o algoritmo de Dijkstra [41][6].

Protocolos baseados no estado da ligação, são também largamente usados na Internet. O mais comum desta categoria é o OSPF (Open Shortest Path First Protocol) [40]. IS-IS (Intermediate System to Intermediate System) é outro exemplo de protocolos deste tipo.

#### Algoritmo Dijkstra

É um algoritmo de pesquisa de grafos que resolve o problema do *single-source shortest path* num grafo com custos não-negativos, produzindo uma árvore de caminho mais curto. Este algoritmo possibilita encontrar os caminhos mais curtos a partir de uma determinada fonte para todos os pontos do gráfico, ao mesmo tempo. Contudo, também pode ser utilizado para encontrar o caminho mais curto a partir de um único vértice de origem para um destino único, parando o algoritmo no momento em que o caminho mais curto para o vértice pretendido for determinado.

Para cada vértice é determinado o comprimento mínimo do ponto de partida para os outros vértices  $V$  do grafo. O algoritmo pára quando todos os vértices forem visitados. A distância mínima na fonte ( $s$ ) é igual a zero ( $d[s] = 0$ ), no caso dos outros vértices  $v$ , são iguais a infinito ( $d[v] = \infty$ ), o que significa que o comprimento a partir da fonte  $s$  para outros vértices é desconhecido. Para além disso, é necessário saber quais os vértices foram visitados. Para isso, é criada uma matriz ( $u[v]$ ), onde inicialmente estão todos os vértices, distinguidos como não visitados. Assim, o algoritmo Dijkstra termina quando todos os vértices forem visitados. Ou seja ao fim de  $n$  iterações.

Este é o algoritmo mais rápido para encontrar o menor caminho, a partir de uma fonte única e para grafos com pesos não-negativos ilimitados.

O modo de processamento está descrito na figura 4.7.

```
for (int k = 0; k < n; k++) {
    for (int i = 0; i < n; i++) {
        for (int j = 0; j < n; j++) {
            if (d[i][j] > d[i][k] + d[k][j]) {
                /*
                 * d[i][j] - is equal to
                 * the shortest path from i-th to j-th vertices.
                 */
                d[i][j] = d[i][k] + d[k][j];
            }
        }
    }
}
```

Figura 4.7: Algoritmo Dijkstra [6]

### 4.3.3 Vector Distância vs Estado da Ligação

Depois da análise dos dois conjuntos de protocolos, é apresentado na tabela 4.1 uma comparação.

	<b>Vector Distância</b>	<b>Estado da Ligação</b>
<b>Algoritmo</b>	Bellman-Ford	Dijkstra
<b>Escalabilidade</b>	Menor	Maior (suportam um número infinito de saltos)
<b>Métrica</b>	Contagem de saltos e métrica composta	Custo da ligação
<b>Subredes</b>	Suporta subredes contíguas	não Suporta subredes contíguas
<b>Convergência</b>	Lenta	Rápida
<b>Actualização</b>	Periódica	Apenas quando ocorre alteração
<b>Actualização da tabela</b>	Tabela completa	Apenas as alterações

Tabela 4.1: Vector Distância vs Estado da Ligação

## Capítulo 5

# Arquitectura do Sistema de Encaminhamento e Rastreo

Após a análise aprofundada dos principais componentes de um sistema, para suporte à localização, encaminhamento e seguimento de itens auto-identificados em ambiente hospitalar, são apresentadas as especificações de cada um desses elementos.

Este capítulo aborda o sistema em causa e as suas características eminentes, capazes de o levar ao encontro dos objectivos e requisitos propostos.

A primeira etapa é ilustrar a arquitectura do sistema (figura 5.1), de forma a perceber quais os componentes que fazem sentido pertencer ao sistema.

A ideia nesta arquitectura é associar um sistema RFID comum a um sistema de localização e encaminhamento de entidades.

A solução para responder ao conjunto de serviços distinguidos como meta, parte por criar dois subsistemas como podemos perceber pela figura 5.1. Cada um dos subsistemas comunica com uma aplicação servidor, capaz também de facultar todas as necessidades relativas à gestão de etiquetas. Por sua vez, esta aplicação, realiza quando necessário a comunicação com a base de dados, para efeitos de consulta, alteração e mesmo criação de dados.

A criação de dois sistemas distintos, com características um pouco diferentes, conduz a uma maior variedade de serviços para os utilizadores das aplicações.

O subsistema 1, referenciado anteriormente como SMR (Sistema Many-Readers),

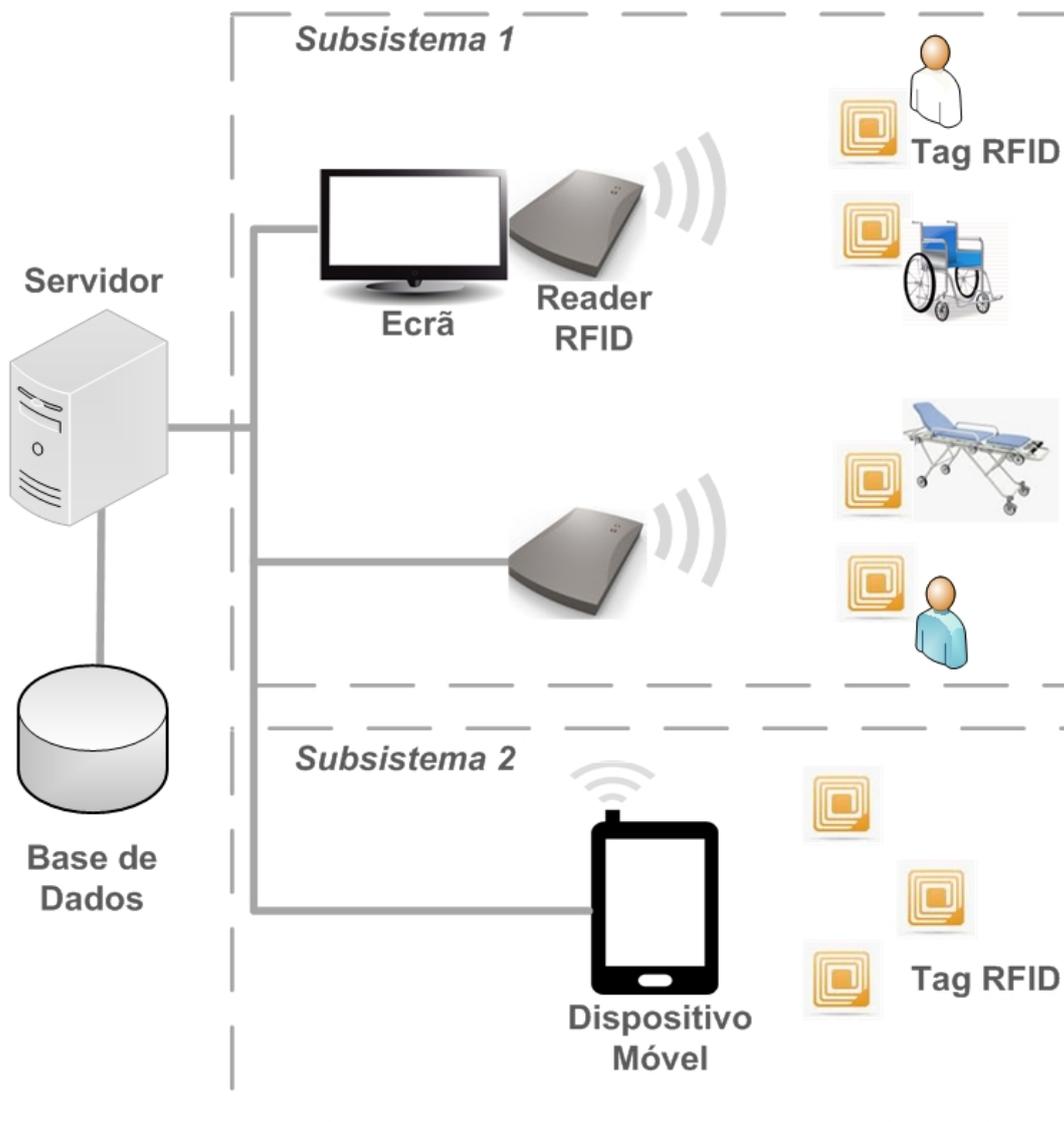


Figura 5.1: Arquitectura do Sistema

diz respeito a um conjunto de leitores distribuídos estrategicamente pelo edifício.

Como podemos verificar pelo desenho da solução da arquitectura, existe um ecrã associado a alguns dos leitores RFID. Este dispositivo, será colocado em alguns pontos do edifício, de forma a possibilitar o encaminhamento relativo dos utilizadores deste serviço. Uma especificação deste sistema, é as etiquetas RFID estarem associadas a objectos, ou mesmo pessoas.

O posicionamento dos leitores RFID pelo edifício, determina o grau de fiabilidade e precisão do sistema. No trabalho em causa, o conceito fiabilidade, será de maior relevância.

Relativamente ao subsistema 2, já mencionado como SOR (Sistema One-Reader), o leitor RFID é incorporado num dispositivo móvel. Este poderá estar associado a uma pessoa, ou mesmo a um equipamento de mobilidade, como por exemplo cadeira de rodas.

Para conseguir o encaminhamento, o sistema utiliza ainda etiquetas de referência, isto é, pelo edifício são colocadas etiquetas RFID passivas, de localização fixa e conhecida. Assim, o equipamento móvel ao detectar uma etiqueta usada como referência, sabe a sua posição. Na medida em que estas etiquetas têm como informação relacionada a sua posição.

