

Mestrado em Sistema de Informação e Multimédia

3SLIM:

**Sistema Simplificado Sensível à Localização por
IMagem**

Rosa Maria Gomes Afonso

Universidade Fernando Pessoa

Porto, Julho de 2008



Universidade Fernando Pessoa
Praça 9 de Abril, 349
P-4249-004 Porto
Tel. +351-22550.82.70
Fax. +351-22550.82.69
geral@ufp.pt

Mestrado em Sistema de Informação e Multimédia

3SLIM:

Sistema Simplificado Sensível à Localização por Imagem.

Rosa Maria Gomes Afonso

Universidade Fernando Pessoa

Porto, Julho de 2008



Universidade Fernando Pessoa
Praça 9 de Abril, 349
P-4249-004 Porto
Tel. +351-22550.82.70
Fax. +351-22550.82.69
geral@ufp.pt

Resumo

O crescente interesse na mobilidade dos utilizadores e no posicionamento de objectos justifica o estudo aprofundado das potencialidades e das funcionalidades das aplicações sensíveis à localização. Neste trabalho, pretendeu-se desenhar uma proposta de arquitectura para um sistema cuja informação apresentada é filtrada com base na localização dos utilizadores e dos objectos sobre os quais se pretende obter essa informação.

As aplicações sensíveis ao contexto e à localização são cada vez mais comuns. As tecnologias utilizadas por estes sistemas (e.g., receptores GPS, células GSM, sensores de ultrasons, redes de sensores, etiquetas RFID etc.) são, no entanto, onerosas, por vezes difíceis de manipular e distribuir e inadequadas a uma utilização diária permanente. Assim, pretendeu-se neste trabalho definir um sistema capaz de determinar a localização e disponibilizar informação pertinente à localização dos utilizadores, com base em dispositivos móveis disponíveis no dia-a-dia. A aquisição destes dispositivos móveis não requer um esforço financeiro elevado nem um esforço cognitivo extra de manipulação por parte do utilizador final. Este sistema, poderá ser aplicado para fornecer informação contextualizada pela localização tanto dos utilizadores como dos objectos que o rodeiam, por exemplo, durante uma aula de campo ou uma visita de estudo a um parque.

Resumindo, neste trabalho, propoemo-nos estudar, desenvolver e avaliar a usabilidade de um Sistema Simplificado Sensível à Localização por IMagem (3SLIM), i.e., um sistema de informação contextualizado pela localização dos seus utilizadores, onde a localização é obtida por meios técnicos económicos. Pretende-se tirar proveito dos dispositivos móveis (e.g., telemóveis, PDA's, etc.) e das tecnologias sem fios actuais, cujo uso se está a vulgarizar e que permitem o acesso fácil e ubíquo à informação. Foram identificados os principais componentes da arquitectura, os seus módulos aplicativos, as interfaces a desenvolver bem como os modelos de dados de suporte. Fez-se ainda uma análise e uma comparação, no contexto da aplicação desta arquitectura, de soluções e tecnologias alternativas adoptadas em sistemas similares. Finalmente, avaliou-se a usabilidade do sistema proposto, aplicando-o

numa visita a um parque biológico enriquecida por conteúdos virtuais disponibilizados para cada localização ou ponto de interesse específico.

Résumé

Le croissant intérêt relatif à la mobilité des utilisateurs et au positionnement d'objets justifie l'étude approfondie des potentialités et des fonctionnalités des applications sensibles à la localisation. Ce travail prétend dessiner une proposition d'architecture pour un système dont l'information présentée et filtrée aura pour base la localisation des utilisateurs et des objets considérés.

Les applications sensibles au contexte et à la localisation sont de plus en plus vulgaires. Les technologies utilisées par ces systèmes (récepteurs GPS, cellules GSM, senseurs d'ultra-sons, réseaux de senseurs, étiquettes RFID etc.) sont encore chères et parfois difficiles à manipuler, distribuer ou même inadéquates à une utilisation quotidienne. Ce travail prétend définir un système capable de déterminer la localisation et disponibiliser l'information indispensable à la localisation des utilisateurs, ayant pour base les dispositifs mobiles existants dans le marché actuel. L'acquisition de dispositifs mobiles n'exigent pas d'effort financier ni cognitif du point de vue d'apprentissage pour l'utilisateur final. Ce système pourra être appliqué afin de fournir l'information contextualisée par la localisation des utilisateurs et des objets qui les entourent. Un exemple de l'application de ce système sera approprié à une classe en plein air ou à une visite d'étude à un parc.

En résumé, ce travail propose l'étude, le développement et l'évaluation de l'usabilité d'un Système Simplifié Sensible à la Localisation par Imagem (3SLIM), un système d'information contextualisé par la localisation de ses utilisateurs et dont la localisation est obtenue par des moyens techniques économiques. Ce travail prétend tirer profit des dispositifs mobiles et des technologies *wireless* dont l'usage est vulgarisé et qui permettent l'ubiquité de l'accès à l'information. Les principaux composants de l'architecture, ses modules applicatifs, ses interfaces à développer ainsi que ses modèles de données ont été identifiés. Dans le contexte de l'application de cette architecture, l'analyse et la comparaison de solutions et de technologies alternatives adoptées à d'autres systèmes seront effectuées. Finalement, l'usabilité de ce système a été évaluée à travers une visite à un parc biologique, enrichie par des contenus virtuels disponibles par chaque localisation, chaque point d'intérêt spécifique.

Abstract

The growing interest in user mobility and object positioning justifies a deep study focused on the potentialities and functionalities of location-aware applications. This work aims the design of architecture for a system in which the information is filtered according to the user's and object's locations from which we require information.

The location and context-aware applications are increasingly common. The technologies used by these systems (eg, GPS receivers, GSM cells, ultrasound sensors, sensor networks, RFID tags etc.) are, however, expensive, sometimes difficult to manipulate and deploy, and inappropriate for permanent daily use. Therefore, this work intended to define a system capable of determining the user's location and provide relevant information accordingly, based on mobile devices available on the day-to-day. The acquisition of these mobile devices does not require a high financial effort neither it requires extra cognitive manipulation efforts from end-users. This system could be used to provide contextualized information by the location of both the users and the objects that surround him, for example, during a field class or a park study-visit.

In short, this work proposes the study, development and usability evaluation of a Simplified System Sensitive to the Location by IMagem (3SLIM), i.e., an information system contextualized by the location of its users, where the location is obtained by economic technical means. This system is intended to take advantage of mobile devices (e.g., mobile phones, PDAs, etc.) and current wireless technologies, whose use is becoming ordinary and allowing easy and ubiquitous access to information. We have identified the key components of the architecture, the application modules, the interfaces and the supporting data models. We have also performed an analysis and comparison, in the context of this system, of alternative technologies and solutions adopted in similar systems. Finally, we have conducted a usability evaluation of the system, applied to a park visit enriched/augmented by virtual content available for each location or specific point of interest.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer aos meus orientadores Professor Doutor Rui Silva Moreira e Professor Doutor José Manuel Torres pelo acompanhamento científico e técnico, pela constante motivação, pelo empenho constructivo e pelo comportamento crítico demonstrados ao longo de todo o processo de mestrado.

Agradeço ainda à minha família pelo seu apoio incondicional, prestado durante todo o tempo de realização do mestrado.

Índice

Resumo.....	v
Résumé.....	vii
Abstract.....	ix
Agradecimentos.....	xi
Índice.....	xiii
Lista de Figuras.....	xix
Lista de Tabelas.....	xxvi
Acrónimos.....	xxix
Capítulo I: Introdução.....	1
I.1. Motivação.....	2
I.2. Objectivos.....	2
I.3. Estrutura da dissertação.....	3
Capítulo II: Sistemas de localização.....	5
II.1. Introdução.....	5

II.2.	Tecnologias de localização	5
II.2.1.	Tecnologias Outdoor.....	9
II.2.2.	Tecnologias Indoor	18
II.3.	Sistemas sensíveis à localização	31
II.3.1.	PlaceLab.....	31
II.3.2.	GUIDE	35
II.3.3.	Sistema Herecast.....	39
II.3.4.	Sistema RADAR.....	41
II.3.5.	Sistema B-MAD	43
II.3.6.	Sistema SmartLibrary	47
II.3.7.	Sistema Bat.....	50
II.3.8.	Redes de sensores sensíveis à localização	53
II.3.9.	Sistema Cooltown.....	56
II.3.10.	Sistema BlueStar.....	57
II.3.11.	Sistema Cricket.....	59
II.3.12.	Sistema ZoneTag	61

II.3.13.	Sistema PhoneGuide	63
II.3.14.	Guia do museu interactivo	65
II.3.15.	Sistema Nidaros	68
II.4.	Análise	71
II.4.1.	Resumo comparativo das tecnologias de localização	71
II.4.2.	Resumo comparativo das tecnologias de localização por imagem.....	72
II.4.3.	Resumo comparativo dos sistemas sensíveis à localização	74
Capítulo III:	Sistema Simplificado Sensível à Localização por IMagem (3SLIM)	76
III.1.	Introdução	76
III.1.1.	Conceitos principais.....	76
III.1.2.	Determinação da localização (<i>Sensing</i>)	77
III.1.3.	Privacidade.....	78
III.2.	Análise de requisitos.....	79
III.2.1.	Casos de utilização	79
III.2.2.	Requisitos funcionais.....	79
III.2.3.	Requisitos não funcionais	80

III.3.	Diagramas de casos de uso do 3SLIM.....	80
III.4.	Arquitetura Cliente/Servidor em 3 Camadas.....	83
III.5.	Desenvolvimento do sistema.....	86
III.5.1.	Modelo de entidades e relacionamentos	86
III.5.2.	Diagrama Entidade/Relacionamento (E/R).....	87
III.5.3.	Modelo de dados.....	88
III.5.4.	Implementação	91
Capítulo IV:	Avaliação da usabilidade.....	93
IV.1.	Introdução	93
IV.2.	Metodologia	95
IV.3.	Resultados obtidos.....	96
IV.3.1.	Caracterização sócio-demográfica dos participantes.....	96
IV.3.2.	Resultados obtidos nas tarefas propostas	97
IV.3.3.	Facilidade de utilização do interface gráfico.....	99
IV.3.4.	Tempo de resposta da aplicação	100
IV.3.5.	Utilidade prática do protótipo 3SLIM	100

IV.3.6.	Problemas identificados na utilização.....	102
IV.3.7.	Tempos medidos na execução das tarefas.....	103
IV.3.8.	Aspectos destacados pelos utilizadores	104
IV.3.9.	Propostas de melhorias sugeridas pelos utilizadores	105
IV.4.	Discussão dos resultados.....	106
	Conclusão	107
	Bibliografia.....	109
	Anexo I: Questionário e imagens usadas na avaliação da usabilidade do protótipo 3SLIM .	115
	Questionário sobre a usabilidade do protótipo 3SLIM	115
	Imagens associadas às três tarefas do questionário.....	119
	Anexo II: Interface gráfica do protótipo 3SLIM	121

Lista de Figuras

Figura II-1: O espectro electromagnético no mundo das comunicações (Andrew S.Tanenbaum, 2003).	6
Figura II-2: Ondas de rádio de baixas frequências (a) e altas frequências (b) (Andrew S.Tanenbaum, 2003).	10
Figura II-3: Evolução das redes celulares (Heikki Kaaranen, Ari Ahtiainen, Lauri Laitinen, Siamäk Naghian, & Valterri Niemi, 2001).	11
Figura II-4: Princípio básico do funcionamento da tecnologia radar (Skolnik, 2001).	13
Figura II-5: Características do GEO, MEO e LEO.....	14
Figura II-6: Satélite do sistema NAVSTAR.....	15
Figura II-7: Circunferência que limita a área de localização de um utilizador - Trilateração Bidimensional.	16
Figura II-8: Duas posições relativas obtidas pela intercepção das circunferências - Trilateração Bidimensional.	16
Figura II-9: Exemplo da Trilateração 2D.....	17
Figura II-10: Exemplo da Trilateração 3D.....	17
Figura II-11: Exemplo de um receptor GPS (com bússola e altímetro integrados).....	18
Figura II-12: Exemplo de uma tag RFID (RFID Organization, 2008a).	19

Figura II-13: Exemplo de uma tag RFID aplicada a um produto de cosmética.....	19
Figura II-14: PDA com acesso 802.11b (WLAN).....	20
Figura II-15: Equipamentos equipados com Bluetooth numa rede WPAN.....	22
Figura II-16: Dois dispositivos móveis que usam a tecnologia de Infravermelhos.....	23
Figura II-17: Dispositivos BTNode rev3 e Mica Node (R.K.Harle and A.Hopper, 2005).....	25
Figura II-18: Representação do número 0123456789005 em código de barras linear.....	25
Figura II-19: Uma representação de um código de barras concêntrico.....	26
Figura II-20: Três simbologias do tipo matricial.....	27
Figura II-21: Execução do software semacode para associar uma imagem a um URL.....	27
Figura II-22: Imagem semacode.jpg associada ao URL http://www.semacode.org	28
Figura II-23: Leitura da tag associada à imagem Semacode.jpg.....	28
Figura II-24: Fotografia tirada à página com a tag semacode (semacode1.jpg).....	28
Figura II-25: Fotografia tirada à página com a tag semacode (semacode2.jpg).....	29
Figura II-26: Leitura da tag associada à imagem Semacode1.jpg.....	29
Figura II-27: Leitura da tag associada à imagem Semacode2.jpg.....	29

Figura II-28: QR-Code do tipo matricial correspondente a um texto (Kaywa Corporation, 2008c).....	30
Figura II-29: QR-Code do tipo matricial correspondente a um endereço URL.....	31
Figura II-30: Componentes da arquitectura PlaceLab (Anthony LaMarca et al., 2005).	32
Figura II-31: Topiary – aplicação sensível à localização baseada no PlaceLab.....	34
Figura II-32: Infra-estrutura do sistema GUIDE (Keith Cheverst, Keith Mitchell, & Nigel Davies, 2002).....	36
Figura II-33: Ecrã inicial da aplicação do sistema GUIDE (Lancaster University, 2007d). ...	37
Figura II-34: Ecrã informativo com as opções do GUIDE (Lancaster, 2007d).	38
Figura II-35: Visita desde o “Shire Hall Entrance” até ao castelo de Lancaster (Lancaster University, 2007d).....	38
Figura II-36: Sistema Herecast instalado num dispositivo com Wi-Fi.....	39
Figura II-37: Serviço “Heresay” disponibilizado pelo sistema Herecast.....	40
Figura II-38: Edifício com três estações de base (BS1, BS2 e BS3) (Paramvir Bahl et al., 2000).....	42
Figura II-39 : Força do sinal RF medido varia com a distância do utilizador em relação à estação-base.	43
Figura II-40: Sistema B-MAD - sensores Bluetooth localizados na zona de Rotuaar	44
Figura II-41 : Sistema B-MAD - sensor Bluetooth colocado junto a vitrina de uma loja.	44