## 5.1 Base de Dados

Um componente importante no sistema é a base de dados. Neste servidor de armazenamento estarão contidos todos os dados relativos aos diferentes elementos do sistema. Tais como, informação relativa às etiquetas, registos de movimento e encaminhamento, as diferentes localizações e restrições associadas às mesmas, assim como, os distintos leitores RFID, as suas localizações e leitores vizinhos.

Por questões de segurança, a base de dados é apenas acedida a partir do servidor do sistema. Se uma aplicação, distinguida como aplicação cliente, de qualquer um dos dois subsistemas, necessita consultar ou alterar a informação do sistema de armazenamento, terá que fazer o pedido à aplicação servidor do sistema. Ou seja, não existe comunicação directa entre os serviços distribuídos e a base de dados (figura 5.2).

### Registo de Movimento e Encaminhamento

Neste sistema a segurança, principalmente no que diz respeito a acessos, é uma das prioridades. É guardado em base de dados o registo de movimento para efeitos de segurança e também para suporte ao sistema de encaminhamento e de seguimento de entidades RFID.



Figura 5.2: Processo de consulta da BD

O conceito registo de movimento, designa um conjunto de atributos, associados ao movimento das etiquetas pelo edifício. Ou seja, um histórico de todos os locais que uma determinada etiqueta percorreu. Ainda, junto com essa localização, é necessário armazenar o momento em que isso aconteceu.

*(Etiqueta, Data, Localização)*

Assim como o registo de movimento, o registo de acessos não autorizados, também deve ser levado em conta. Alguns tipos de informação, como o acesso por parte das etiquetas, a espaços não autorizados deve ser armazenado. Juntamente com a data do acesso e a respectiva identificação da etiqueta. Contudo para estes casos, serão gerados alarmes de aviso, no momento do acesso não autorizado.

Outro registo efectuado na base de dados, é o registo de encaminhamento. Este registo é armazenado para que durante o encaminhamento do utilizador, seja possível saber as especificações desse encaminhamento. Esse conhecimento é importante para poder conduzir a entidade para o destino.

Uma entidade ao alcance de um leitor RFID, provido também de um ecrã, necessita ser direccionada para o destino. Para tal, a aplicação local necessita enviar pedidos ao servidor, de forma a obter as informações de encaminhamento. Informações estas, que possibilitam o encaminhamento relativo, da entidade utilizadora da aplicação cliente.

O registo de encaminhamento guarda então para estes efeitos, um conjunto de campos, tais como identificação da etiqueta RFID, data, local de origem e local de destino.

Outro campo armazenado, é o estado. Esta informação é referente ao estado do encaminhamento. Pode ser activo ou inactivo. Desta forma, uma entidade hos-

pitalar só consegue ver o caminho a percorrer, nos ecrãs, se tiver encaminhamento activo. Uma vez que um encaminhamento já não é necessário, deve ser desactivado pelas entidades administradoras.

*(Etiqueta, Data, LocalOrigem, LocalDestino, Estado)*

## 5.2 Gestão de Etiquetas RFID

As etiquetas são geridas a partir da aplicação servidor. Para responder às necessidades do sistema, entende-se que os requisitos quanto à gestão das etiquetas são adicionar, activar e desactivar, localizar, encaminhar e ver informação das etiquetas. Estes serviços estão descritos na tabela 5.1.

### Autenticação do utilizador

Para fins de segurança, o acesso a qualquer serviço de gestão de etiquetas RFID, deve ser autorizado. Portanto, para aceder à aplicação de gestão de etiquetas, é necessário submeter um par *(utilizador, palavra-chave)*. Estes dados devem ser referentes a um utilizador com a permissão necessária para o uso destes serviços. Esta informação, está contida no sistema de armazenamento de dados.

A autenticação de utilizadores, possibilita ainda manter um registo de actividades, associado à conta que estiver conectada.

## 5.3 Restrições de Acesso

O conceito restrições de acesso, é criado de forma a controlar o acesso de etiquetas a zonas não autorizadas.

Contudo, uma restrição de acesso pode ser essencial para fins de encaminhamento, sendo utilizada como uma zona a evitar pela entidade. Como por exemplo, uma cadeira de rodas deverá ter a restrição *"Evitar escada"*. Neste caso, o serviço de encaminhamento tem de ser ajustado, de forma a definir um percurso que não inclua escadas.

Operação	Descrição
Adicionar Etiqueta	Refere-se à inserção de novas etiquetas no sistema. Estas etiquetas associam-se a um tipo de itens
Activar/ Desactivar Etiqueta	É um serviço importante. Possibilita a reutilização de etiquetas e além disso permite um controlo mais preciso das etiquetas autorizadas no sistema. Desta forma um leitor RFID ao detectar uma etiqueta não activa, gera um alarme. Na activação da etiqueta, é associada a esta um novo objecto ou pessoa, e a sua informação relativa
Localizar Etiqueta	Um requisito importante, é saber em tempo real a localização de uma determinada entidade
Encaminhar Etiqueta	O encaminhamento de etiquetas é um serviço em destaque no sistema. Esta função permite encaminhar pessoas pelo edifício. O utilizador deste serviço, pode assim consultar o percurso a seguir até ao destino, usando a aplicação cliente
Ver Informação Etiqueta	Uma vantagem de um sistema RFID, é associar a informação dos itens etiquetados, às próprias etiquetas. Desta forma um serviço importante, na aplicação de gestão de etiquetas é aceder a essa informação

Tabela 5.1: Operações de gestão de Etiquetas RFID

Para conseguir este controlo de movimento, uma restrição, é associada a cada tipo de etiqueta e a cada ligação entre leitores. Se a restrição de uma determinada etiqueta coincidir com a restrição relativa à ligação de um par de leitores, esta etiqueta, ou a pessoa que a transporta, não tem autorização para aceder a essa

área. Como podemos verificar no exemplo abaixo demonstrado:

*(Etiqueta1, "Entrada proibida na sala 3")*  
*(Leitor1, Leitor2, "Entrada proibida na sala 3")*

Em questões de acesso, por vezes o sentido do movimento é importante. Em algumas situações podemos ter áreas, por exemplo, em que existe autorização de entrada mas não há autorização para sair. Desta forma, é necessário ter em consideração a sequência de leitores que vão detectando o item etiquetado.

No exemplo descrito abaixo, podemos perceber que a *etiqueta1*, pode entrar na sala 3 (sentido de *leitor1* para *leitor2*). Contudo não tem permissão para sair da mesma sala (sentido de *leitor2* para *leitor1*).

*(etiqueta1, "Saída proibida da sala 3")*  
*(leitor2, leitor1, "Saída proibida da sala 3")*  
*(leitor1, leitor2, "Entrada proibida na sala 3")*

Podemos saber se uma etiqueta está numa determinada área, com autorização para tal ou não. Contudo, em certos casos não é possível proibir o acesso físico a essa área. Para contornar este facto, ao detectar uma etiqueta em local não autorizado, o sistema gera um alarme como aviso.

## 5.4 Encaminhamento de Etiquetas RFID

O encaminhamento de etiquetas, como já referido, é feito de duas formas. Um dos métodos é utilizar os ecrãs existentes pelo edifício, para consultar o encaminhamento para um determinado local e a partir da localização instantânea. A segunda forma é usar um equipamento móvel, capaz de conduzir o utilizador até ao destino.

A solução encontrada para a prestação do serviço de encaminhamento, é usar o algoritmo Dijkstra, analisado anteriormente. A computação deste algoritmo, requer alguma informação, para poder ser executado e desta forma conseguir o

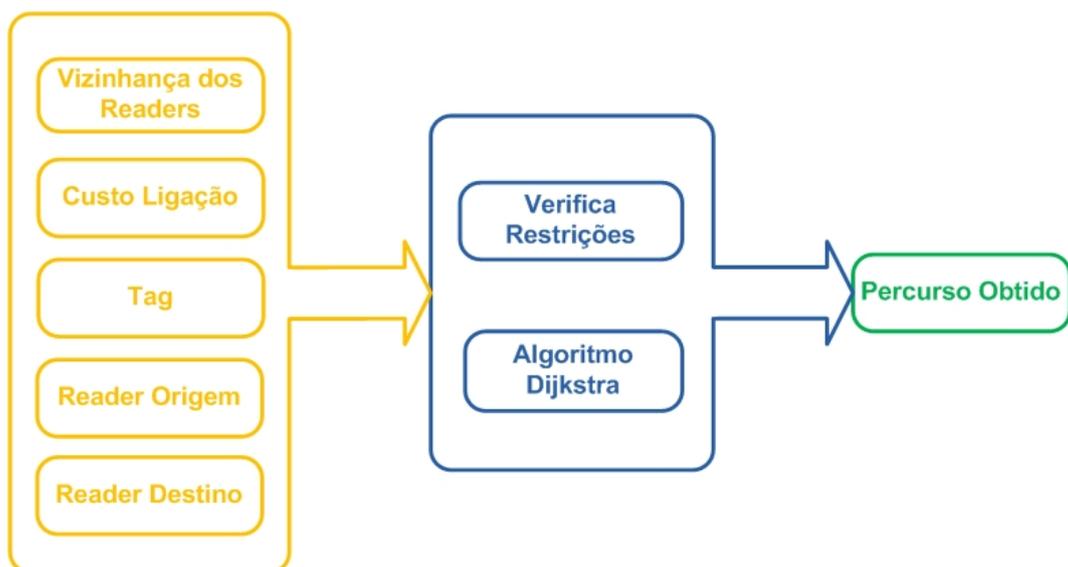


Figura 5.3: Processo de consulta da BD

percurso de encaminhamento. Esta informação e as etapas de processamento para o cálculo do percurso está descrito na figura 5.3.

Consultando a figura podemos perceber que vários parâmetros são necessários neste processo. Os leitores RFID vizinhos, relativos a cada leitor, é uma dessas informações. Que poderá ser consultada na base de dados do sistema, assim como o custo de ligação entre leitores.

Outro parâmetro que é requisito deste processo é a identificação da etiqueta. Esta informação não interfere directamente na execução do algoritmo Dijkstra mas é importante para consultar as restrições de acesso associados à respectiva etiqueta. Assim deve ser englobado no conjunto de informação o EPC da etiqueta, à qual o encaminhamento é referido.

Por último é necessário facultar o leitor de origem e de destino. Como origem, é considerada a localização no momento do encaminhamento, no caso do encaminhamento a pedido da aplicação cliente. No caso do encaminhamento no servidor, a entidade responsável, tem a opção de escolher a origem.

Em relação ao destino, é escolhido pelo utilizador do sistema de gestão de etiquetas, um dos diferentes espaços do edifício.

Após esta informação ser submetida, são verificadas as restrições relativas

à etiqueta, de forma a perceber quais as ligações entre leitores que as satisfazem. Assim, apenas usando essas ligações é calculado o percurso, executando o algoritmo Dijkstra.

Este processo, é capaz de garantir o caminho mais curto desde a origem até ao destino. Acrescentando a devida atenção às políticas de percurso. Isto é, consoante o tipo de entidade e as respectivas restrições é determinada rota mais curta. Evitando as zonas às quais a entidade está restrita.

## 5.5 Distribuição dos Leitores RFID

O posicionamento dos leitores RFID no edifício, é estratégico. De forma a conseguir uma localização de etiquetas eficiente, em todas as portas do edifício serão colocados dois leitores. Um em cada lado da porta, de forma a possibilitar saber se a etiqueta entra ou sai de um determinado local.

Uma outra fase do algoritmo de distribuição de leitores RFID, é colocar no interior de espaços de maior dimensão, mais do que um leitor. Esta medida é tomada de forma a conseguir um pouco mais de precisão na localização de entidades. Como resultado final, teremos uma disposição de leitores RFID, como apresenta a figura 5.4.

Como já referido, associados aos leitores, que estão localizados nos corredores, são colocados ecrãs interactivos. Estes ecrãs são usados para efeito de encaminhamento. Contudo, não é necessário que todos os leitores, localizados nos corredores, possuam um ecrã associado. Desta forma serão apenas colocados, no máximo dois por corredor.

Um dos receios ao dispor os leitores da forma proposta, é o número necessário para preencher todo o edifício. Este número pode transformar-se em custos um pouco mais acrescidos. Seria possível diminuir a quantidade de leitores, contudo poderia resultar numa perda de fiabilidade e segurança.

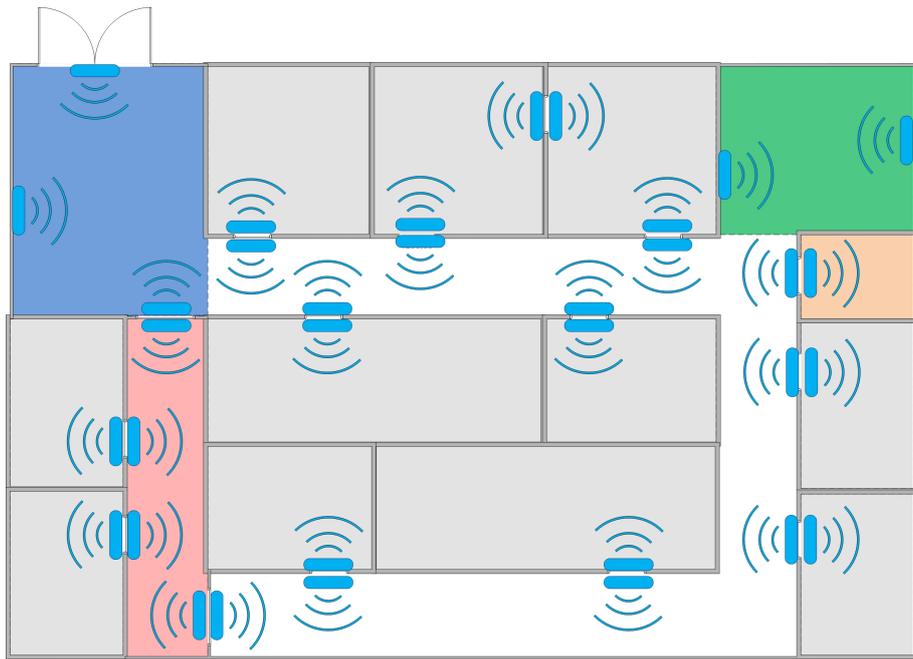


Figura 5.4: Distribuição dos leitores RFID

# Capítulo 6

## Implementação e Resultados Experimentais

Neste capítulo serão abordados os procedimentos realizados para a implementação do sistema proposto. A implementação não recorre inteiramente aos recursos necessários já analisados que constituem a arquitectura deste sistema. No caso, não são usados leitores RFID, nem etiquetas.

No entanto são realizadas simulações, ocasionando diversas situações que poderão ocorrer perante uma sistema deste género.

À apresentação dos passos da implementação, do protótipo do sistema, é acrescentada a documentação dos resultados obtidos. Assim, na segunda parte deste capítulo serão apresentados os resultados, perante alguns testes de maior relevância.

### 6.1 Implementação do Sistema

O desenvolvimento do protótipo referente ao sistema de rastreio de entidades em ambiente hospitalar, é documentado a seguir.

Este protótipo representa apenas uma parte da arquitectura do sistema apresentada. É apenas implementado o sistema SMR (Sistema Many-Readers).

A implementação deste sistema RFID, é constituída por três componentes base distintas: base de dados, aplicação servidor, aplicação cliente. Estes elementos

são analisados durante esta secção. Assim como, as simulações realizada.

As aplicações descritas, foram implementadas na linguagem de programação JAVA. Foi adoptada esta linguagem, devido a algumas das suas características. Como a portabilidade, o que torna possível o mesmo código funcionar em diferentes plataformas. Outra vantagem é a segurança, esta linguagem permite executar programas em diferentes pontos da rede, com restrições de execução.

Quanto à base de dados, foi desenvolvida em MySQL. Esta tecnologia, é conhecida pelo seu desempenho e robustez, assim como por ser multi-tarefa e multi-utilizador. A portabilidade e a compatibilidade, são também vantagens, que fundamentaram a sua escolha.

### 6.1.1 Base de Dados

No modelo relacional da base de dados (figura 6.1), podemos verificar o conjunto de tabelas e as relações entre si. Este modelo foi projectado de forma a responder às especificações do sistema RFID pretendido.

O conjunto de dados ilustrados no modelo referido, é constituído por algumas tabelas com maior importância. Estas são alvo de uma análise mais profunda nesta secção. Assim como as suas relações.

A tabela *Readers*, é o conjunto de dados relativos aos leitores RFID (distinguidos por um número de identificação único), que estão distribuídos pelas diversas divisões do edifício. Associada a cada um dos leitores, está a sua localização.

A informação acerca dos leitores RFID, é de enorme importância em outras tabelas. Como no caso do conjunto de ligações, registadas na tabela *R\_vizinhos*. Esta tabela armazena os dados relativamente às ligações entre dois leitores (juntamente com o custo e restrição). Esta informação é necessária para o controlo de acesso e para o cálculo das rotas, quando é requerido o serviço de encaminhar etiqueta.

*Tags*, é a tabela referente ao grupo de etiquetas RFID. Os dados, armazenados com o EPC da etiqueta são, o seu estado (activa ou inactiva) e o tipo de etiqueta. O tipo de etiqueta RFID, refere-se ao grupo de pessoas ou objectos, ao qual a etiqueta pode ser associada. Relevante será dizer, que a cada tipo é atribuído uma ou mais restrições. Como já foi referido, estas restrições são também associadas.