Figura II-42 : Sistema B-MAD - exemplo de publicidade recebida num telemóvel.....	45
Figura II-43: Sistema B-MAD - entrega de alertas PUSH WAP (Lauri Aalto et al., 2004)....	46
Figura II-44: SmartLibrary - pontos de acesso à Internet sem fios na biblioteca da Universidade de Oulu.....	48
Figura II-45: Diagrama relativo à arquitectura do sistema SmartLibrary.....	48
Figura II-46: Pesquisa na interface OULU-pda (esquerda) e respectivo resultado (direita) (Markus Aittola et al., 2008).....	49
Figura II-47: Mapa visualizado no ecrã do PDA do sistema SmartLibrary (Markus Aittola et al., 2008).....	50
Figura II-48: Placa receptora e dispositivo <i>Bat</i> (Aaron Quigley et al., 2004).....	51
Figura II-49: Distribuição física do sistema <i>Bat</i> em Cambridge.....	52
Figura II-50: Distribuição hierárquica de uma rede de sensores (Amit Kumar et al., 2005)...	53
Figura II-51: Simulação da aplicação da rede de sensores.	55
Figura II-52: <i>Beacon</i> de infravermelhos e PDA utilizados no sistema CoolTown (T.Kindberg et al., 2000).	56
Figura II-53: PDA equipado com leitores de URL e outros identificadores (T.Kindberg et al., 2000).....	57
Figura II-54: Duas unidades Cricket (MIT, 2007c).....	60
Figura II-55: Sistema Cricket no laboratório da CSAIL em Tech Square (MIT, 2007c).....	61

Figura II-56: ZoneTag - página de inserção de localização (Shane Ahern et al., 2006).	62
Figura II-57: Aplicação do sistema PhoneGuide num museu (Paul Föcker et al., 2005).....	64
Figura II-58: PhoneGuide - três representações/perspectivas do mesmo objecto(Paul Föcker et al., 2005).....	64
Figura II-59: Tablet PC com câmara USB usado no Guia do Museu Interactivo (Herbert Bay et al., 2005).	66
Figura II-60: Exemplos de modelos de imagens de um objecto do museu (Herbert Bay et al., 2005).....	67
Figura II-61: Interface da aplicação de reconhecimento de objectos (Herbert Bay et al., 2005).	67
Figura II-62: Framework Nidaros para o desenvolvimento de aplicações sensíveis à localização (Alf Inge Wang et al., 2003).....	69
Figura II-63: Framework Nidaros – componentes e tecnologias (Alf Inge Wang et al., 2003).	70
Figura II-64: Sistema Nidaros executado em dois dispositivos móveis.	71
Figura III-1: Diagrama de caso de utilização do 3SLIM – parte I.....	81
Figura III-2: Diagrama de caso de utilização do 3SLIM – parte II.	81
Figura III-3: Diagrama de caso de utilização do 3SLIM – parte III.....	82
Figura III-4: Diagrama de caso de utilização do 3SLIM – parte IV.....	83

Figura III-5: Arquitectura Cliente-Servidor do sistema 3SLIM.....	84
Figura III-6: Diagrama Entidade/Relacionamento do 3SLIM.	88
Figura III-7: Modelo relacional de dados do 3SLIM.....	90
Figura IV-1: Fotografia do Leão Branco Macho.....	93
Figura IV-2: Tag semacode correspondente aos URL http://localhost/leoes.html	94
Figura IV-3: Fotografia dos leões associada à <i>tag</i> semacode.	94
Figura IV-4: Funcionamento do sistema 3SLIM.....	95
Figura IV-5: Percentagem de respostas correctas obtidas nas três tarefas.....	98
Figura IV-6: Respostas obtidas relativamente à dificuldade das tarefas.	99
Figura IV-7: Respostas obtidas sobre a facilidade de utilização do interface.....	99
Figura IV-8: Respostas obtidas sobre o tempo de resposta da aplicação.....	100
Figura IV-9: Respostas obtidas sobre a utilidade prática do 3SLIM (1ª questão).....	101
Figura IV-10: Respostas obtidas sobre a utilidade prática do 3SLIM (2ª questão).....	101
Figura IV-11: Respostas obtidas sobre a utilidade prática do 3SLIM (3ª questão).....	102
Figura IV-12: Resultados obtidos relativamente a problemas ocorridos.....	103

Lista de Tabelas

Tabela II-1: As diferentes classes Bluetooth.....	21
Tabela II-2: Características da tecnologia IR.....	23
Tabela II-3: PlaceLab - Plataformas e Tecnologias RF(Anthony LaMarca et al., 2005).....	33
Tabela II-4: Precisão do PlaceLab em função do tipo e cobertura dos <i>beacons</i>	34
Tabela II-5: Variáveis de entrada da precisão da multilateração.....	51
Tabela II-6: Informação contida nos pacotes enviados pelos sensores (Amit Kumar et al., 2005).....	55
Tabela II-7: Análise comparativa de algumas tecnologias de localização.....	72
Tabela II-8: Análise comparativa de três tecnologias de localização por imagem.	73
Tabela II-9: Resumo da análise comparativa dos sistemas sensíveis à localização abordados.	74
Tabela III-1: Tabelas de dados lógicos (anterior à normalização).	88
Tabela III-2: Tabelas de dados lógicos, após normalização.....	90
Tabela IV-1: Caracterização sócio-demográfica dos participantes.	97

Tabela IV-2: Resumo dos problemas reportados durante a realização das tarefas exigidas..	103
Tabela IV-3: Tempo gasto na realização das três tarefas.....	104
Tabela IV-4: Lista dos pontos mais atractivos da aplicação.	105
Tabela IV-5. Lista dos pontos mais desagradáveis da aplicação.....	105
Tabela IV-6: Lista de propostas de melhorias.....	106

Acrónimos

ASL	Aplicação Sensível à Localização
DLL	Dynamic Link Libraries
E/R	Entity/Relationship Diagram (Diagrama Entidade/Relacionamento)
FTP	File Transfer Protocol (Protocolo de Transferência de Ficheiros)
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications (Sistema Global para Comunicações Móveis)
HTML	Hypertext Markup Language
IIS	Internet Information Server
IR	InfraRed (Infravermelhos)
LED	Light Emissor Diode (Díodo Emissor de Luz)
MMS	Multimedia Messaging Service (Serviço de Mensagem Multimédia)
NMT	Nordic Mobile Telephone Standard
NNTP	Network News Transfer Protocol
PDA	Personal Digital Assistant (Assistente Pessoal Digital)
POI	Point of Interest (Ponto de interesse)
URL	Uniform Resource Locator (Localizador Uniforme de Recursos)
RFID	Radio Frequency Identifier (Identificação por Rádio Frequência)
SDK	Software Development Kit (Ferramenta de Desenvolvimento de Software)
SMS	Short Message Service (Serviço de Mensagens Curtas)

SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SI	Sistema de Informação
SVG	Scalable Vectorial Graphics
TDOA	Time Difference of Arrival (Diferença de Tempo de Chegada)
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
WAP	Wireless Application Protocol
WWW	World Wide Web
WSN	Wireless Network System (Rede de Sensores Sem Fios)
3SLIM	Sistema Simplificado Sensível à Localização por Imagem

Capítulo I: Introdução

Os sistemas sensíveis à localização (*location-aware systems*) têm vindo a proliferar e a ganhar uma importância cada vez maior. Estas aplicações surgem, normalmente, associadas aos avanços tecnológicos dos dispositivos móveis que actualmente vêm já integrados com sistemas de navegação, câmaras digitais e mesmo sistemas de digitalização (*scanning*). Um sistema sensível à localização interage normalmente com unidades móveis autónomas, que recolhem e disponibilizam informações sobre o posicionamento e/ou a localização de determinados objectos.

A crescente mobilidade dos utilizadores e o interesse no posicionamento de pessoas e objectos implica um estudo aprofundado das potencialidades e das funcionalidades das aplicações sensíveis à localização. Este trabalho insere-se neste âmbito e pretende estudar as diferentes tecnologias e aplicações sensíveis ao contexto em geral e à localização em particular. Pretende-se ainda desenhar uma arquitectura para um sistema cuja informação será filtrada e disponibilizada com base na localização dos utilizadores e dos objectos ou pontos de interesse sobre os quais se pretende obter essa informação. A determinação da localização e o acesso à informação será efectuada com base em dispositivos móveis, disponíveis no dia-a-dia. Este modelo será aplicado para fornecer informação contextualizada pela localização tanto dos utilizadores como dos objectos, por exemplo, durante uma aula de campo ou uma visita de estudo a um parque biológico ou temático. Numa aula de campo ou num parque biológico, será possível saber a localização de determinada planta ou determinado animal assim como recolher informação contextualizada relativa a características morfológicas ou biológicas desse mesma planta ou animal.

Como resultados deste trabalho apresentamos uma análise comparativa sobre alguns dos sistemas e arquitecturas utilizadas na implementação de aplicações *location-aware*. Propomos e desenvolvemos um protótipo de uma arquitectura simples e funcional para aplicações sensíveis à localização nos contextos já mencionados. Este protótipo foi, no final, avaliado com base num dos cenários considerados anteriormente.

I.1. Motivação

Existem actualmente várias tecnologias que, pelo seu elevado custo, dificuldade de utilização, baixa disponibilidade ou até mesmo pela sua especificidade, não podem ser aplicadas em determinadas situações ou contextos. Por exemplo, a tecnologia GPS não pode ser usada em espaços fechados. A tecnologia baseada em etiquetas RFID não é recomendada para aplicações a funcionar em espaços abertos e de grandes dimensões.

Estas e outras tecnologias podem ser utilizadas no desenvolvimento de aplicações sensíveis à localização que ganham uma importância crescente com o desenvolvimento e a proliferação de dispositivos móveis. É cada vez maior o interesse e a necessidade de aplicações baseadas na localização e posicionamento de pessoas e objectos. Este interesse, no entanto, implica um conhecimento acrescido das potencialidades e das funcionalidades destas arquitecturas e dos mecanismos ou tecnologias neles empregues.

Este trabalho pretende tirar proveito das tecnologias e dos dispositivos móveis actuais, amplamente vulgarizados e, por isso, mais económicos e, normalmente, de utilização amigável para o utilizador final. Pretende-se assim contribuir para o conhecimento e proliferação das arquitecturas e das aplicações sensíveis à localização baseadas em componentes normalizados, cuja aplicação pode variar segundo as necessidades pretendidas.

I.2. Objectivos

De forma genérica este trabalho tem como objectivo: *estudar, especificar e desenvolver um sistema simplificado e sensível à localização por imagem baseado em tecnologias disponíveis nos dispositivos móveis do dia-a-dia*. Designou-se este sistema de simplificado pela simplicidade e facilidade da sua usabilidade, não deixando de ser um sistema poderoso. De forma mais concreta os objectivos deste trabalho podem resumir-se nos seguintes pontos:

- Analisar e contribuir para o estudo e divulgação das aplicações sensíveis à localização;
- Propor uma arquitectura para um *Sistema Simplificado e Sensível à Localização por IMagem* (3SLIM), baseada em dispositivos e tecnologias móveis do quotidiano;
- Estudar as tecnologias e mecanismos (cf. normas, serviços, ferramentas, etc.) adequados ao desenvolvimento deste tipo de aplicações;
- Desenvolver um protótipo para o 3SLIM que demonstre a sua aplicabilidade em diversos cenários do nosso quotidiano;
- Avaliar a usabilidade do protótipo num cenário de aplicação específico, i.e., numa visita virtual a um parque biológico *augmentado* com informação multimédia especificamente preparada para cada contexto/local.

I.3. Estrutura da dissertação

Esta dissertação organiza-se em 5 capítulos. No capítulo I, introduziram-se já os conceitos fundamentais e delineararam-se os objectivos do trabalho. No capítulo II, é efectuada uma revisão de alguma da bibliografia mais relevante em tecnologias de localização actuais assim como em sistemas sensíveis à localização, que utilizam algumas dessas tecnologias. O capítulo III descreve o sistema 3SLIM, que utiliza imagens bidimensionais (2D) para fornecer informação contextualizada aos utilizadores de dispositivos móveis. No capítulo IV é efectuada a avaliação do sistema de localização 3SLIM. Finalmente, no capítulo V, faz-se uma conclusão do trabalho e mencionam-se possíveis desenvolvimentos futuros.

Capítulo II: Sistemas de localização

II.1. Introdução

Neste capítulo procurou-se fazer uma revisão bibliográfica da literatura mais relevante em sistemas sensíveis à localização. Dada a extensão do tema procurou-se focar o estudo nos sistemas ou trabalhos de investigação mais notáveis e referenciados. Pretendeu-se contribuir para uma melhor compreensão do estado da arte assim como obter uma maior percepção dos pontos fortes e fracos de cada sistema.

Existem vários projectos no âmbito das aplicações *location-aware*. Pretendeu-se numa primeira análise identificar as vantagens e as desvantagens de cada mecanismo ou tecnologia de localização, de forma a facilitar a escolha da tecnologia mais apropriada para a proposta do nosso sistema assim como para o desenvolvimento do protótipo que servirá como prova de conceito.

II.2. Tecnologias de localização

A maioria das tecnologias de localização abordadas neste trabalho suporta ou utiliza comunicações sem fios. Por esse motivo, introduziremos inicialmente os princípios de funcionamento das transmissões sem fios. Quando os electrões se movem, criam ondas electromagnéticas que se propagam pelo espaço, mesmo no vácuo. O número de oscilações por segundo da onda electromagnética é denominada frequência – f – sendo medida em Hertz (Hz). A distância entre dois valores consecutivos dessas ondas é denominado comprimento da onda (*wavelength*) - λ .

Quando uma antena, com determinadas características e dimensões, é ligada a um circuito eléctrico, as ondas electromagnéticas podem ser difundidas de forma eficiente e podem também ser recebidas por um receptor, fisicamente distanciado da antena (Tanenbaum, 2003). Existem vários sistemas de transmissão de informação (quer digitais quer analógicos)

que utilizam ondas electromagnéticas como portadoras de informação. Esta informação é utilizada para modular as portadoras que definem determinados canais lógicos, permitindo assim multiplexar num mesmo canal físico (e.g., o ar) vários canais de informação. A figura seguinte, por exemplo, representa o espectro electromagnético faseado pelas diferentes bandas e o seu respectivo uso no mundo das comunicações sem fios.