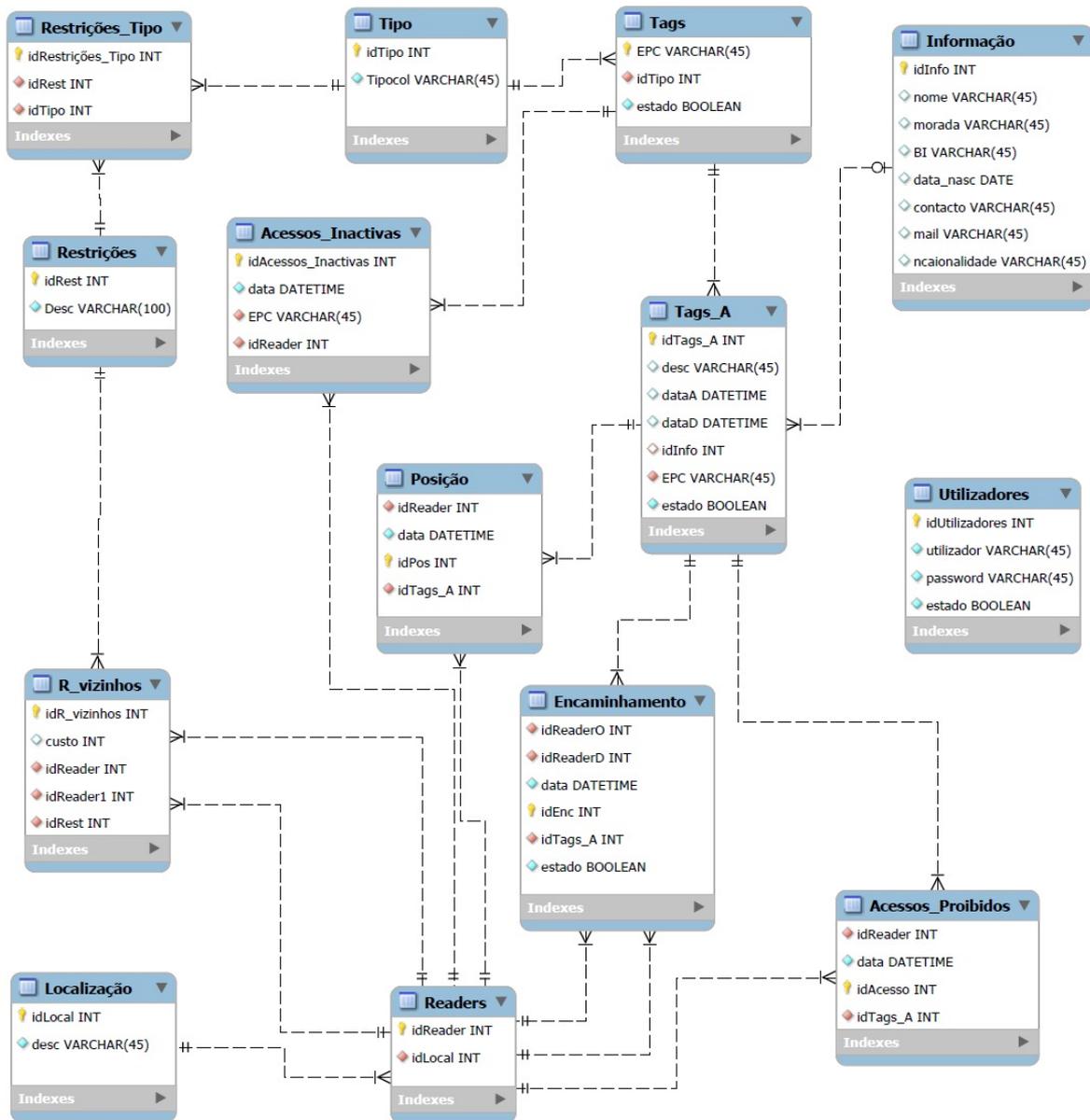


Figura 6.1: Modelo Relacional

adas às ligações entre leitores. Caso a restrição do tipo de etiqueta seja igual à da ligação dos leitores, a etiqueta não tem permissão para percorrer essa área.

O facto de uma etiqueta ser reutilizável, acrescentou a necessidade de criar uma tabela de associação de etiquetas (*Tags\_A*). Esta tabela contém os dados dos itens, aos quais foram associados uma etiqueta RFID.

Este conjunto de dados pode ainda importar um conjunto de informação. Esta informação, tem uma tabela própria, designada *Informação*. Que pretende simular a informação referente às entidades hospitalares, que já deverá existir num sistema de gestão deste tipo.

Foram ainda projectadas tabelas para registo de movimento e encaminhamento. A tabela *Posição*, contém o registo de movimento de uma etiqueta RFID, armazenando a localização e o momento em que é detectada nessa mesma localização.

As tabelas *Acessos\_Inactivas* e *Acessos\_Proibidos*, são idênticas à referida antes. Contudo, estas duas são para registo de movimento, quando a etiqueta está desactivada ou quando não tem permissão de acesso, respectivamente.

Na figura 6.1, é possível distinguir ainda a tabela *Utilizadores*. Este conjunto de dados permite o acesso ao sistema de gestão de etiquetas RFID, ou seja, a aplicação servidor. Todos os utilizadores que tiverem acesso autorizado à aplicação referida, devem ter conhecimento de um par (*utilizador, palavra-chave*) contida nesta tabela.

### 6.1.2 Aplicação Cliente

Esta componente do sistema implementado, é referente à aplicação existente em cada ecrã constituinte do sistema projectado. Como já mencionado, os ecrãs existentes são para fins de encaminhamento e estão associados a alguns leitores.

Um leitor RFID, que tenha um ecrã associado, ao detectar uma etiqueta verifica se esta tem encaminhamento activo. Caso isso se confirme, é apresentado no dispositivo local a informação relacionada com o seu encaminhamento. A forma encontrada de apresentar esta informação, foi criar uma interface gráfica com a localização actual, a localização de destino pretendida e o percurso a seguir (figura 6.2).

A informação apresentada no ecrã, quando um utilizador usa este serviço, é recebida do servidor. Para este processo se verificar, é necessário facultar ao

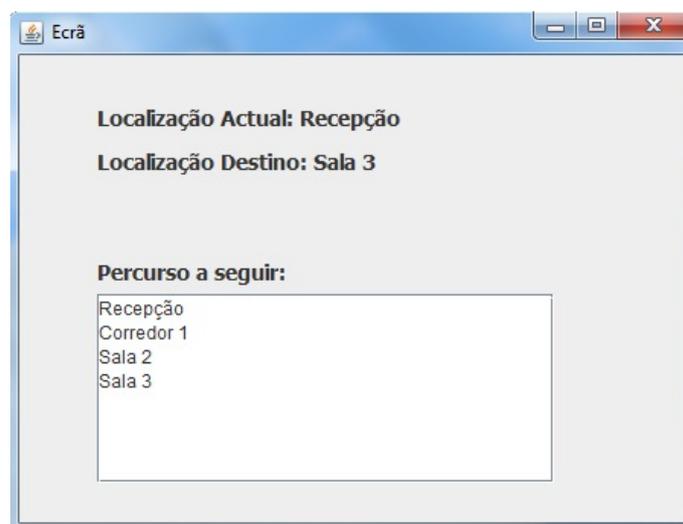


Figura 6.2: Aplicação Cliente

servidor variáveis como a identificação da etiqueta detectada e do leitor que detecta a etiqueta. Assim torna-se possível aceder à informação existente na base de dados do sistema, que permite o encaminhamento relativo da etiqueta RFID.

### **Simulação do Movimento de Etiquetas RFID**

Uma vez que para a implementação, não foi possível usar todos os componentes constituintes de um sistema RFID, ocorreu a necessidade de simular a existência dos mesmos.

Para este efeito, foi desenvolvida uma aplicação de simulação. O primeiro passo é inserir a etiqueta que pretendemos simular. Esta aplicação é também constituída por um desenho do edifício, com os leitores colocados no sítio correcto (ver figura 6.3).

Um click num dos leitores representa a detecção da etiqueta por parte desse leitor. A nova informação de posição, é registada em base de dados por intermédio do servidor. No caso dos leitores que se relacionam com um ecrã, é ainda apresentada a informação de encaminhamento dessa etiqueta (caso esta tenha encaminhamento activo).

Esta simulação do movimento de uma etiqueta RFID, possibilita ainda o

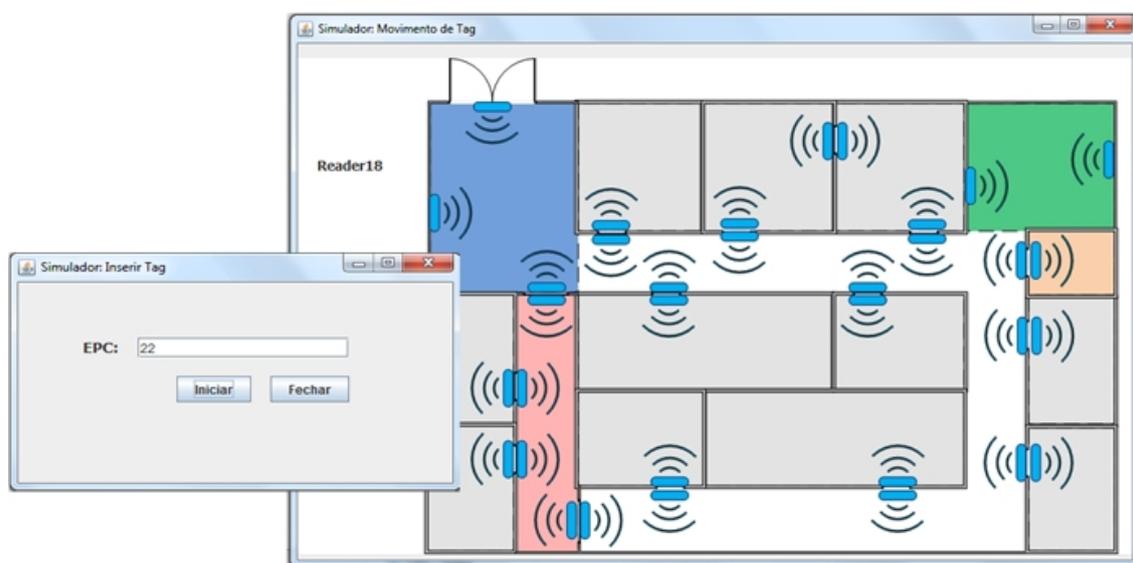


Figura 6.3: Simulador de movimento de etiquetas RFID

controlo de acessos das etiquetas e o controlo de movimento de etiquetas não activas. A detecção de qualquer uma destas situações, é prontamente divulgada ao servidor. Que por sua vez trata de registar em base de dados, usando as tabelas para esse propósito. No seguimento da ocorrência de uma situação de acesso não permitido ou detecção de uma etiqueta inactiva, são geradas notificações de aviso. Como é apresentado na figura 6.4.

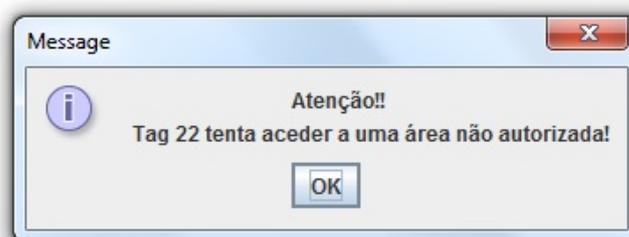


Figura 6.4: Notificação de acesso não permitido

### 6.1.3 Servidor

O servidor do sistema, é constituído por uma aplicação de gestão de etiquetas. Esta aplicação tem também a responsabilidade de prestar os serviços necessários à aplicação implementada no dispositivo local.

É neste componente da arquitectura que é feita toda a gestão de etiquetas RFID. Depois de um utilizador autorizado aceder à aplicação, vários serviços ficam disponíveis para controlo e gestão de etiquetas. Estes serviços são identificados de seguida, mostrando os procedimentos para a implementação dos mesmos.

A aplicação de gestão de etiquetas RFID, está dividida em três menus principais, com diferentes categorias de serviços: Gerir Etiquetas RFID, Gerir Etiquetas RFID Associadas e Encaminhamento de Etiquetas RFID.

#### **Gerir Etiquetas RFID**

Este submenu proporciona ao utilizador da aplicação, serviços de gestão de etiquetas.

Como podemos verificar na figura 6.5, é apresentada uma tabela preenchida com todas as etiquetas existentes no sistema. Diferenciando se estão activas ou inactivas.

A partir das etiquetas apresentadas, ou de uma pesquisa mais precisa, estão diversos serviços disponíveis para cada etiqueta. Tais como localizar etiquetas, activar e desactivar etiquetas, adicionar uma nova etiqueta ao sistema e por fim aceder a todo o histórico de movimento das etiquetas RFID.

#### **Gerir Etiquetas RFID Associadas**

O separador Gerir Etiquetas RFID Associadas, foi criado com o intuito de garantir uma melhor gestão de todas as associações realizadas entre etiquetas e objectos ou pessoas.

Gerir Etiquetas RFID Associadas, é um conjunto de serviços bastante idênticos ao submenu anterior. No entanto, ao verificar a figura 6.6 podemos detectar algumas diferenças. A informação apresentada na tabela, neste caso é relativo às associações de etiquetas. Originando assim outros campos de informação, como ID Associação, Designação, Data Activação e Data Desactivação.

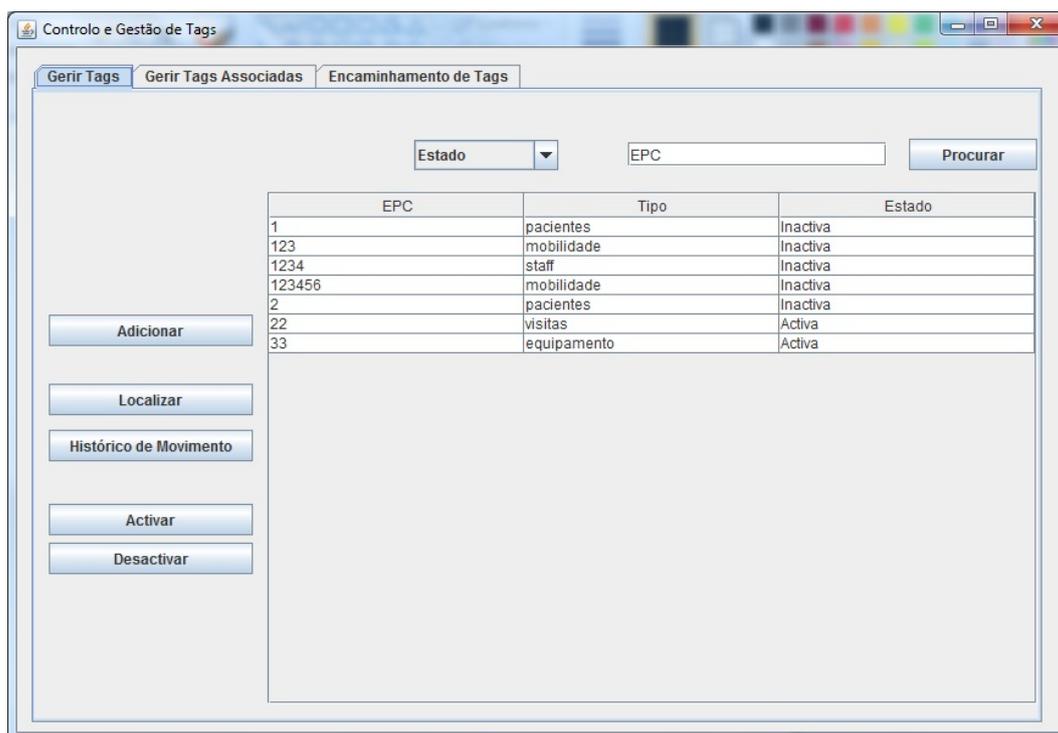


Figura 6.5: Menu: Gerir Etiquetas RFID

Em relação aos serviços apresentados, este separador inclui a possibilidade de consultar toda a informação relativa ao item etiquetado. Ao visualizar esta informação disponibilizada, para além do seu registo de movimento, podemos ainda aceder à sua informação pessoal (no caso de entidades humanas).

### Encaminhamento de Etiquetas RFID

Este submenu (figura 6.7) representa o serviço de encaminhamento de etiquetas RFID.

O encaminhamento de etiquetas, inclui a definição do EPC respectivo, uma origem e um destino. É ainda possível saber o percurso pretendido, apresentado em forma de texto.

Por fim, falta acrescentar que os processos de encaminhamento ficam registados como activos em base de dados, quando executados. Por este motivo, sempre que for requisitado um novo encaminhamento, será necessário em primeiro lugar

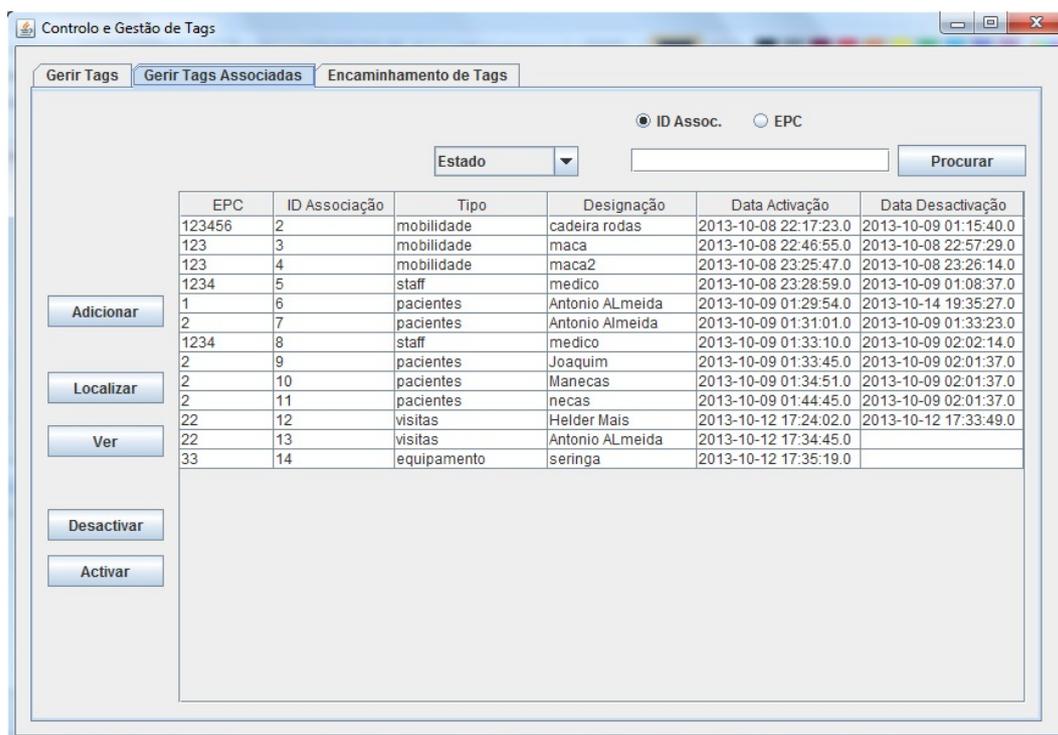


Figura 6.6: Menu: Gerir Etiquetas RFID Associadas

finalizar o processo anterior. Isto implica que sempre que um encaminhamento de entidades já não seja necessário, seja desactivado. Esta função cabe ao utilizador da aplicação servidor.