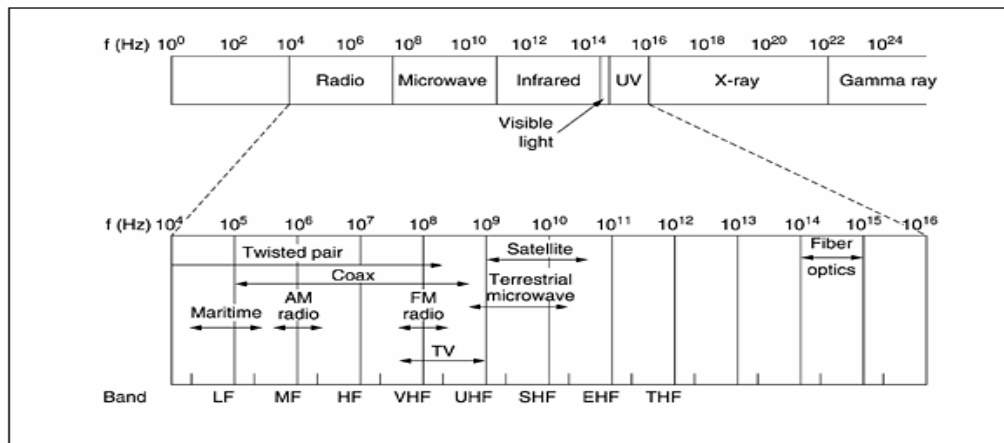


Figura II-1: O espectro electromagnético no mundo das comunicações (Andrew S.Tanenbaum, 2003).

As tecnologias utilizadas na determinação da localização podem dividir-se em três categorias:

- Tecnologias cujo uso é mais adequado a locais interiores denominados *indoor* (Guanling Cheb & David Kotz, 2000).
- Mecanismos mais adequados para locais exteriores denominados *outdoor* (Guanling Cheb et al., 2000).
- Mecanismos híbridos que funcionam querem em espaços interiores como em áreas exteriores.

Por outro lado, os mecanismos de localização distinguem-se pelo seu modo de representação da localização. Assim, existem sistemas baseados em coordenadas (*Coordinate-Based*

Systems) e sistemas de posicionamento simbólico (*Symbolic Positioning Systems*) (Mark Paciga, 2004).

- Algumas tecnologias modelam determinada localização através de um sistema de coordenadas espaciais como a latitude, a longitude e por vezes a altitude ou mesmo através do uso de pixeis em mapas. A tecnologia GPS é um exemplo de sistema baseado em coordenadas (Mark Paciga, 2004).
- Outras tecnologias representam uma localização física através de um sistema de posicionamento simbólico. A representação da localização de determinado espaço pode ser expressa através do nome de uma rua ou do nome de um café (Mark Paciga, 2004). Pode ser ainda expressa com base na ligação do mundo físico com determinados recursos virtuais como endereços URL, em que essa ligação é estabelecida através de um ou mais identificadores. Neste último caso, a representação simbólica é conhecida pelo nome de *physical hyperlink* (T.Kindberg et al., 2000).

Os sistemas de localização podem ainda ser caracterizados como absolutos ou relativos (Jeffrey HighTower & Gaetano Borriello, 2001b):

- Um sistema de localização absoluta utiliza uma referência partilhada para todos os objectos localizados. Caso sejam colocados dois receptores GPS de marcas ou modelos distintos numa determinada localização, a leitura da posição em cada um dos receptores será exactamente idêntica, ou seja, a posição 47°39'17''N, correspondente a uma localização específica, será sempre a posição lida em qualquer receptor GPS colocado nessa localização (Jeffrey HighTower et al., 2001b).
- Num sistema de localização relativa, cada objecto possui a sua própria construção de referência. Determinado objecto pode ser identificado com base numa referência subjectiva, atribuída pelo próprio utilizador do sistema. Por exemplo, um objecto pode ser identificado pela sua proximidade de um determinado restaurante ou através do nome de uma determinada rua. A sua posição geográfica exacta, com base em coordenadas espaciais não é utilizada neste tipo de localização relativa (Jeffrey HighTower et al., 2001b).

Os mecanismos de localização também se podem diferenciar pelo método de determinação da localização de objectos e pessoas (Jeffrey HighTower et al., 2001b):

- Triangulação: utiliza as propriedades geométricas de um triângulo para calcular a localização de um objecto. A Triangulação pode ser efectuada por Lateração (*Lateration*) ou por Angulação (*Angulation*). A Lateração baseia-se na medição de distâncias enquanto a Angulação baseia-se na medição de ângulos (Jeffrey HighTower & Gaetano Borriello, 2001a). A Lateração calcula a posição de um objecto pela medição da sua distância em relação a múltiplas posições de referência. Por exemplo, a tecnologia GPS implementa esta técnica de localização (Jeffrey HighTower et al., 2001b)
- Proximidade: esta técnica de localização mede a proximidade de um objecto ou pessoa em relação a um determinado conjunto de pontos conhecidos (Jeffrey HighTower et al., 2001b). A técnica de localização por proximidade pode ter três abordagens: a detecção de contacto físico, a monitorização de pontos de acesso celulares sem fios e a observação de sistemas com identificação automática (Jeffrey HighTower et al., 2001a). A detecção de contacto físico com o objecto utiliza tecnologia de sensores de pressão, sensores tácteis e sensores capacitivos. A monitorização de determinado dispositivo móvel ao alcance de um ou mais pontos de acesso numa rede celular sem fio representa um exemplo de método de localização por proximidade (Jeffrey HighTower et al., 2001a). O uso de sistemas de identificação automática tais como terminais de vendas por cartões de créditos, histórico de *logins* e *tags* de identificação (códigos de barras) permitem inferir qual a localização de um objecto específico (Jeffrey HighTower et al., 2001a). Por exemplo, a tecnologia Bluetooth e a tecnologia Semacode implementam o método de posicionamento por proximidade (Jeffrey HighTower et al., 2001b)
- Análise de Cena (*Scene Analysis*): este método de localização usa características de uma cena observada a partir de um ponto particular para tirar conclusões relativas à localização do observador ou dos objectos dessa cena (Jeffrey HighTower et al., 2001a). Esta técnica de localização permite que determinadas cenas sejam examinadas de forma a que as suas características possam ser facilmente analisadas e comparadas.

Numa análise de uma cena estática, os objectos caracterizados são pesquisados num conjunto de dados que faz o mapeamento destes mesmos objectos com a sua localização. Na análise de uma cena dinâmica focam-se apenas as diferenças entre cenas sucessivas para estimar a localização (Jeffrey HighTower et al., 2001a). A vantagem desta técnica de localização consiste no facto de a localização de objectos poder ser inferida através da observação passiva e de características como os ângulos geométricos e distâncias entre os objectos.

II.2.1. Tecnologias Outdoor

As tecnologias de localização *outdoor* estão adaptadas para ambientes abertos ou exteriores. Neste tipo de sistemas, encontramos algumas tecnologias baseados em Rádio Frequência - RF (e.g., GSM, GPRS, WiFi, Bluetooth, etc) e na tecnologia satélite (e.g., GPS).

II.2.1.1. Tecnologias de Rádio Frequência (RF)

As ondas de rádio são fáceis de gerar, podem viajar longas distâncias e penetram com facilidade as paredes dos edifícios. São estas razões que levam a que a tecnologia de Rádio Frequência (*Radio Frequency*) seja extremamente utilizada nas comunicações, quer sejam *indoor*, quer sejam *outdoor* (Andrew S.Tanenbaum, 2003). As ondas de rádio são omnidireccionais, i.e., ao serem emitidas pela fonte, podem viajar em qualquer direcção. O emissor e o receptor não necessitam de estar fisicamente alinhados, um com o outro. As ondas de rádio são sensíveis às interferências de motores e outros equipamentos eléctricos (P.Nicopolitidis, M.S.Obaidak, G.I.Papadimitriou, & A.S.Pomportsis, 2003).

As ondas de baixa frequência atravessam obstáculos no entanto a potência do seu sinal diminui à medida que a distância aumenta, sendo esta relação de aproximadamente de $1/\text{raio}^2$ no ar. As ondas de alta frequência tendem a viajar em linhas rectas, através de obstáculos mas podem ser absorvidas pela chuva (Andrew S.Tanenbaum, 2003). Na figura abaixo, é mostrado o comportamento das ondas de rádio de baixas frequências (cf. bandas LF, MF e HF) assim como o comportamento das ondas de rádio de altas frequências (cf. bandas HF).

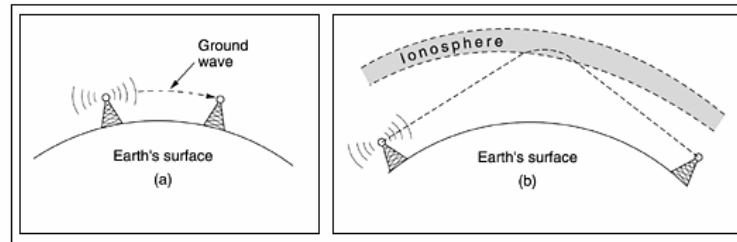


Figura II-2: Ondas de rádio de baixas frequências (a) e altas frequências (b) (Andrew S.Tanenbaum, 2003).

Os sistemas de comunicação por rádio apresentam no entanto vários problemas: o fenómeno de propagação multi-direccional (*multipath propagation phenonema*); esmorecimento (*fading*) e escassez de recursos de rádio (*radio resource scarcing*).

II.2.1.1.1. Rede celular

O conceito de redes celulares surgiu para resolver os problemas inerentes aos sistemas de comunicação por rádio. O princípio das redes celulares é baseado na subdivisão de uma área geográfica, coberta pela rede, num número de pequenas sub-áreas denominadas células (*cells*). Em cada célula, existe uma estação fixa que actua como um transmissor-receptor e que serve todas as estações móveis (*mobile stations*), localizadas na vizinhança da célula (Joachim Tisal, 2001).

O espectro disponível é particionado em canais e cada célula usa o seu próprio conjunto de canais. Células vizinhas usam um conjunto diferente de canais de forma a evitar interferências. O mesmo conjunto de canais é reutilizado em células distintas, fisicamente afastadas umas das outras. Este conceito denomina-se reutilização de frequências (*frequency reuse*) (P.Nicopolitidis, M.S.Obaidak, G.I.Papadimitriou, & A.S.Pomportsis, 2003).

Ao longo dos tempos, as redes celulares foram evoluindo tecnologicamente. As redes celulares da Primeira Geração (1G) eram analógicas. As redes celulares da Segunda Geração (2G) e Terceira Geração (3G) são digitais.



Figura II-3: Evolução das redes celulares (Heikki Kaaranen, Ari Ahtiainen, Lauri Laitinen, Siamäk Naghian, & Valterri Niemi, 2001).

Geração 1 G – Tecnologia NMT

Este tipo de rede celular foi estabelecido nos anos oitenta e o modo de transmissão de dados era analógico ou semi-analógico. O sistema de rede celular analógico mais comum na Europa foi o sistema NMT (*Nordic Mobile Telephone Standard*) (Joachim Tisal, 2001).

Geração 2 G - Tecnologia GSM e GPRS

A tecnologia GSM (*Global System for Mobile Communications*) é uma tecnologia móvel e é o padrão mais comum para telemóveis. É uma tecnologia para a difusão das ondas electromagnéticas nos telefones celulares, baseada na compressão da informação e na sua distribuição. O sinal e os canais de voz deste mecanismo são digitais, o que significa que é uma tecnologia considerada de segunda geração (2 G) (Heikki Kaaranen et al., 2001).

A tecnologia GPRS (*General Packet Radio Service*) pode ser considerada como uma extensão da tecnologia GSM, oferecendo um serviço de dados para utilizadores móveis (Kaarenen, 2001). Esta tecnologia é usada para serviços tais como o acesso WAP (*Wireless Application Protocol*), Serviço de Mensagens Curtas (*Short Message Service*), Serviço de Mensagem Multimédia (*Multimedia Messaging Service*) e serviços de comunicação Internet tais como o E-mail ou o acesso World Wide Web. A tecnologia GPRS é baseada em pacotes, permitindo que cada telefone possa ter um ou mais endereços IP. O GPRS armazena e encaminha os pacotes IP para o telefone durante a mudança de célula (*handover*).

Geração 3 G - Tecnologia UMTS

As redes celulares de Terceira Geração (3G) foram implementadas de acordo com as especificações 3GPP (3G Partnership Project) R99. As redes celulares 3G na Europa depressa se associaram à tecnologia UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*), seguindo especificações do ITSU. No Japão e nos Estados Unidos, as redes celulares 3G estão associadas à tecnologia IMT-2000 (*International Mobile Telephony 2000*).

A tecnologia 3G é vista mais como uma rede de serviços do que uma simples rede celular. As redes celulares 1G e 2G são tecnologicamente mais limitadas do que as 3G, permitindo apenas que os utilizadores finais usassem um conjunto limitado de serviços. A tecnologia não é um parâmetro restritivo na rede celular 3G (Heikki Kaaranen et al., 2001). A tecnologia UMTS oferece, entre outros, servidores de posicionamento (*Positioning Servers*), que permitem implementar serviços baseados na localização. Os métodos de posicionamento baseiam-se na identificação da célula (*cell-id*), no TDOA (*Time Difference Of Arrival*) e no GPS.

II.2.1.2. Tecnologia Radar

A tecnologia Radar usa um sistema de ondas electromagnéticas para detecção e localização de objectos, e.g., navios, aviões, veículos, pessoas e o próprio ambiente natural (Skolnik, 2001). A tecnologia Radar irradia energia para o espaço e detecta o sinal de eco, reflectido pelos objectos alvo. As ondas reflectidas para o radar revelam a presença do alvo e permitem obter a sua localização através da comparação do sinal de eco recebido com o sinal transmitido originalmente (Skolnik, 2001). A figura seguinte exemplifica o princípio básico do funcionamento da tecnologia radar.

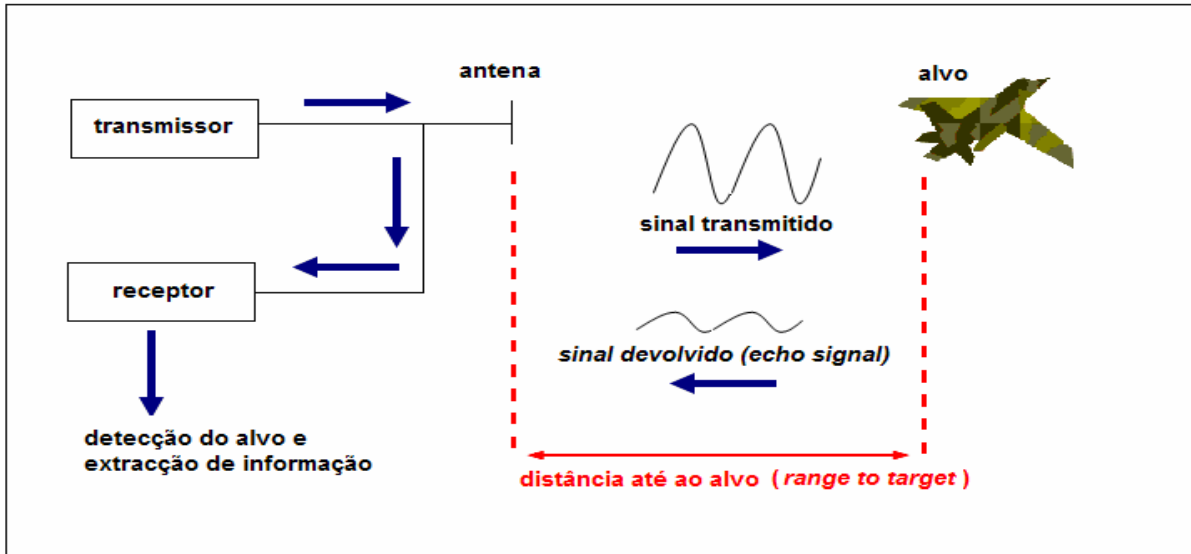


Figura II-4: Princípio básico do funcionamento da tecnologia radar (Skolnik, 2001).

Um transmissor gera um sinal electromagnético em forma de uma onda sinusoidal que é difundida no espaço através de uma antena. Uma porção da energia transmitida é interceptada pelo alvo e retransmitida em diversas direcções. O sinal redifundido directamente na direcção do radar é recolhido pela antena do radar, que por sua vez o devolve a um receptor. O dispositivo receptor processa o sinal de forma a detectar a presença do alvo e determinar a sua localização. Normalmente, uma única antena é usada para transmissão e recepção de sinal numa base de tempo partilhado (*time-shared*). A distância até ao alvo é calculada através da medição do somatório do tempo que o sinal de radar transmitido demora a chegar ao alvo e do tempo que o sinal devolvido demora a chegar ao radar.

II.2.1.3. Tecnologia Satélite

As comunicações via satélite possuem características interessantes que as tornam muito atractivas para as mais diversas aplicações. Uma comunicação via satélite pode ser considerada, de um modo muito simplista, como uma onda electromagnética gigante que está em órbita e cuja principal função é servir de repetidora (Andrew S.Tanenbaum, 2003).

Uma comunicação satélite contém múltiplos dispositivos denominados *transponders*. A principal função destes dispositivos é escutar uma determinada porção do espectro

electromagnético, amplificar o sinal interceptado e retransmiti-lo noutra frequência para evitar interferências com o sinal original. A retransmissão deste sinal pelo *transponder* é efectuada no sentido do céu para a terra, cobrindo uma fracção considerável da superfície terrestre. Este modo de operação é chamado *bent pipe*.

Existem 3 tipos de sistema de comunicação por satélite: o sistema GEO, o sistema MEO e o sistema LEO.

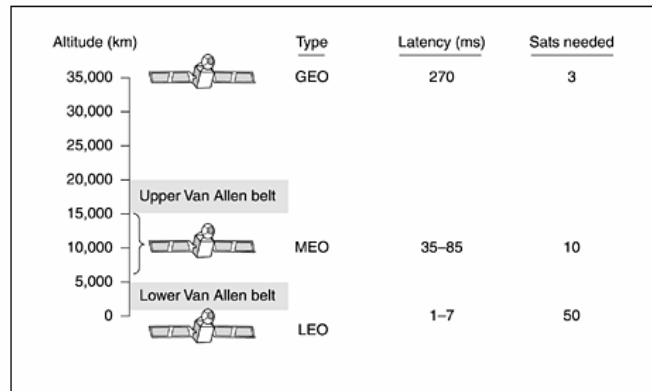


Figura II-5: Características do GEO, MEO e LEO

II.2.1.3.1. Tecnologia GPS

O Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning System - GPS*) é um sistema à escala global que permite a determinação da posição de objectos estáticos ou móveis. Este sistema baseia-se numa constelação de 27 satélites.

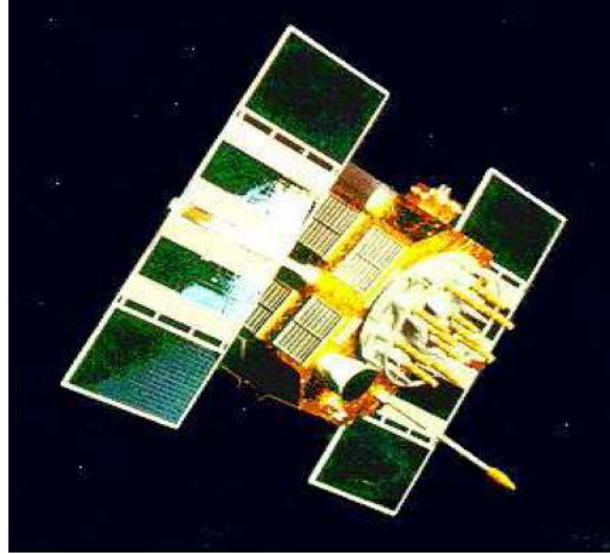


Figura II-6: Satélite do sistema NAVSTAR.

Para determinar a posição de um objecto temos que possuir um receptor GPS. Este receptor utiliza quatro ou mais satélites da constelação, calculando a distância até cada um destes satélites e utilizando essa informação para deduzir a sua própria localização. Esta operação é baseada num simples princípio matemático denominado Trilateração (*Trilateration*). Existem duas formas de descoberta de localização: a Trilateração Bidimensional e a Trilateração Tridimensional (Jeffrey HighTower et al., 2001a).

A Trilateração Bidimensional explica-se da seguinte forma: um utilizador perdido questiona uma pessoa, na rua, para tentar descobrir a sua localização e é informado, por exemplo, de que se encontra a 200 km da Cidade A. Esta informação não lhe permite descobrir com exactidão qual a sua localização. É possível, no entanto, desenhar uma circunferência em que o centro da circunferência representa a Cidade A e o valor do raio coincide com o valor da distância existente entre o utilizador e a Cidade A.

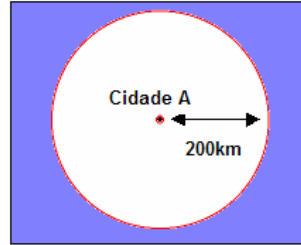


Figura II-7: Circunferência que limita a área de localização de um utilizador - Trilateração Bidimensional.

No entanto, como esta informação ainda não lhe permite conhecer com exactidão qual a sua localização, o utilizador decide questionar uma segunda pessoa. Essa pessoa responde que ele se encontra a 150 km da Cidade B. Juntando essas duas informações, o utilizador já consegue ter uma ideia mais precisa da sua localização, visto que as duas circunferências se interceptam em dois pontos. Isto significa que existem duas posições geográficas possíveis para o utilizador, associadas a cada ponto de intercepção dessas circunferências.

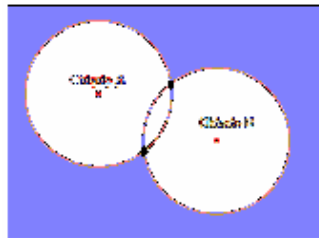


Figura II-8: Duas posições relativas obtidas pela intercepção das circunferências - Trilateração Bidimensional.

Para obter a sua localização exacta, eliminando uma das duas possibilidades, é necessário que o utilizador questionasse uma terceira pessoa. Se a pessoa inquirida respondesse que ele estaria a 50 km da cidade C, então poderíamos calcular a posição exacta do utilizador que estaria na Cidade D correspondente à intercepção das três circunferências.

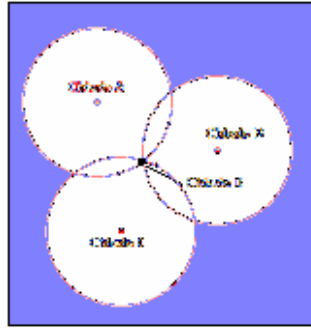


Figura II-9: Exemplo da Trilateração 2D.

A tecnologia GPS usa a Trilateração Tridimensional. Esta utiliza o mesmo conceito que a trilateração bidimensional, no entanto, como é aplicada ao espaço a três dimensões, as circunferências passam a ser esferas. Se o utilizador sabe que está a uma distância de 500 km do satélite A, é possível visualizar uma primeira esfera com um raio de 500 km e cujo centro é o satélite A. Se o mesmo utilizador souber ainda que se encontra a uma distância de 800 km do satélite B, visualiza uma segunda esfera com um raio de 800 km e cujo centro é o satélite B. As duas primeiras esferas interceptam-se num círculo. Finalmente, se ele tiver conhecimento de que está a 750 km do satélite C, obtém uma terceira esfera com um raio de 750 km e cujo centro é o satélite C. A terceira esfera intercepta as duas primeiras esferas em dois pontos, representados a laranja na figura seguinte.

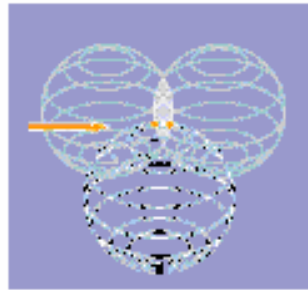


Figura II-10: Exemplo da Trilateração 3D.

Os receptores GPS utilizam por vezes um quarto satélite ou estações GPS terrestres para aumentar a sua precisão. Quanto maior for o número de satélites utilizados pelo receptor GPS, mais precisa poderá ser a informação final de posicionamento.



Figura II-11: Exemplo de um receptor GPS (com bússola e altímetro integrados).

A principal fragilidade desta tecnologia reside no facto do sinal de rádio usado pelo GPS ter enormes dificuldades em penetrar nas paredes dos edifícios, tornando os dispositivos baseados nesta tecnologia inadequados para ambientes interiores (*indoor*). Outra desvantagem consiste no facto da tecnologia GPS ser uma tecnologia ainda bastante cara. É de salientar que os preços praticados na venda dos dispositivos equipados com a tecnologia GPS continuam a ser considerados elevados.

II.2.2. Tecnologias Indoor

As tecnologias de localização *indoor* estão adaptadas para ambientes fechados ou interiores. Neste tipo de sistemas, encontramos, por exemplo, tecnologias baseadas em dispositivos de rádio frequência (RF), tecnologias baseadas em dispositivos de infravermelhos (IR) tecnologias baseadas na análise de imagens ou visão e tecnologias baseadas em sensores.

II.2.2.1. Tecnologia RF

II.2.2.1.1. Tecnologia RFID

A tecnologia de Identificação por Rádio Frequência (*Radio Frequency Identification*) permite a identificação de qualquer objecto com base em sinais de rádio frequência. Os dispositivos denominados *tags* RFID possibilitam a obtenção e o armazenamento remoto de dados.

As *tags* RFID são equipamentos de pequena dimensão que podem estar acoplados a pessoas, animais ou qualquer outro tipo de objecto. Estas *tags* são constituídas por simples chips de silício e antenas que respondem a sinais de rádio frequência emitidos por uma base transmissora (RFID Organization, 2008a).



Figura II-12: Exemplo de uma tag RFID (RFID Organization, 2008a).

As tags RFID permitem assim identificar os objectos a que estão associadas. São dispositivos de curto alcance pelo que podem ser utilizados na determinação da posição dos objectos que estão dentro do perímetro de alcance da estação transmissora.



Figura II-13: Exemplo de uma tag RFID aplicada a um produto de cosmética.

Esta tecnologia é ainda considerada cara mas começa a ser bastante utilizada em muitas aplicações industriais, por exemplo, na catalogação de recursos e na gestão de stocks.

II.2.2.1.2. Tecnologia Wi-Fi

As redes Wi-Fi são uma tecnologia sem fios (*wireless*), pertencente ao consórcio de companhias independentes, denominado *Wi-Fi Alliance*. Este consórcio certifica a

interoperabilidade de produtos de redes locais sem fios baseados na norma 802.11. A tecnologia Wi-Fi permite que dispositivos como os computadores pessoais, consolas de jogo, telemóveis, dispositivos MP3 ou PDA's possam conectar-se à Internet sem necessidade de cabos físicos. A área constituída por uma ou mais pontos de acessos inter-conectados denomina-se por *hotspot*. Qualquer dispositivo que obedeça à norma Wi-Fi funciona em qualquer lugar do mundo, ao contrário dos telemóveis por exemplo.



Figura II-14: PDA com acesso 802.11b (WLAN).

A tecnologia Wi-Fi permite a conectividade ponto-a-ponto (*peer-to-peer*) porque cada dispositivo pode conectar-se em modo ad hoc a qualquer outro. Assim, qualquer portátil pode conectar-se à Internet a partir de um *hotspot* Wi-Fi. Qualquer câmara digital pode transferir imagens para um computador ou para um telemóvel sem necessitar de usar cabos entre os dois dispositivos, tirando proveito da tecnologia Wi-Fi.

O número de pontos de acesso Wi-Fi foi-se multiplicando de tal forma que as redes WiFi são ubíquas, em especial nos ambientes urbanos. Existem cada vez mais *hotspots* disponibilizados em áreas de restauração, aeroportos e outras áreas de lazer. A tecnologia Wi-Fi permite que as LAN's possam ser implementadas sem a utilização de cabos para dispositivos de clientes, reduzindo os custos de dimensionamento da rede e sua respectiva expansão. Assim, os espaços onde os cabos não podem ser instalados tais como algumas áreas exteriores ou edifícios históricos podem alojar uma rede LAN sem fios.

Existem vários sistemas que tiram partido dos *hotspots* WiFi para determinar a posição de nós móveis quando estes estão no alcance destes *hotspots*. Quanto maior o número de hotspots maior será a precisão da localização.

II.2.2.1.3. Tecnologia Bluetooth

O Bluetooth é uma especificação industrial para redes sem fios WPAN (*Wireless Personal Area Network*). A tecnologia Bluetooth permite o estabelecimento de ligações de rádio de curto alcance (1m, 10m e 100m) para troca de dados entre dispositivos tais como telemóveis, portáteis, impressoras, câmaras digitais, etc. A norma Bluetooth define um protocolo de comunicação, inicialmente concebido para níveis de consumo baixos. A máxima potência permitida está associada ao respectivo alcance, como se pode ver na tabela abaixo (Jennifer Bray & Charles F. Sturman, 2001)

Classe	Máxima Potência Permitida (mW/dBm)	Alcance (valor aproximado)
Classe 1	10mW (20 dBm)	100 metros
Classe 2	2.5mW (4 dBm)	10 metros
Classe 3	1mW (0 dBm)	1 metro

Tabela II-1: As diferentes classes Bluetooth.

As especificações Bluetooth começaram pela norma Bluetooth 1.0 seguindo-se várias evoluções. A norma 2.1 (IEEE Standard 802.15.1 de 2007) é a mais actual e suporta taxas de transferência na ordem dos 3Mbps. Futuramente, a norma Bluetooth 3.0 poderá utilizar rádio UWB e permitir uma taxa de transferência de dados de 48Mbps.