#### 6.1.4 Comunicação Cliente/ Servidor

A aplicação cliente comunica com o servidor de forma a conseguir a informação necessária, a apresentar aos utilizadores deste serviço. Esta troca de informações entre cliente e servidor é realizada por meio de pedidos por parte da aplicação cliente.

Para distinguir os diferentes tipos de pedidos do cliente, os dados enviados ao servidor, são rotulados com um número de identificação (figura 6.8).

A comunicação entre estas duas componentes, é realizada por meio de uma conexão TCP/IP. Por este motivo foi necessário configurar o endereço IP do servidor, na aplicação cliente.

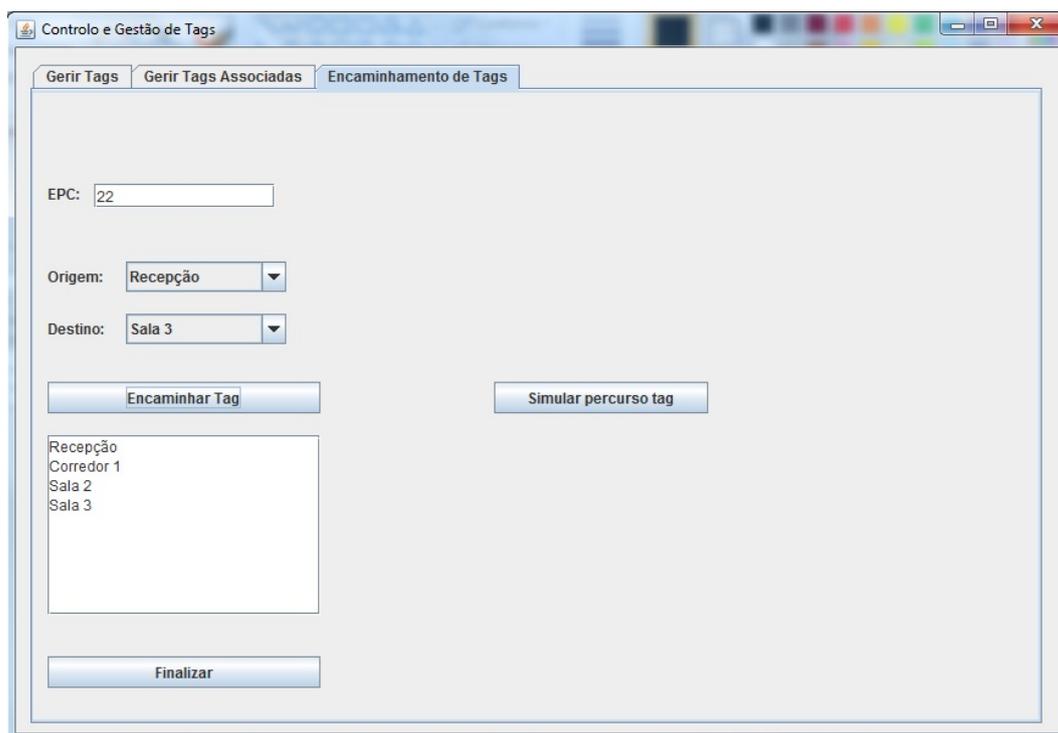


Figura 6.7: Menu: Encaminhamento de Etiquetas RFID



Figura 6.8: Pacote de dados Cliente/ Servidor

## 6.2 Resultados Experimentais

Os principais objectivos deste projecto eram o encaminhamento, seguimento e a localização de entidades. Portanto serão documentados os processos para demonstrar essas metas. Neste capítulo serão, então apresentados os testes efectuados e os resultados que comprovam o funcionamento do sistema após a implementação.

Para tornar possível o teste ao sistema, é necessário criar algumas situações que ocorreriam em serviços de gestão hospitalar. Foi então inserido, como exemplo,

em base de dados alguns tipos de itens que poderiam ser auto-identificados num ambiente hospitalar.

Na tabela 6.1 estão representados e descritos, os tipos de entidades criadas como exemplo e as respectivas restrições. O conteúdo apresentado, é meramente para fins de testes, podendo não conter rigor no que se refere a gestão hospitalar.

### 6.2.1 Sistema de Localização

O processo para obter a localização de um item auto-identificado, já foi apresentado: a última localização conhecida da entidade. Este método, retorna uma localização fiável, apesar de algumas restrições relativamente à precisão. Contudo, a distribuição estratégica dos leitores RFID no espaço hospitalar, possibilita saber com certeza a divisão do edifício em que a etiqueta RFID se encontra.

Na figura 6.9 está apresentado, como exemplo o histórico das posições de uma etiqueta RFID.

Data	- idReader	- Localização
2013-11-01 02:02:37.0	- 23	- Sala 3
2013-11-01 02:02:31.0	- 22	- Sala 3
2013-11-01 02:02:29.0	- 21	- Sala 2
2013-11-01 02:02:27.0	- 20	- Sala 2
2013-11-01 02:02:26.0	- 6	- Corredor 1
2013-11-01 02:02:23.0	- 7	- Corredor 1
2013-11-01 02:02:20.0	- 8	- Corredor 1
2013-11-01 02:02:18.0	- 24	- Área de Lazer
2013-11-01 02:02:16.0	- 25	- Área de Lazer
2013-11-01 02:02:12.0	- 8	- Corredor 1
2013-11-01 02:02:11.0	- 8	- Corredor 1
2013-11-01 02:02:10.0	- 7	- Corredor 1
2013-11-01 02:02:07.0	- 6	- Corredor 1
2013-11-01 02:02:05.0	- 5	- Corredor 1
2013-11-01 02:02:02.0	- 3	- Recepção

Figura 6.9: Registo de Localização

O registo de movimento é armazenado, usando a identificação do leitor RFID e a data em que esse leitor detecta a etiqueta. Podemos verificar que os valores apresentados estão ordenados por data de detecção, de forma a possibilitar saber a

<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Restrição</b>
Mobilidade	Engloba os equipamentos de mobilidade, como cadeiras de rodas e macas	Escadas
Equipamento	Criado para incluir os equipamentos médicos que têm autorização para sair do edifício	Nenhuma restrição
Equipamento 2	Esta é uma segunda classe de equipamentos que não têm permissão para sair do edifício. Inclui por exemplo, equipamentos de elevado custo, mais sujeitos a roubo	Exterior
Staff	Engloba uma categoria de profissionais com permissões de acesso mais restritas	Zonas privadas
Staff 2	Representa uma segunda classe de profissionais, que não são expostos a qualquer restrição	Nenhuma restrição
Paciente	Constitui os pacientes da unidade hospitalar. Como motivo de controlo não têm permissão de sair do edifício	Zonas privadas e Exterior
Visita	Criado para representar uma entidade bastante comum numa unidade de saúde. Como é natural as visitas não têm permissões de acesso a zonas privadas	Zonas privadas
Recém-nascido	Engloba os recém-nascidos. Foi criado de forma a criar situações de controlo da saída da zona de neonatologia	Sair da sala de neonatologia

Tabela 6.1: Tipos e Restrições

última localização. Neste caso a localização da pessoa ou do objecto devidamente etiquetado, seria o registo assinalado a vermelho (figura 6.9).

O resultado desta verificação de posição é apresentado, indicando a divisão do edifício relativo ao último leitor RFID (cada leitor tem uma localização associada), que teve a etiqueta ao seu alcance. Como podemos verificar na figura 6.10, apresentada como exemplo.

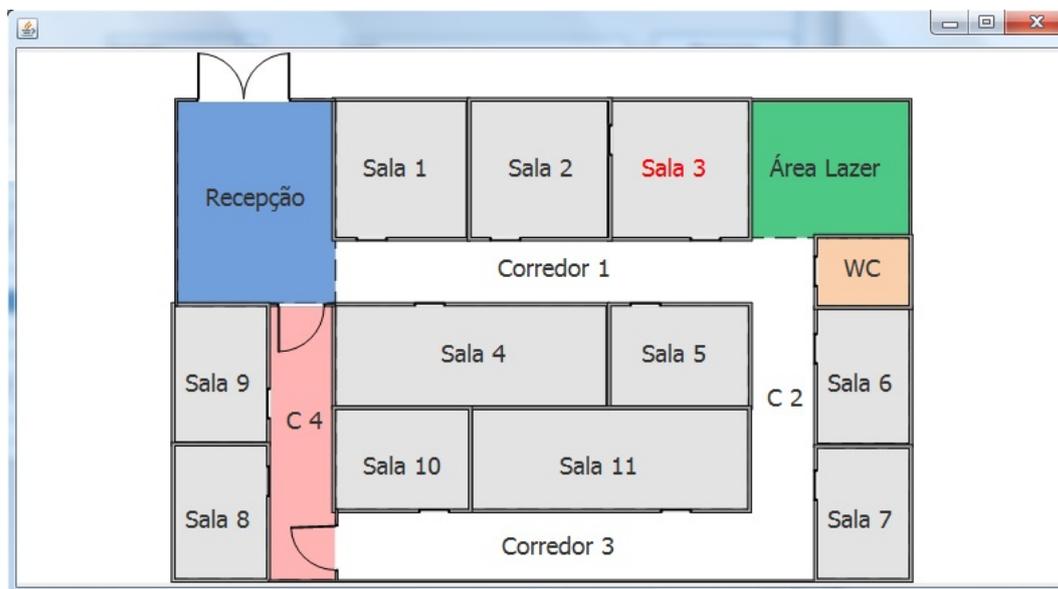


Figura 6.10: Verificação da Localização

### 6.2.2 Controlo de Movimento

O controlo de acesso é um ponto de grande importância num sistema deste género. Este controlo, é um método de aumentar a segurança, que por sua vez é um conceito intrínseco a um hospital.

De forma a testar o acesso a áreas não permitidas, foi criada uma entidade do tipo *Visita*. De seguida é efectuado o percurso até ao corredor 4 (área restrita assinalada na figura 6.10).

Com o registo de movimento, apresentado na figura 6.11, para além da última posição da etiqueta, podemos também saber o percurso efectuado por esta. Desta forma, sempre que uma etiqueta RFID é detectada por um leitor, é verificado o leitor anterior que teve essa etiqueta ao seu alcance.

Data	- idReader	- Localização
2013-10-23 16:11:05.0	- 18	- Corredor 4
2013-10-23 16:10:47.0	- 3	- Recepção
2013-10-23 16:10:45.0	- 5	- Corredor 1
2013-10-23 16:10:44.0	- 6	- Corredor 1
2013-10-23 16:10:42.0	- 3	- Recepção
2013-10-23 16:07:16.0	- 2	- Recepção

Figura 6.11: Acesso à Zona Privada

De seguida é analisada a ligação (armazenada em base de dados) e verificada a restrição associada a esta. Neste caso particular, a ligação entre o leitor 3 e o 18, tem uma restrição de "Zona Privada". O que implica que a etiqueta analisada no momento, não tem permissão completar essa ligação. Então ao ser detectada pelo leitor 3 e de seguida pelo leitor com número de identificação 18, é gerado um aviso de acesso não permitido.

### 6.2.3 Sistema de Encaminhamento

Para testar o encaminhamento, é inicialmente usada a etiqueta do tipo *Visita*, utilizada nos testes anteriores. Como exemplo, será efectuado um encaminhamento com origem na *Recepção* e destino na *Sala 10* (figura 6.10).

A figura 6.12 representa o percurso que uma etiqueta deste tipo tem de realizar para atingir o destino combinado. Analisando mais uma vez a figura 6.10, é facilmente perceptível que a etiqueta é encaminhada por uma rota que não será a mais curta. Isto acontece porque esta etiqueta RFID deve evitar a "Zona Privada".

De seguida será inserida uma etiqueta do tipo *Staff 2*, visto que não está sujeita a qualquer restrição. Assim, é possível comparar os dois percursos determinados pelo serviço de encaminhamento.

A informação apresentada na figura 6.13 mostra então que a etiqueta, é encaminhada por um percurso diferente da etiqueta anterior. Não estando esta etiqueta RFID, sujeita à restrição de evitar a área privada, o percurso pode ser

```

Distance to 30: 12.0
Path: [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 30]
idReader - Localização
1      - Recepção
3      - Recepção
4      - Corredor 1
5      - Corredor 1
6      - Corredor 1
7      - Corredor 1
8      - Corredor 1
9      - Corredor 2
10     - Corredor 2
11     - Corredor 2
12     - Corredor 3
13     - Corredor 3
30     - Sala 10

```

Figura 6.12: Encaminhamento de uma etiqueta RFID *Visita*

```

Distance to 30: 8.0
Path: [1, 3, 18, 17, 16, 15, 14, 13, 30]
idReader - Localização
1      - Recepção
3      - Recepção
18     - Corredor 4
17     - Corredor 4
16     - Corredor 4
15     - Corredor 4
14     - Corredor 3
13     - Corredor 3
30     - Sala 10

```

Figura 6.13: Encaminhamento de uma etiqueta RFID *Staff 2*

efectuado usando essa mesma zona.

Ambas as etiquetas, necessitam de ultrapassar um número considerável de leitores RFID para atingir o destino pretendido. Contudo uma divisão do edifício contém mais de um leitor. Sendo assim é feito um ajuste à informação de encami-

nhamento apresentada: é usada a localização do leitor (e não o id), retirando as repetições.

Um exemplo dessa simplificação é mostrado na figura 6.14. O percurso apresentado é referente à etiqueta do tipo *Visita*, com a mesma origem e o mesmo destino.

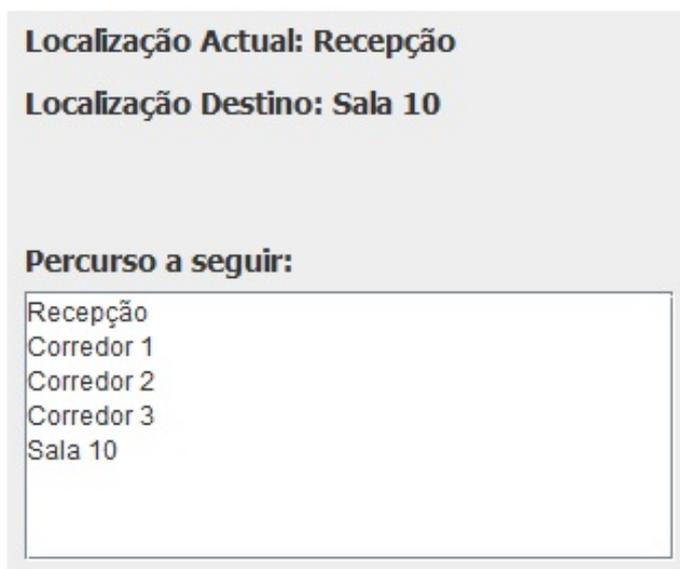


Figura 6.14: Apresentação do percurso de encaminhamento

# Capítulo 7

## Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste capítulo são realizadas as conclusões desta dissertação. É feita uma análise aos principais objectivos, abordando os que foram atingidos. Também documentados os que, por algumas limitações, não foram alcançados e que poderiam ser em trabalhos futuros.

A implementação de um sistema RFID para localização, seguimento e encaminhamento de entidades num sistema de saúde requer um largo conjunto de serviços. Serviços capazes de contornar os problemas aos quais um ambiente deste género está sujeito. Problemas como segurança (tanto quanto aos dados ou mesmo a bens físicos), respostas em tempo real, localização fiável, controlo de acessos ou até na gestão de entidades.

O sistema analisado e implementado, focou-se principalmente em garantir localização fiável (pondo de parte a relevância da precisão), encaminhamento em tempo real e controlo de acessos. Acrescentando ainda a dificuldade, de prover todos estes serviços, com custos de implementação relativamente baixos, e com um certo nível de segurança.

A implementação desenvolvida, centrou-se apenas num subsistema apresentado na arquitectura proposta. Um sistema de localização e encaminhamento onde são usados leitores distribuídos estrategicamente, e as etiquetas são anexadas às pessoas e objectos. Foi deixado assim de lado, quanto à implementação uma parte da arquitectura. Isto é, o sistema de encaminhamento onde são usadas etiquetas como referência, e as pessoas ou objectos são providas de um dispositivo móvel.

Esta decisão deve-se a este ser um sistema já abordado em outros trabalhos, como referido no capítulo Localização e Encaminhamento em Espaços Interiores.

A distribuição dos leitores RFID proposta neste relatório, garante uma localização fiável e em tempo real. No entanto, o sistema não tem a capacidade de detectar o posicionamento das etiquetas com elevada precisão. Este conceito pode ser conseguido, aumentando o número de leitores no edifício hospitalar. Mas como consequência, os custos aumentarão, não respondendo aos interesses deste sistema. Por sinal, o contrário também é válido: diminuindo o número de leitores RFID, os custos de implementação decrescem, assim como a precisão da localização.

O protótipo apresentando engloba também o conjunto de tarefas capazes de encaminhar entidades hospitalares. Tanto a partir da aplicação servidor, como em pontos intermédios, por meio de ecrãs.

O encaminhamento de entidades garante o melhor caminho até à localização de destino, reagindo à aplicação de políticas no percurso. Contudo, a apresentação dos resultados não é a mais indicada: apresenta apenas as divisões do edifício pelas quais a entidade deve seguir.

Um sistema RFID como o analisado nesta dissertação, não tem por si só a capacidade de proibir entidades de aceder a certas áreas. O interesse nestes sistemas é controlar esses acessos, alertando as entidades administrativa desse acontecimento. Portanto o rol de restrições propostas em conjunto com o serviço de localização em tempo real, possibilita controlar a entrada, ou mesmo saída de algumas zonas.

Foi ainda elaborado um serviço de gestão de itens auto-identificados, capaz de associar cada etiqueta a um conjunto de informação. O que torna possível o acesso pormenorizado, à informação pessoal ou relativa a dados de controlo e manutenção de objectos.

A segurança desta informação, é uma questão central em ambiente hospitalar. Para esse efeito, a informação relativa a cada etiqueta, é armazenada num servidor específico e isolado do resto do sistema. Pode-se acrescentar que esta informação só pode ser consultada por intermédio da aplicação servidor. Este conjunto de medidas aumenta a segurança dos dados armazenados.

Devido a limitações de disponibilidade de material não foi possível testar alguns dos componentes analisados ao longo deste relatório. Em particular, leitores

e etiquetas RFID. O uso destes elementos tornaria os resultados apresentados mais fiáveis. Contudo, para contornar essa limitação, foram realizadas simulações que permitiram a prova do conceito.

O protótipo apresentado, responde aos principais objectivos propostos. Contudo, surgem questões relativas ao que seria o uso de leitores e etiquetas RFID. De facto seria interessante desenvolver no futuro um protótipo, usando esses componentes para teste. O que possibilitaria o alcance de alguns problemas ou mesmo melhorias em relação ao protótipo proposto.