Figura II-15: Equipamentos equipados com Bluetooth numa rede WPAN.

A tecnologia Bluetooth pode ser utilizada como método para determinação da localização por proximidade. O dispositivo móvel equipado com Bluetooth deve estar sempre no raio de alcance desta tecnologia.

II.2.2.2. Tecnologia IR

A *Infrared Data Association* (IrDa) é uma organização não lucrativa que criou os standards IrDa, de forma a especificar características de conexão e transferência de dados através de ligações de InfraVermelhos (*Infra-Red links*). A tecnologia de InfraVermelhos (*InfraRed*) suporta na sua grande parte comunicações de curto-alcance e ligações *ad-hoc* (Jennifer Bray et al., 2001). O princípio da tecnologia de infravermelhos consiste no seguinte: um dispositivo, denominado transmissor, envia um sinal luminoso na zona dos infravermelhos a partir de um LED (*light emissor diode*). O receptor irá decodificar os impulsos recebidos numa sequência de dados binários (0 e 1).

A tecnologia de infravermelhos apresenta as seguintes vantagens: é direccional; é barata; é de fácil construção; é segura (o facto de não atravessar objectos sólidos leva a que um sistema de infravermelhos numa divisão de um edifício não interfira com um sistema similar, existente numa divisão adjacente ou num edifício vizinho (Andrew S.Tanenbaum, 2003)); não necessita de nenhuma licença do governo para operar num sistema IR.

Por outro lado, esta tecnologia apresenta as seguintes desvantagens: não atravessa objectos sólidos (móveis ou paredes); sendo o seu meio óptico, é limitada à linha de visão (*line of sight*) (Jennifer Bray et al., 2001).

Parâmetro	Tecnologia IR
Meio	Direccional e óptico
Taxa de transmissão de dados (Mb/s)	De 1,152 a 4,16
Máximo alcance	De 20 cm a 1,2 m

Tabela II-2: Características da tecnologia IR.

Os dispositivos que suportam a comunicação por infravermelhos são geralmente controlos remotos de televisões, telemóveis, portáteis, adaptadores de infravermelhos com entrada USB, entre outros.

Na figura seguinte, são mostrados dois exemplos de dispositivos que implementam a tecnologia de Infravermelhos. A parte lateral esquerda da figura mostra um telemóvel CXT70 da Siemens, com uma entrada IrDa e a parte lateral direita da figura mostra um adaptador de infravermelhos com uma entrada USB para computador, portátil ou impressora.



Figura II-16: Dois dispositivos móveis que usam a tecnologia de Infravermelhos.

Esta tecnologia tem um uso limitado em computadores pessoais, possibilitando por exemplo a conexão a um portátil ou a uma impressora.

II.2.2.3. Tecnologia baseada em redes de sensores

As redes de sensores sem fios (*Wireless Sensor Networks - WSN*) são redes *wireless* constituídas por dispositivos autónomos distribuídos no espaço/ambiente. Estes dispositivos utilizam sensores de forma a monitorizar determinadas condições físicas ou ambientais, tais como a temperatura, o som, a vibração, a pressão, o movimento ou a poluição em diferentes locais (P.Nicopolitidis, M.S.Obaidak, G.I.Papadimitriou, & A.S.Pomportsis, 2003).

Numa fase inicial, o desenvolvimento de redes de sensores sem fios foi motivada por fins militares tais como a vigilância em cenários de guerra. Actualmente, este tipo de redes é usado em diversas áreas de aplicação: monitorização do ambiente, aplicações de saúde, controlo de tráfego, detecção de fogo e detecção de objectos.

Numa rede de sensores, cada nó é equipado com um *radio transceiver* ou qualquer outro tipo de dispositivo de comunicação sem fios, um microcontrolador e uma fonte de energia, normalmente uma bateria. O tamanho de um nó de um sensor é muito variado, podendo ir de milímetros a centímetros. O custo de um nó sensor depende do tamanho do sensor e da sua complexidade. Por esta razão cada nó sensor está restringido na utilização de recursos (e.g., a energia, a memória, a velocidade computacional e a sua largura de banda, etc.).

A parte lateral esquerda da figura seguinte mostra um dispositivo BTNode, desenvolvido pelo TIK (*Computer Engineering and Networks Laboratory*) e pelo grupo de pesquisa para sistemas distribuídos (*Research Group for Distributed Systems*). A parte lateral direita da figura mostra o dispositivo denominado Mica Node (R.K.Harle and A.Hopper, 2005).

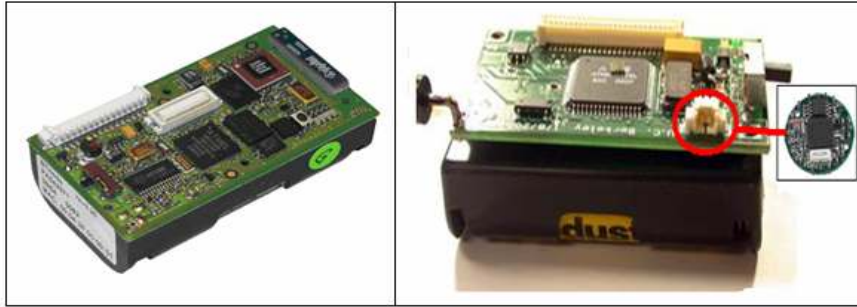


Figura II-17: Dispositivos BTNode rev3 e Mica Node (R.K.Harle and A.Hopper, 2005).

Existem vários sistemas *location-aware* que aplicam redes de sensores - WSN (*Wireless Sensor Network*), por exemplo, para monitorizar a entrada e o *tracking* de intrusos, pessoas ou objectos em determinada área, passando informação de um nó para o próximo. Assim que os sensores detectam os eventos que devem ser monitorizados (e.g., calor, pressão, som, luminosidade, vibração, campo electromagnético), reportam-nos a uma das estações-bases, para que estas realizem acções apropriadas. Algumas das desvantagens das WSN's estão relacionadas com o consumo energético, o custo dos sensores e a instalação dos nós.

II.2.2.4. Tecnologias baseadas em imagens

É possível também utilizar tecnologias de manipulação de imagens para a determinação da posição de objectos. Por exemplo, é possível associar códigos de barras (*barcodes*) a determinados objectos para os quais sabemos as suas posições. Ao identificarmos esses objectos, sabemos a nossa posição relativa. Os códigos de barras armazenam dados em conjuntos de linhas verticais impressas paralelamente.

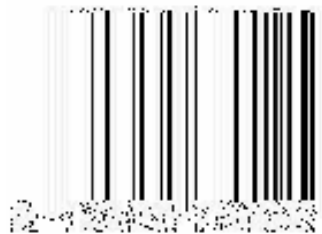


Figura II-18: Representação do número 0123456789005 em código de barras linear.

A figura seguinte mostra um exemplo de um código de barras, em que os dados são armazenados em círculos concêntricos.

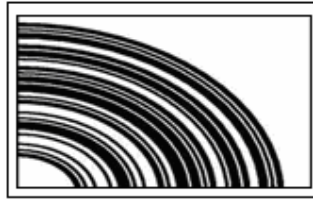


Figura II-19: Uma representação de um código de barras concêntrico.

O armazenamento de dados é efectuado quer sob a forma de conjuntos de pontos, de círculos concêntricos e mesmo através de código em texto escondido em imagens (T.Kindberg and J.Barton, 2001).

Os códigos de barras, impressos em etiquetas, são lidos por leitores ópticos (*optical scanners*) e podem ser digitalizados em imagens através de softwares específicos. Esta tecnologia é geralmente usada para implementar sistemas de identificação automatizada e de captura de dados (*Automated Identification And Data Capture*) que tiram proveito da velocidade e precisão de dados de entradas digitais. Estes sistemas são no entanto dispendiosos e não se coadunam com o uso diário dos utilizadores vulgares.

A empresa Semacode desenvolveu uma tecnologia baseada no reconhecimento de imagens. Esta empresa disponibiliza uma plataforma para fins não comerciais e totalmente gratuita (Semacode Corporation, 2008b). Esta plataforma é constituída por ferramentas de geração e leitura de *tags* para dispositivos móveis (telemóveis, PDA's e portáteis) e dispositivos fixos (computadores). A necessidade de codificar mais informação em combinação com os requisitos de espaço dos códigos de barras simples levou ao desenvolvimento de códigos do tipo matriz. A codificação matricial já não é representada por barras verticais, ou seja, por um código de barras linear. Esta nova codificação passa a ser representada por um código de barra bidimensional que consiste normalmente numa grelha de células rectangulares.

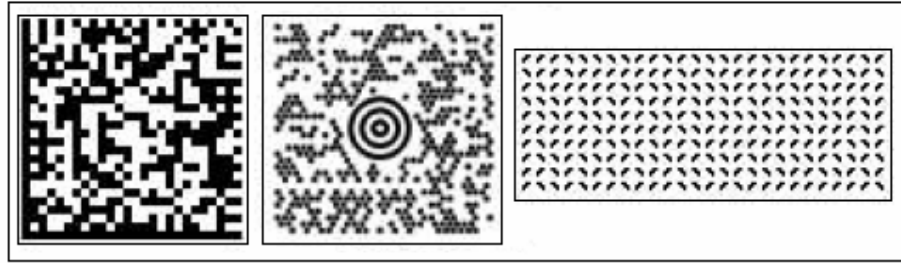


Figura II-20: Três simbologias do tipo matricial.

A tecnologia semacode usa uma codificação de dados do tipo matricial. Cada semacode permite associar um código de barras bidimensional do tipo DataMatrix a um endereço URL. Não existe a possibilidade do mesmo código de barras ser atribuído a dois endereços URL distintos ou o mesmo endereço URL ter dois códigos de barras diferentes. A tecnologia semacode permite que, para determinado endereço URL, seja gerado um código de barras que é único e que identifica esse endereço URL num universo de milhares de códigos de barras, gerados pela mesma tecnologia.

A forma de atribuir uma tag a uma imagem é conseguida com o software *semacode_tag*. O utilizador fornece um endereço do tipo URL a uma determinada imagem que será criada, aquando da execução do software. A execução do software *semacode_tag* irá criar a imagem *semacode.jpg*, associando-lhe o URL <http://www.semacode.org>.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\>
C:\>java -jar semacode_tag.jar -u http://www.semacode.org -f c:\semacode.jpg

```

Figura II-21: Execução do software semacode para associar uma imagem a um URL.

O conteúdo da imagem *semacode.jpg* terá o aspecto visualizado na figura seguinte.

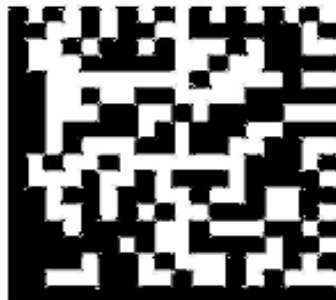
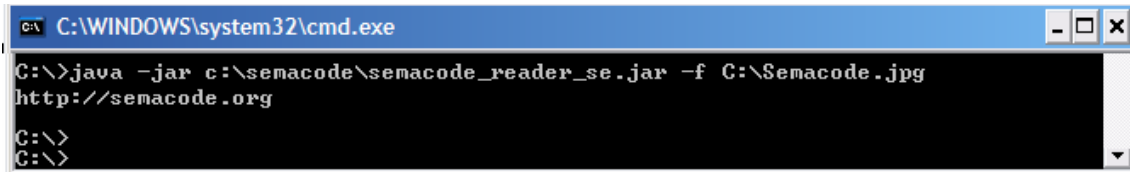


Figura II-22: Imagem semacode.jpg associada ao URL <http://www.semacode.org>.

A forma inversa consiste na leitura da etiqueta ou tag de uma imagem existente através da execução do software *semacode_reader*. O utilizador fornece apenas a localização e o nome da imagem, que já foi submetida ao software *semacode_tag* numa fase anterior. O resultado desta operação é a devolução do respectivo URL.



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\>java -jar c:\semacode\semacode_reader_se.jar -f C:\Semacode.jpg
http://semacode.org
C:\>
C:\>
```

Figura II-23: Leitura da tag associada à imagem Semacode.jpg.

Foi efectuado um teste de forma a descobrir se existia uma limitação relativa à distância entre o utilizador que tira uma fotografia e a resolução do URL associado à imagem obtida. Foram tiradas duas fotografias à mesma tag semacode impressa numa folha A4 branca. A única variação entre cada fotografia consistiu na distância entre a máquina fotográfica e a página. Aquando da captura da primeira fotografia, a máquina estava próximo da página. Aquando da captura da segunda fotografia, a máquina estava bastante mais afastada. Seguem-se as duas imagens relativas às duas fotografias.



Figura II-24: Fotografia tirada à página com a tag semacode (semacode1.jpg).



Figura II-25: Fotografia tirada à página com a tag semacode (semacode2.jpg).

De seguida, resolveu-se com sucesso, as tags URL das duas fotografias, validando-se em certa medida a robustez desta tecnologia. É de referir que a diminuição ou o aumento da imagem relativa à tag deve sempre ser proporcional, quer na altura, quer na largura da imagem. Caso não se respeite essa proporção, a imagem da tag irá perder a informação contida e a sua leitura e respectiva conversão num endereço URL será comprometida.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\>java -jar c:\semacode\semacode_reader_se.jar -f C:\Semacode1.jpg
http://semacode.org
C:\>
C:\>

```

Figura II-26: Leitura da tag associada à imagem Semacode1.jpg.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\>java -jar c:\semacode\semacode_reader_se.jar -f C:\Semacode2.jpg
http://semacode.org
C:\>
C:\>

```

Figura II-27: Leitura da tag associada à imagem Semacode2.jpg.

Esta tecnologia permite então criar uma tag, que uma vez associada a uma entidade física, por exemplo, um objecto ou um espaço físico, será a ligação entre essa mesma entidade e uma entidade virtual (T.Kindberg et al., 2000). Neste caso em concreto, a única entidade virtual que é permitida na tecnologia Semacode corresponde a um endereço URL, relativo a uma página web contendo determinada informação.

Tal como a empresa Semacode, a empresa Kyawa desenvolveu uma tecnologia baseada no reconhecimento de imagens, para dispositivos móveis (telemóveis, PDA's e portáteis) e dispositivos fixos (computadores). A tecnologia QR-Code (*Quick Response Code*) é mais complexa do que a tecnologia semacode, uma vez que não lida apenas com endereços do tipo URL como tipo de conteúdo. Esta tecnologia usa uma codificação de dados do tipo matricial que permite atribuir, por exemplo, um código de barras a um texto, a uma mensagem SMS, a um endereço URL ou a um número de telefone.