O teste usando os componentes mencionados, num laboratório seria um dos principais objectivo a incluir, quanto a trabalhos futuros.

Outro ponto interessante, seria realizar alguns testes no ambiente em que este trabalho propõe. Isto é, definir e testar um piloto em ambiente hospitalar. O que ajudaria a concluir algumas medidas, quanto às características intrínsecas duma zona hospitalar.

Outros conceitos poderiam ser incluídos em trabalhos futuros. O encaminhamento de entidades, está incluído nessa lista. Aqui o objectivo seria encontrar um forma de apresentar o percurso, mais interessante. Este conceito incluiria uma interface de utilizador bastante melhorada.

A aplicação de gestão também pode ser levada em consideração, para trabalhos futuros. Muitos outros serviços podem ser incluídos e a interface de utilizador pode ser melhorada. Este sistema de gestão poderá ainda ser integrado num sistema de gestão hospitalar, verificando os testes e percebendo a flexibilidade de um sistema deste género.

Como pudemos verificar ao longo deste documento, a privacidade das entidades hospitalares é de elevada importância. Seria interessante em trabalhos futuros incluir uma análise, bastante mais profunda, desta característica.

# Referências

- [1] D. Hahnel, W. Burgard, D. Fox, K. Fishkin, and M. Philipose, “Mapping and localization with rfid technology,” in *Robotics and Automation, 2004. Proceedings. ICRA '04. 2004 IEEE International Conference on*, vol. 1, pp. 1015–1020 Vol.1, 2004.
- [2] A. Rawal, “Rfid: The next generation auto-id technology,” <http://www.microwavejournal.com/articles/7632-rfid-the-next-generation-auto-id-technology>, 2009 , (Acedido: 10/09./2013).
- [3] D. Evans, “The internet of things how the next evolution of the internet is changing everything,” *Cisco IBSG*, 2011.
- [4] A. Ahmed, N. Ehsan, E. Mirza, S. Awan, and A. Ishaque, “Information technology: A means of quality in healthcare,” in *Computer Science and Information Technology (ICCSIT), 2010 3rd IEEE International Conference on*, vol. 9, pp. 26–30, 2010.
- [5] “Resolve ip fragmentation, mtu, mss, and pmtud issues with gre and ipsec,” <http://www.cisco.com>, (Acedido: 08/10/2013).
- [6] H. M. J. Kairanbay Magzhan, “A review and evaluations of shortest path algorithms,” *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH*, vol. 2, no. 6, 2013.
- [7] R. Smith, “Rfid: A brief technology analysis,” 2004.
- [8] M. Sharma and A. Siddiqui, “Rfid based mobiles: Next generation applications,” in *Information Management and Engineering (ICIME), 2010 The 2nd IEEE International Conference on*, pp. 523–526, 2010.

- [9] I. Laranjo, J. Macedo, and A. Santos, “Internet of things for medication control: Service implementation and testing,” *Procedia Technology*, vol. 5, no. 0, pp. 777 – 786, 2012.
- [10] L. Tan and N. Wang, “Future internet: The internet of things,” in *Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), 2010 3rd International Conference on*, vol. 5, pp. V5–376–V5–380, 2010.
- [11] M. Wu, T.-J. Lu, F.-Y. Ling, J. Sun, and H.-Y. Du, “Research on the architecture of internet of things,” in *Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), 2010 3rd International Conference on*, vol. 5, pp. V5–484–V5–487, 2010.
- [12] MOTOROLA, “Rfid solutions for healthcare reducing costs and improving operational efficiency,” 2011.
- [13] W. Yao, C.-H. Chu, and Z. Li, “The use of rfid in healthcare: Benefits and barriers,” in *RFID-Technology and Applications (RFID-TA), 2010 IEEE International Conference on*, pp. 128–134, 2010.
- [14] M. Bouet and A. dos Santos, “Rfid tags: Positioning principles and localization techniques,” in *Wireless Days, 2008. WD '08. 1st IFIP*, pp. 1–5, 2008.
- [15] A. Lahtela, M. Hassinen, and V. Jylha, “Rfid and nfc in healthcare: Safety of hospitals medication care,” in *Pervasive Computing Technologies for Healthcare, 2008. PervasiveHealth 2008. Second International Conference on*, pp. 241–244, 2008.
- [16] “About near field communication,” <http://www.nearfieldcommunication.org/about-nfc.html>, (Acedido: 12/04/2013).
- [17] P. I. Prata, “Sistemas de localização para ambientes interiores baseados em rfid,” Universidade de Aveiro, Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática, 2008.
- [18] M. Helmus, “Application fields of rfid in health safety and environment management,” in *RFID Eurasia, 2007 1st Annual*, pp. 1–3, 2007.

- [19] L. Coetzee and J. Eksteen, “The internet of things - promise for the future? an introduction,” in *IST-Africa Conference Proceedings, 2011*, pp. 1–9, 2011.
- [20] P. Patel, A. Pathak, T. Teixeira, and V. Issarny, “Towards application development for the internet of things,” *ACM/IFIP/USENIX 12th International Middleware Conference (2011)*, 2011.
- [21] D. Bandyopadhyay and J. Sen, “Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization,” *CoRR*, vol. abs/1105.1693, 2011.
- [22] N. Sharma, L. Perniu, R. F. Chong, A. Iyer, C. Nandan, A.-C. Mitea, M. Nonvinkere, and M. Danubianu, *Database Fundamentals*, vol. 1. IBM Corporation, 2010.
- [23] R. Elmasri and S. Navathe, *Fundamentals of Database Systems*. Prentice Hall International, 6 ed., 2010.
- [24] J. M. Hellerstein, M. Stonebraker, and J. R. Hamilton, “Architecture of a database system,” *Foundations and Trends in Databases*, vol. 1, no. 2, pp. 141–259, 2007.
- [25] C.-H. Kuo and H.-G. Chen, “The critical issues about deploying rfid in healthcare industry by service perspective,” in *Hawaii International Conference on System Sciences, Proceedings of the 41st Annual*, pp. 111–111, 2008.
- [26] C.-L. Lai, S.-W. Chien, L.-H. Chang, S.-C. Chen, and K. Fang, “Enhancing medication safety and healthcare for inpatients using rfid,” in *Management of Engineering and Technology, Portland International Center for*, pp. 2783–2790, 2007.
- [27] A. Lahtela, “A short overview of the rfid technology in healthcare,” in *Systems and Networks Communications, 2009. ICSNC '09. Fourth International Conference on*, pp. 165–169, 2009.
- [28] D. Boontraai, T. Jingwangsa, and P. Cherntanomwong, “Indoor localization technique using passive rfid tags,” in *Communications and Information Technology, 2009. ISCIT 2009. 9th International Symposium on*, pp. 922–926, 2009.

- [29] A. Polycarpou, G. Gregoriou, L. Papaloizou, P. Polycarpou, A. Dimitriou, A. Bletsas, and J. Sahalos, “A healthcare application based on passive uhf rfid technology,” in *Antennas and Propagation (EUCAP), Proceedings of the 5th European Conference on*, pp. 2814–2818, 2011.
- [30] H. Liu, H. Darabi, P. Banerjee, and J. Liu, “Survey of wireless indoor positioning techniques and systems,” *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on*, vol. 37, no. 6, pp. 1067–1080, 2007.
- [31] “More about qualcomm,” <http://www.qualcomm.com/>, (Acedido: 09/05/2013).
- [32] L. Ni, Y. Liu, Y. C. Lau, and A. Patil, “Landmarc: indoor location sensing using active rfid,” in *Pervasive Computing and Communications, 2003. (PerCom 2003). Proceedings of the First IEEE International Conference on*, pp. 407–415, 2003.
- [33] Y. Zhao, Y. Liu, and L. Ni, “Vire: Active rfid-based localization using virtual reference elimination,” in *Parallel Processing, 2007. ICPP 2007. International Conference on*, pp. 56–56, 2007.
- [34] G. yao Jin, X.-Y. Lu, and M.-S. Park, “An indoor localization mechanism using active rfid tag,” in *Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing, 2006. IEEE International Conference on*, vol. 1, pp. 4 pp.–, 2006.
- [35] D. Gupta, “Wlan signal characteristics in an indoor environment – an analytic model and experiments,” 2005.
- [36] “Postal automated redirection system (pars),” <http://saal-apwu.org/automation/pars.html>, (Acedido: 05/09/2013).
- [37] T. Zhang, Y. Ouyang, and Y. He, “Traceable air baggage handling system based on rfid tags in the airport,” *J. Theor. Appl. Electron. Commer. Res.*, vol. 3, no. 1, pp. 106–115, 2008.
- [38] Motorola, “Industry brief: Baggage tracking rfid solutions,” Motorola, Inc., 2009.

- [39] “Internetworking technology handbook: Routing,” <http://docwiki.cisco.com/>, (Acedido: 06/07/2013).
- [40] A. U. Shankar, C. Alaettinoglu, I. Matta, and K. Dussa-zieger, “Performance comparison of routing protocols using mars: Distance-vector versus link-state,” 1992.
- [41] J. Arakaki, “Algoritmo de dijkstra, grafo ponderado,” in <http://www.pucsp.br/jarakaki/grafos/Dijkstra.pdf>, (Acedido: 07/10/2013).