A aplicação web é disponibilizada gratuitamente para fins não comerciais. Esta aplicação online é composta por duas componentes de utilidade inversa, a componente de geração do código de barras (*generator*) e a componente de leitura (*reader*). A componente *generator* permite obter um código de barras do tipo matricial a partir de um texto, uma mensagem SMS, um endereço URL ou um número de telefone digitado pelo utilizador final. É de salientar que esta tecnologia possibilita guardar o código de barras matricial gerado sob a forma de código *HTML*, além do formato imagem. A figura seguinte mostra um exemplo da obtenção de um código de barra do tipo matricial a partir de um texto, no caso em concreto um endereço.



Figura II-28: QR-Code do tipo matricial correspondente a um texto (Kaywa Corporation, 2008c).

A figura seguinte mostra um exemplo da obtenção de um código de barras do tipo matricial a partir de um endereço URL.



Figura II-29: QR-Code do tipo matricial correspondente a um endereço URL.

O *reader* permite recuperar o conteúdo armazenado no respectivo código de barras do tipo matricial dado como entrada. O *reader* retorna um texto, uma mensagem SMS, um endereço URL ou um número de telefone consoante o tipo de conteúdo que originou o código de barras do tipo matricial.

Esta tecnologia permite então criar uma tag, que uma vez associada a uma entidade física, por exemplo, um objecto ou um espaço físico, será a ligação entre essa mesma entidade e uma entidade virtual (e.g., texto, SMS, URL ou número de telefone).

II.3. Sistemas sensíveis à localização

Nesta secção serão explorados alguns sistemas ou aplicações que foram desenvolvidas com base nas tecnologias de localização acima referidas.

II.3.1. PlaceLab

O PlaceLab é um sistema baseado em *beacons* emissores de rádio para determinar a posição/localização de utilizadores (Anthony LaMarca, Yatin Chawathe, Sunny Consolvo, Jeffrey HighTower, & Ian Smith, 2005). O PlaceLab é um sistema híbrido, ou seja, funciona tanto em contextos *indoor como outdoor*. Qualquer *laptop*, *PDA* ou telemóvel, instalado com o programa cliente PlaceLab pode estimar a sua localização através da escuta de dispositivos emissores RF, denominados *Radio Beacons* tais como pontos de acesso 802.11, torres de telemóveis GSM e dispositivos Bluetooth fixos. Estes pontos de rádio frequência possuem uma identificação como por exemplo o identificador da célula (*cell id*) ou um endereço do tipo MAC (Anthony LaMarca et al., 2005).

A figura seguinte mostra a arquitectura do sistema Placelab e os seus três principais componentes: os *beacons* de rádio disponíveis e dispersos pelas cidades, as bases de dados que armazenam a informação da localização dos *beacons* e os clientes PlaceLab que utilizam essa mesma informação para estimar a sua localização.

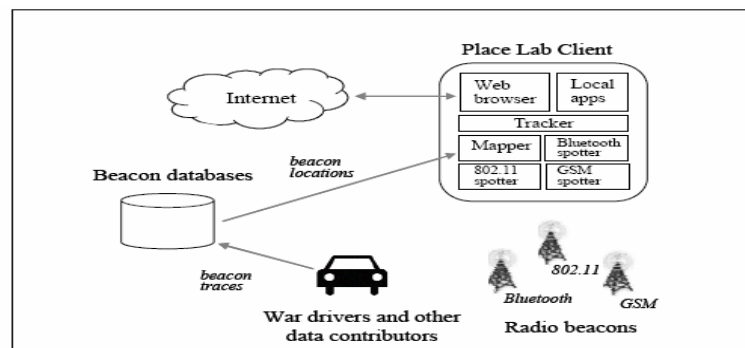


Figura II-30: Componentes da arquitectura PlaceLab (Anthony LaMarca et al., 2005).

Os clientes PlaceLab apenas necessitam de interagir com os *beacons* emissores de rádio para tomar conhecimento das suas identificações únicas apelidadas de impressões digitais (cf. *fingerprinting*). O utilizador final não necessita de transmitir nenhum tipo de dados nem necessita de escutar a transmissão de dados de qualquer outro utilizador. O projecto PlaceLab elimina também a necessidade de recorrer a constantes interações com uma central de serviços, ao contrário do que acontece com os serviços de localização de telemóveis em que o próprio serviço é que calcula essa informação de localização.

Caso o cliente PlaceLab interaja com um *beacon* do tipo 802.11, o processo é passivo sendo baseado na escuta de uma frame do *beacon* periodicamente enviada pelos pontos de acesso 802.11. Se a interacção for com um *beacon* do tipo Bluetooth, esta tecnologia obriga a que o cliente PlaceLab inicie um *scan* de forma a descobrir os *beacons* mais próximos do seu dispositivo móvel. Finalmente, se a interacção for com um *beacon* do tipo GSM, devido à restrição de interfaces de programação, a detecção da identificação de células exige dispositivos móveis com uma certa tecnologia.

Os clientes Placelab calculam a sua própria localização através da escuta de uma ou mais identificações dos pontos de rádio frequência, procurando as respectivas posições associadas a esses pontos num mapa armazenado localmente (*local cached map*). Visto que são conhecidas as localizações dos *beacons* identificados, os clientes PlaceLab conseguem estimar as suas próprias posições em relação a estes.

A tabela seguinte resume as plataformas para as quais o sistema PlaceLab se encontra disponível/funcional. É por isso considerado um sistema multi-plataforma, qualquer que seja a tecnologia de beacons utilizada.

Sistema Operativo	Arquitectura	Beacons 802.11 abg	Beacons GSM	Beacons Bluetooth
Windows XP	x86	•	•	•
Linux	x86, ARM, XScale	•		
OS X	Power PC	•		
Pocket PC 2003	ARM, XScale	•	•	•
Symbian	Series 60 cell phones		•	•

Tabela II-3: PlaceLab - Plataformas e Tecnologias RF (Anthony LaMarca et al., 2005)

O sistema PlaceLab oferece múltiplas formas de comunicação de informação de localização a aplicações exteriores. Por esta razão, várias aplicações usam o sistema PlaceLab como substituição do GPS e como forma de obtenção da localização do utilizador final. A aplicação Topiary exemplificada na figura seguinte é uma dessas aplicações gratuitas, disponibilizadas pelos criadores do sistema PlaceLab e pela própria comunidade de utilizadores do sistema PlaceLab.



Figura II-31: Topiary – aplicação sensível à localização baseada no PlaceLab.

É de constatar que cada *scan*, efectuado pelo cliente PlaceLab para descobrir os *beacons* Bluetooth mais próximos demora cerca de 10 segundos. Assim, é preferível o uso de *beacons* 802.11 e/ou GSM. Basta que o cliente PlaceLab se desloque a passo humano para que um qualquer dispositivo Bluetooth próximo não seja descoberto durante o processo de *scan*.

A cobertura e a precisão do sistema PlaceLab dependem do número e do tipo de *beacons* ao alcance do dispositivo móvel. Actualmente, todas as áreas mais desenvolvidas do mundo têm cobertura GSM assim como inúmeras cidades e vilas possuem já uma excelente cobertura de pontos de acesso 802.11. A figura seguinte mostra os resultados obtidos durante alguns testes experimentais, permitindo constatar que a precisão varia drasticamente com a densidade dos *beacons*. As zonas urbanas apresentam uma maior densidade de pontos de acesso 802.11 do que zonas rurais. Os *beacons* GSM permitem oferecer uma cobertura constante de 100%. A média de precisão dos *beacons* 802.11 é de 15 a 20 metros enquanto a média dos *beacons* GSM é de 100 a 200 metros. A combinação dos *beacons* 802.11 e GSM demonstra os melhores resultados de cobertura e de precisão.

	802.11		GSM		802.11 + GSM	
	accuracy	coverage	accuracy	coverage	accuracy	coverage
Downtown Seattle (Urban)	20.5 m	100.0%	107.2 m	100.0%	21.8 m	100.0%
Ravenna (Residential)	13.5 m	90.6%	161.4 m	100.0%	13.4 m	100.0%
Kirkland (Suburban)	22.6 m	42.0%	216.2 m	99.7%	31.3 m	100.0%

Tabela II-4: Precisão do PlaceLab em função do tipo e cobertura dos *beacons*.

Concluindo, o PlaceLab é um sistema robusto e preciso na determinação da localização dos utilizadores finais. É um sistema que não expõe a localização dos seus utilizadores e é gratuito (os binários e as fontes do PlaceLab estão disponíveis online).

II.3.2. GUIDE

O projecto GUIDE é um exemplo sofisticado de um serviço baseado na localização (*Location Based Service*) desenvolvido pela Universidade de Lancaster. O sistema Guide disponibiliza informação de localização aos utilizadores finais evitando a necessidade de recorrer a um sistema auxiliar de localização tal como o GPS. Além de ser um sistema sensível à localização, o sistema GUIDE oferece serviços interactivos e outros tipos de informação dinâmica tal como acesso à *World Wide Web* (Keith Cheverst, Nigel Davies, Keith Mitchell, & Adrian Friday, 2000).

O projecto GUIDE pode ser visto como um sistema turístico computacional (Keith Cheverst et al., 2000) cujo objectivo consistia no fornecimento de informação sensível ao contexto aos visitantes da cidade de Lancaster. Este sistema baseia-se na combinação de pequenas unidades móveis e uma rede *wireless* de banda larga. A rede *wireless* possibilita a difusão da informação do sistema central para todas as unidades móveis. O projecto Guide é diferente dos restantes projectos turísticos baseados em computador porque cada unidade móvel (*end-system*) obtém a informação através de um *link* de comunicação do tipo *wireless*. O dispositivo móvel utilizado pelo sistema GUIDE é um Fujitsu TeamPad 7600. A figura seguinte exemplifica a infraestrutura de comunicação implementada pelo sistema GUIDE.

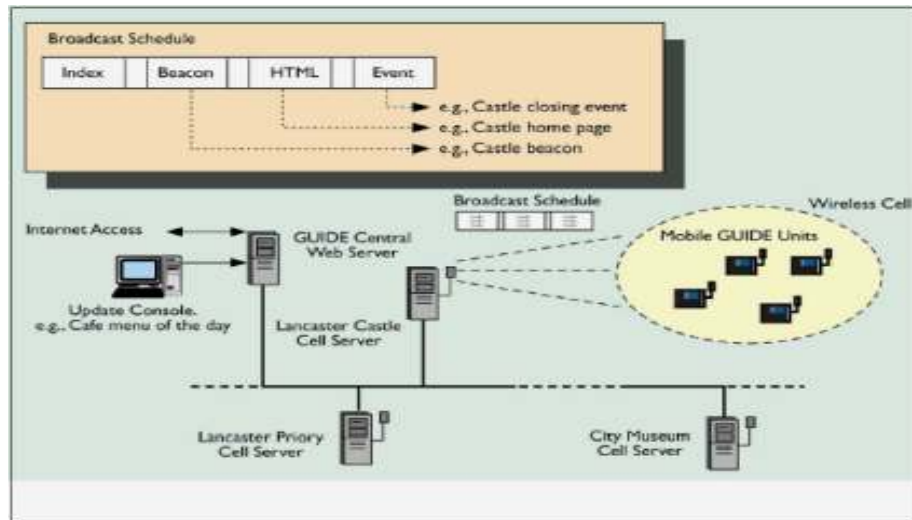


Figura II-32: Infra-estrutura do sistema GUIDE (Keith Cheverst, Keith Mitchell, & Nigel Davies, 2002)

O sistema GUIDE foi concebido de forma a oferecer às seguintes características:

- É flexível de forma a permitir que os visitantes possam explorar e aprofundar os seus conhecimentos relativos à cidade de Lancaster: os visitantes podem ter 2 tipos de comportamentos, o passivo e o activo. Caso os visitantes escolham o comportamento passivo, é-lhes disponibilizada uma visita guiada pré-estabelecida pelo sistema GUIDE. Caso os visitantes optem pelo comportamento activo, os próprios utilizadores definem o seu roteiro através do uso de mapas de ruas e guias oferecidos pelo sistema GUIDE.
- É sensível à localização: a informação apresentada aos visitantes pelo sistema GUIDE é adaptada ao contexto dos mesmos. Existem 2 classes de contexto, o pessoal e o ambiental. O contexto pessoal foca os interesses dos visitantes (e.g., História, Arquitectura, localização actual, atracções visitadas e outras preferências). A aplicação tem conhecimento da posição física e da preferência dos utilizadores. Desta forma, este sistema faz uso desse conhecimento para disponibilizar informação e oferecer serviços específicos, quer em relação ao utilizador, quer em relação a determinada localização. Caso um utilizador esteja interessado no tema História, a unidade Guide será capaz de traçar um roteiro, tendo em consideração esse ponto de interesse além de disponibilizar toda a informação relativa de como chegar de uma localização até à

próxima. Assim que o utilizador chega a uma determinada localização, a unidade Guide irá descrever, sob o ponto de vista histórico, todo o cenário dessa mesma localização (Keith Cheverst et al., 2000). O contexto ambiental baseia-se nas condições ambientais tais como a hora do dia, a meteorologia prevista e os horários de abertura das atracções.

- Suporta informação dinâmica: a informação relativa a possíveis alterações de horários de abertura ou fecho de atracções assim como a informação relativa a menus especiais e diárias de cafés e restaurantes são disponibilizadas ao visitante sempre que apropriado.
- Oferece serviços interactivos: a reserva e marcação de alojamentos ou viagens são exemplos de serviços interactivos providenciados pelo Centro de Informação Turística (*Tourist Information Centre*) do sistema GUIDE. Cada *unidade móvel* é capaz de oferecer serviços interactivos de suporte tal como reserva de bilhetes, pesquisas (*enquiries*) ou comunicação com outros utilizadores e possibilitar o acesso ao serviço de informação turística além dos restantes recursos da Internet (Keith Cheverst et al., 2000).

A figura seguinte mostra um ecrã inicial da aplicação do sistema GUIDE. Está sempre visível no canto inferior esquerdo a informação da célula de localização assim como o estado do sistema GUIDE, relativo à recepção de actualizações de localização.



Figura II-33: Ecrã inicial da aplicação do sistema GUIDE (Lancaster University, 2007d).

A figura seguinte mostra um ecrã de carácter informativo da aplicação do sistema GUIDE, em que todas as opções possíveis são listadas.

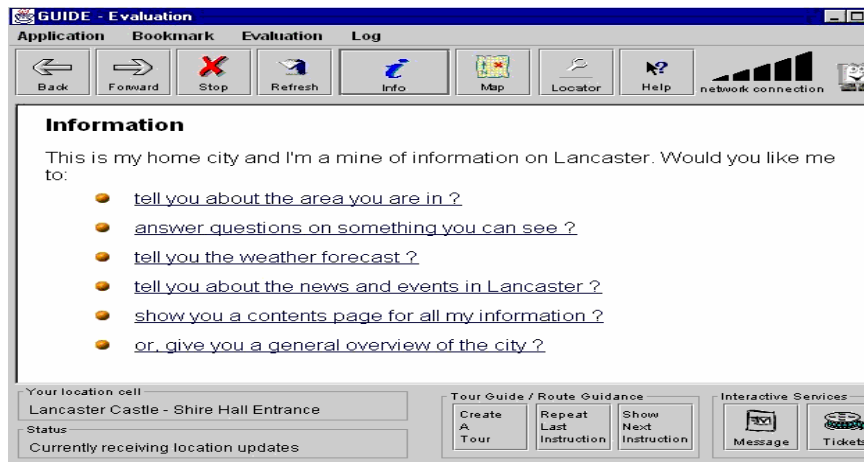


Figura II-34: Ecrã informativo com as opções do GUIDE (Lancaster, 2007d).

A figura seguinte mostra um ecrã da aplicação do sistema GUIDE, em que é proposta uma visita guiada desde o monumento *Shire Entrance Hall* até ao castelo de Lancaster. É visível na mesma figura o estado do sistema GUIDE, relativo à recepção de actualizações de localização.



Figura II-35: Visita desde o “Shire Hall Entrance” até ao castelo de Lancaster (Lancaster University, 2007d).

Concluindo, o GUIDE é um sistema sensível à localização que respeita a privacidade do utilizador.

II.3.3. Sistema Herecast

O sistema Herecast é uma infra-estrutura aberta para serviços sensíveis à localização, baseada na tecnologia Wi-Fi, tendo sido desenvolvida pelo Departamento de Ciências de Computação da Universidade de Western Ontario, em Abril de 2004. Esta aplicação é gratuita, não necessita de nenhum hardware específico e tira partido das redes wireless 802.11 existentes. Esta característica é particularmente interessante uma vez que actualmente, é prática comum a maior partes dos dispositivos móveis (PDA's e portáteis) virem equipados com placas Wi-Fi (Mark Paciga, 2004).

Esta aplicação é independente do ambiente onde o utilizador se encontra e por isso é um sistema dual *indoor-outdoor*. O sistema Herecast é um sistema de posicionamento simbólico (*Symbolic Positioning System*) porque a localização é expressa através de uma representação simbólica, ou seja, através de nomes de ruas, nomes de cafés e não através de coordenadas espaciais (Mark Paciga, 2004).



Figura II-36: Sistema Herecast instalado num dispositivo com Wi-Fi.

O sistema Herecast possui uma base de dados de pontos de acesso que podem cobrir uma cidade inteira ou mesmo o mundo inteiro. A primeira vez que um ponto de acesso é descoberto pelo utilizador, esse mesmo utilizador irá introduzir toda a informação descritiva da localização desse ponto de acesso. Esta informação será actualizada na base de dados global, sendo disponibilizada para qualquer outra que no futuro aceda a essa localização. A vantagem de base construída em comunidade é que não requer nenhum tipo de administração específica, uma vez que todos os utilizadores trabalham em conjunto.

A base de dados possui a informação relativa à localização física de cada ponto de acesso, nomeadamente o país, a província, a cidade, a rua, o nome do edifício, o andar e o número de apartamento. Um simples dispositivo como um PDA será capaz de tratar da informação da base de dados, uma vez que apenas necessitará de 5KB de memória para armazenar a informação relativa a 150 pontos de acesso. A figura seguinte mostra o serviço Heresay disponibilizado pelo sistema Herecast, que permite uma conversa digital entre dois utilizadores distantes.

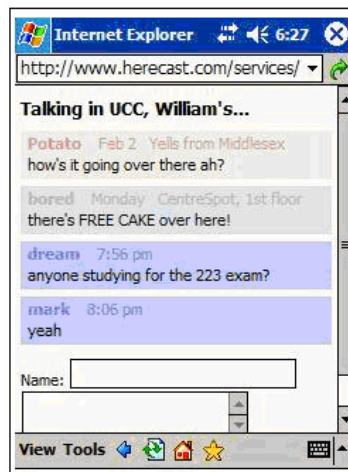


Figura II-37: Serviço “Heresay” disponibilizado pelo sistema Herecast.

O sistema Herecast respeita a privacidade do utilizador, uma vez que qualquer um se pode ligar a este serviço, através de qualquer dispositivo móvel com acesso Internet, sem necessitar de efectuar qualquer tipo de registo.

II.3.4. Sistema RADAR

O RADAR é um sistema de vigilância e localização de utilizadores no interior de edifícios, baseado na tecnologia de Rádio Frequência. O projecto RADAR regista e processa a informação da força do sinal recolhido em múltiplas estações-base (*base-stations*), com a finalidade de obter uma maior cobertura à área de interesse e triangular o utilizador. Este sistema utiliza técnicas que combinam medidas empíricas com modelação de propagação de sinal para permitir o desenvolvimento de serviços e aplicações sensíveis à localização (Paramvir Bahl & Venkata N.Padmanabhan, 2000). O RADAR é um sistema de localização por proximidade, que utiliza um conjunto de medições da força do sinal e observações de transmissões rádio de um dispositivo de rede 802.11 (Jeffrey HighTower et al., 2001a).

O objectivo do sistema RADAR consiste no armazenamento da informação do sinal rádio como função da localização do utilizador. A informação do sinal é usada para construir e validar modelos de propagação de sinal assim como inferir a localização do utilizador em tempo real. O driver FreeBSD 3.0 WaveLan extrai a informação relativa à força do sinal de rádio (*signal strenght*) e à informação relativa à razão do sinal e do ruído (*signal-to-noise ratio*) a partir do *firmware*, sempre que um pacote do tipo broadcast é interceptado.

Foi realizada uma experiência num cenário com três estações-base (BS1, BS2 e BS3) distribuídas no segundo andar de um edifício. Cada estação de base correspondia a um computador com FreeBSD e equipado com um adaptador *wireless*. Os utilizadores móveis usavam um laptop com Microsoft Windows 95. Quer as estações de base, quer o *cliente* móvel possuíam uma interface de rede RF LAN da Digital Roam About (Paramvir Bahl et al., 2000).

As unidades móveis transmitem periodicamente pacotes denominados *beacons* que são recebidos e registados pelas estações-base. A Figura II-38 representa o edifício onde decorreu a experiência que serviu de teste ao sistema RADAR. As estrelas azuis identificam as três estações base (BS1, BS2 e BS3) e os pontos vermelhos representam os pontos de recolha da força do sinal.

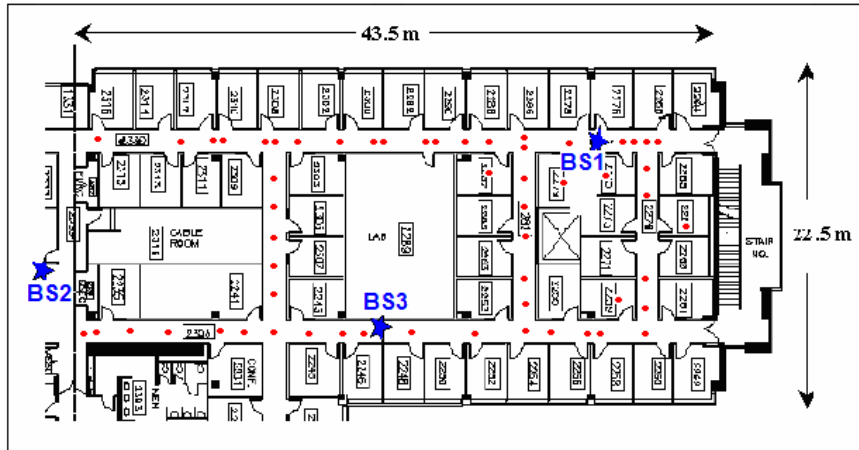


Figura II-38: Edifício com três estações de base (BS1, BS2 e BS3) (Paramvir Bahl et al., 2000).

O sistema RADAR obtém as coordenadas de cada sala do edifício, as coordenadas das três estações-base assim como calcula o número de paredes que obstruem as linhas directas entre cada estação-base e as localizações onde são recolhidas as informações da força do sinal medido. Posteriormente é construído um modelo de propagação de sinal, através da aplicação de vários algoritmos.

No entanto há alguns factores, como por exemplo a orientação do utilizador, que têm impacto no valor da força do sinal medido por cada estação-base. Para cada estação-base e cada localização do utilizador é calculada a força do sinal média para as quatro orientações da localização do utilizador. No final é seleccionada a força do sinal mais elevada e por sua vez a localização e respectiva orientação do utilizador (Paramvir Bahl et al., 2000).

A figura seguinte mostra que o valor da força do sinal de rádio medido por cada uma das três estações-base varia com a distância do utilizador em relação a essa estação-base. Se o utilizador se aproxima da estação-base, a força do sinal recebido é maior. Se o utilizador se afasta da estação-base, a força do sinal recebido é menor.

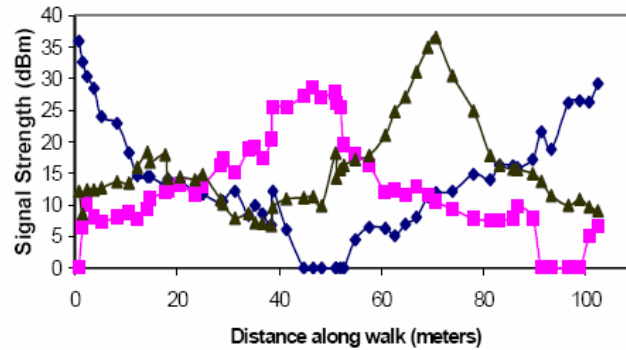


Figura II-39 : Força do sinal RF medido varia com a distância do utilizador em relação à estação-base.

O projecto RADAR é um sistema *indoor* robusto, com baixo custo e com uma precisão apreciável na localização e detecção de utilizadores quando se reduzem as interferências Rádio. Estima-se que o erro de resolução do sistema RADAR é de aproximadamente 2 a 3 metros na localização do utilizador final (Paramvir Bahl et al., 2000). É possível o sistema RADAR preservar a privacidade do utilizador, no entanto esta possibilidade é apenas conseguida com alguma computação efectuada por parte do utilizador (Nissanka B.Priyanta, Anit Chakraborty, & Hari Balakrishnan, 2000).

Uma limitação do sistema RADAR consiste no esforço considerável que é necessário para construir uma estrutura de dados da força de sinal de rádio para cada ambiente físico de interesse. Outra limitação baseia-se na complexidade de dimensionamento e configuração do sistema devido à necessidade do mapeamento de rádio frequência (*RF mapping*) do local, uma vez que existe a constante necessidade de repetição do processo de recolha de dados sempre que uma estação-base for deslocada (Nissanka B.Priyanta et al., 2000). O sistema RADAR não permite uma heretogeneidade de redes (Nissanka B.Priyanta et al., 2000).

II.3.5. Sistema B-MAD

O sistema B-MAD (*Bluetooth Mobile Advertising*) é um sistema de alerta e notificação (*advertising*) móvel sensível à localização, utilizando o posicionamento com base na tecnologia *Bluetooth* e no protocolo WAP (*Wireless Application Protocol*) (Lauri Aalto, Nicklas Göthlin, Jani Korhonen, & Timo Ojala, 2004).

A utilização deste sistema teve lugar na zona de Rotuaar, na Finlândia. Foram colocadas algumas estações *Bluetooth* localizadas na zona de Rotuaar. Na Figura abaixo, os sensores Bluetooth estão referenciados como pontos vermelhos no respectivo mapa.



Figura II-40: Sistema B-MAD - sensores Bluetooth localizados na zona de Rotuaar

O posicionamento baseado na tecnologia *Bluetooth* baseia-se num processo de geração e envio de mensagens de notificação (push) sempre que um utilizador passe na proximidade de um sensor *Bluetooth*, por exemplo instalado na vitrina de uma loja ou em qualquer outro local.



Figura II-41 : Sistema B-MAD - sensor Bluetooth colocado junto a vitrina de uma loja.

A figura seguinte mostra um exemplo de publicidade, recebida num dispositivo Nokia 3650. Neste caso específico, esta mensagem relativa à promoção de colares e pulseiras foi desencadeada quando o utilizador passou na proximidade do sensor Bluetooth, localizado numa determinada ourivesaria, sendo enviada para o telemóvel desse mesmo utilizador.



Figura II-42 : Sistema B-MAD - exemplo de publicidade recebida num telemóvel.

O protocolo WAP é o canal de entrega de conteúdos de notificações e alertas, possibilitando ao utilizador o download e a leitura desse tipo de mensagens no seu dispositivo móvel. A aplicação B-MAD opera da seguinte forma:

- 1° O sensor Bluetooth descobre os endereços (únicos e globais) do dispositivo Bluetooth, denominados *BD_ADDR*s;
- 2° O sensor Bluetooth envia todos os endereços através de uma conexão WAP a um servidor, denominado *Ad Server*. Cada endereço possui um identificador de localização;
- 3° O servidor *Ad Server* mapeia os endereços com os números de telemóveis do utilizador (*MSISDN*'s) e verifica, na base de dados, se existe algum aviso de não-entrega associado com a localização que não foi entregue ao utilizador final.
- 4° Os avisos ou alertas de não-entrega são enviados para o sistema *Push Sender* para entrega.
- 5° O sistema *Push Sender* entrega os avisos ou alertas como sendo mensagens do tipo *WAP Push Service Indication*.

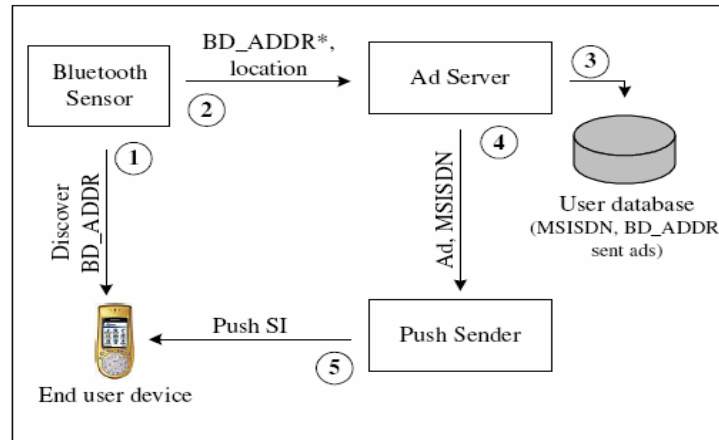


Figura II-43: Sistema B-MAD - entrega de alertas PUSH WAP (Lauri Aalto et al., 2004).

Os requisitos relativos aos dispositivos de sensores e aos dispositivos móveis dos utilizadores finais apontam para modelos comercializados com capacidades GPRS, interface de programação para Bluetooth, *stack* para comunicação com os sensores assim como um *browser* xHTML. Desta forma, a exigência destes requisitos restringe a escolha dos dispositivos apenas aos equipamentos que utilizam Symbian OS e aos telemóveis Nokia Series 60 (Lauri Aalto et al., 2004).

O sistema B-MAD é uma solução viável para a realização de alertas e notificações móveis, sensíveis à localização do utilizador final e autorizadas, uma vez que acontecem com a permissão do utilizador final. No entanto, o projecto B-MAD possui algumas limitações. O posicionamento baseado na tecnologia Bluetooth nem sempre é fiável nem acontece em tempo real. Alguns utilizadores passavam na proximidade do sensor Bluetooth sem que nenhuma notificação fosse gerada automaticamente. O facto de se tratar de um serviço de notificação e de nem todos os utilizadores estarem preparados para receberem mensagens de alerta, pode ser visto como uma falha.

Outra desvantagem bastante significativa prende-se com o facto da privacidade do utilizador ser violada porque obriga à subscrição do próprio (Lauri Aalto et al., 2004). Outra limitação do projecto B-MAD está relacionada com a sua latência, uma vez que o sensor Bluetooth espera pela expiração do tempo de validade do pedido para enviar os endereços dos dispositivos encontrados. O sensor Bluetooth deveria proceder ao envio imediato dos endereços assim que os dispositivos fossem descobertos. Por fim, existe ainda uma restrição

baseada na ausência de preferências e perfis do sistema B-MAD, uma vez que os alertas deveriam ser adaptados ao perfil de cada utilizador. Deveriam, por exemplo, ser considerados nestes perfis, o género, a idade, a linguagem, os interesses e a frequência de notificação. Deste modo o sistema B-MAD poderia ser mais flexível às preferências do utilizador final (Lauri Aalto et al., 2004).

II.3.6. Sistema SmartLibrary

O projecto SmartLibrary é um serviço móvel sensível à localização, destinado a bibliotecas. Este sistema foi implementado na biblioteca central da Universidade de Oulu na Finlândia, sendo ainda hoje um dos serviços de clientes disponibilizados pela mesma instituição de ensino superior (Markus Aittola, Tapio Ryhänen, & Timo Ojala, 2008).

Este projecto destina-se a facilitar a orientação na biblioteca principalmente a utilizadores não familiarizados com o edifício e que necessitem de consultar a informação de determinado livro ou pesquisar um conjunto de obras alusivas a determinado tópico. O sistema SmartLibrary ajuda os utilizadores a encontrar um determinado livro ou outro material existente na biblioteca. Esta ajuda é providenciada sob forma de mapas que servem de guia para indicar a respectiva localização da prateleira onde se encontra o respectivo livro. Estes mapas são disponibilizados directamente no dispositivo móvel (PDA) do utilizador final.

Este guia é integrado num catálogo *online* da biblioteca, para que todos os livros devolvidos por uma pesquisa no catálogo possam ser localizados. Através do uso de um dispositivo móvel como um PDA, o utilizador pode aceder aos recursos *online*, oferecidos pela biblioteca, em qualquer parte da biblioteca e não apenas a partir dos terminais públicos existentes na biblioteca. Este sistema utiliza conectividade WLAN e é totalmente baseado em *software*, sendo disponibilizado através de pontos de acesso, não sendo necessário qualquer hardware adicional (Markus Aittola et al., 2008).

Foram instalados pontos de acesso da rede WLAN no primeiro andar da biblioteca central da Universidade de Oulu, para acesso à Internet. Na totalidade, foram colocados seis pontos de

acesso para garantir uma maior precisão do posicionamento do dispositivo móvel. Na figura abaixo, os pontos a vermelho representam esses seis pontos de acesso à Internet.

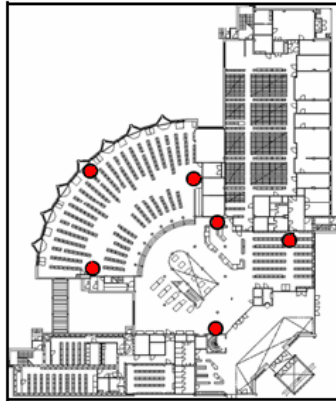


Figura II-44: SmartLibrary - pontos de acesso à Internet sem fios na biblioteca da Universidade de Oulu.

O serviço SmartLibrary foi construído com base em dois sistemas existentes: o sistema OULA e o sistema SmartWare. O sistema OULA é um catálogo *online* da biblioteca central da Universidade de Oulu. O sistema SmartWare é um protótipo de uma arquitectura, desenvolvido pela Universidade de Oulu, para oferecer serviços multimédia móveis e sensíveis á localização. O posicionamento é implementado pela tecnologia de posicionamento de Ekahau, baseada em medições da intensidade do sinal WLAN. A Figura II-45 mostra o diagrama relativo à arquitectura do serviço SmartLibrary.

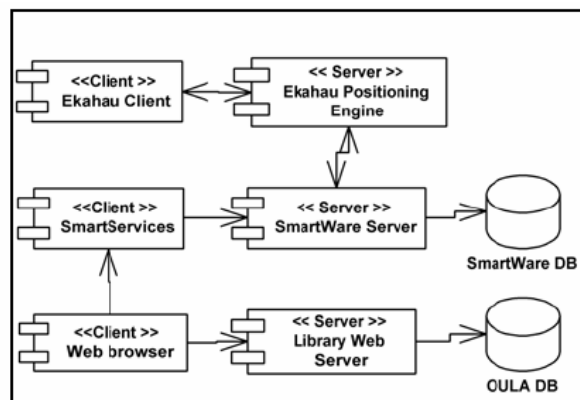


Figura II-45: Diagrama relativo à arquitectura do sistema SmartLibrary.

Do lado do cliente, existem três executáveis: o cliente Ekahau, o *software* SmartServices e o *browser web*. O cliente Ekahau efectua a medição das propriedades da força do sinal WLAN e envia-as para o Motor de Posicionamento Ekahau (*Ekahau Positioning Engine*), existente no servidor. Este motor calcula a localização estimada do cliente.

O *browser web* é usado para navegar na interface do utilizador, denominada OULA-pda. A OULA-pda é uma aplicação *web* desenhada exclusivamente para dispositivos de pequena dimensão e permite o acesso directo à base de dados OULA. O utilizador invoca o serviço de guia (*guidance service*) no *software* SmartServices, seleccionando um determinado *hyperlink* relativo a uma obra do seu interesse. O *software* SmartServices comunica com o SmartWare do servidor para obter informações relativas à localização do utilizador e das estantes. A localização das prateleiras dos livros assim como dos livros é armazenada na base de dados SmartWare. A informação da localização do utilizador e das estantes é transferida para o serviço de guia da interface do utilizador através da componente SmartWare, existente no servidor. O uso do SmartLibrary integra-se num dos cenários seguintes. Numa primeira visita à biblioteca central da Universidade de Oulu, o utilizador pretende encontrar uma determinada obra de um autor específico, por exemplo, o autor Tolkien. Para tal, basta que o utilizador aceda à página *web* da biblioteca, a partir de seu dispositivo móvel, insira como parâmetro de entrada o nome do respectivo autor e efectue a respectiva pesquisa (Figura II-46).



Figura II-46: Pesquisa na interface OULU-pda (esquerda) e respectivo resultado (direita) (Markus Aittola et al., 2008).

De imediato, o utilizador obtém uma lista contendo os livros do autor Tolkien existentes na biblioteca e pode seleccionar o *link* denominado “Locate” relativo ao livro do seu interesse, acedendo ao guia baseado num mapa que lhe permite localizar a estante onde o livro se encontra.



Figura II-47: Mapa visualizado no ecrã do PDA do sistema SmartLibrary (Markus Aittola et al., 2008).

Na Figura II-47, a localização do utilizador é representada por um ponto vermelho e a localização relativa à estante onde se encontra o livro pretendido pelo utilizador é representada por um quadrado azul.

II.3.7. Sistema Bat

O sistema Bat é um sistema de localização *indoor* que utiliza a tecnologia de ultra sons existente em *tags* denominadas *Bat* (R.K.Harle and A.Hopper, 2005). As *tags Bat* têm as dimensões de 8 x 4 x 1.5 cm e um peso de 50g, podendo ser acopladas a um cinto, um fio ou a uma pulseira. As *Bats* emitem impulsos à frequência de 40kHz. O comando do sistema é efectuado por rádio-frequência com sinais na banda de frequência de 433MHz. Esses impulsos são recebidos por uma matriz de receptores, existentes numa placa. Cada receptor regista o tempo diferencial entre a emissão do impulso e a recepção do mesmo. Permite, ainda, a determinação da separação do receptor-*Bat* e o cálculo da posição do *Bat* através de um algoritmo denominado multilateração (*multilateration*). O algoritmo multilateração ou de posicionamento hiperbólico (*hyperbolic positioning*) é completamente diferente do algoritmo

de trilateração (*trilateration*). É um processo de localização de um determinado objecto através do cálculo exacto da diferença de tempo de chegada (*Time Difference Of Arrival*) do sinal emitido pelo objecto a três ou mais receptores. Este processo também é aplicável à localização de um receptor, sendo medido neste caso o TDOA do sinal transmitido por três ou mais transmissores sincronizados.

A multilateração é geralmente muito mais precisa e exacta para localizar um objecto do que as técnicas como a trilateração, porque é mais fácil medir tempos com precisão. A precisão da multilateração é uma função que envolve as variáveis apresentadas na Tabela II-5.

As variáveis da função relativa à precisão da Multilateração
A geometria do receptor
A geometria do emissor
A precisão de tempo do receptor (<i>timing accuracy</i>)
A precisão da sincronização dos sites receptores
A precisão da sincronização dos sites transmissores
A largura de banda dos impulsos emitidos
As incertezas na localização do receptor

Tabela II-5: Variáveis de entrada da precisão da multilateração.

A figura seguinte mostra a infra-estrutura do sistema Bat, em que uma rede de nós receptores está montada no tecto de cada sala do edifício e cada indivíduo é identificado por um tag Bat.

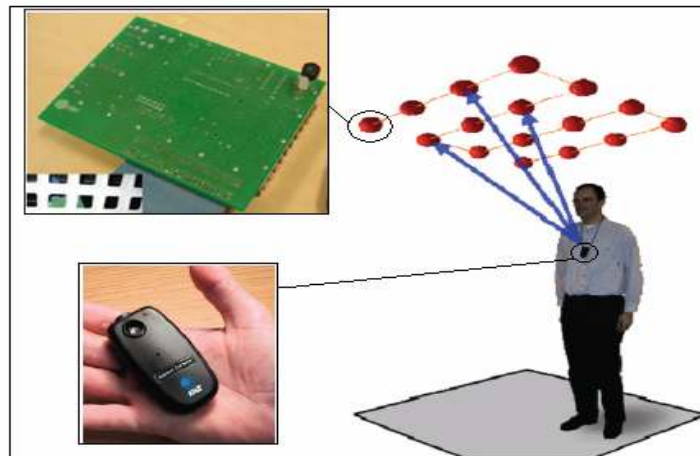


Figura II-48: Placa receptora e dispositivo Bat (Aaron Quigley et al., 2004).

O sistema opera usando uma combinação de sinais RF e ultrasons para estimar a localização do utilizador, identificado pela tag Bat. Cada dispositivo Bat emite uma série de impulsos ultrasónicos, direccionados para uma matriz de nós receptores montados no tecto da sala onde se encontra o indivíduo em questão (R.K.Harle and A.Hopper, 2005). O sistema Bat recolhe o tempo que cada receptor demora a medir cada impulso e baseado na velocidade das ondas ultrasónicas, é capaz de determinar a localização de cada Bat (Aaron Quigley et al., 2004)

A figura assinala a amarelo as zonas cobertas pelo sistema Bat em Cambridge.



Figura II-49: Distribuição física do sistema *Bat* em Cambridge.

O sistema Bat apresenta características de precisão e robustez. Estima-se que este sistema tenha a capacidade para determinar a posição de 75 objectos por segundo. O sistema Bat é rigoroso e escalável sendo a sua precisão de aproximadamente 3 cm nas três dimensões espaciais (Aaron Quigley et al., 2004). Contudo, uma das suas limitações mais significativas consiste na exigência de uma numerosa e onerosa infraestrutura de nós receptores. Outra restrição advém da sensibilidade associada à disposição inter-nodal da infraestrutura de nós receptores, uma vez que a precisão da sincronização dos sites transmissores ou receptores pode ser degradada pelos efeitos da propagação do sinal (Aaron Quigley et al., 2004). Por fim, o sistema Bat não preserva a privacidade do utilizador (Nissanka B.Priyanta et al., 2000) e, por outro lado, permite que um indivíduo possa largar (intencionalmente ou não) o seu tag permitindo-lhe assim enganar o sistema.

II.3.8. Redes de sensores sensíveis à localização

Existem vários projectos que utilizam ou propõem sistemas de monitorização de ambientes, baseado em rede de sensores distribuídos e sensíveis à localização. Em particular o projecto proposto por (Amit Kumar, Rumeet Singh Saluja, G.Ramamurthy, & M.B.Srinivas, 2005) define um sistema de monitorização de áreas distantes e inabitáveis, com base em redes de sensores distribuídos e sem fios. Esta rede é baseada na transmissão hierárquica de pacotes de informações a partir dos nós sensoriais (*sensor node*) até à estação base.

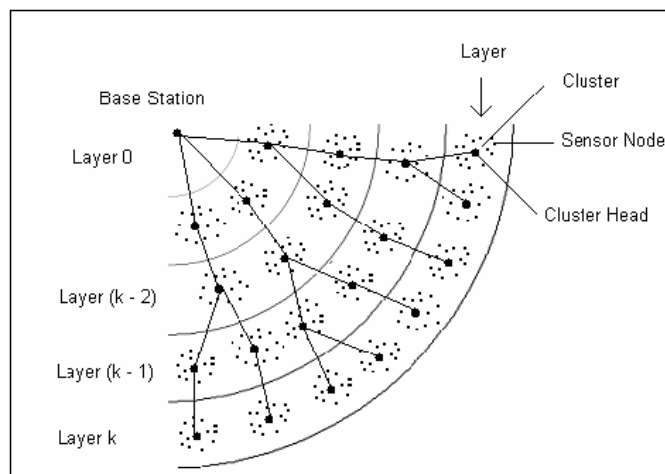


Figura II-50: Distribuição hierárquica de uma rede de sensores (Amit Kumar et al., 2005).

Um dos pontos importantes deste tipo de sistemas assenta na conservação de energia da bateria, uma vez que a recarga da mesma é uma tarefa difícil ou mesmo impossível. As actividades dos sensores que consomem mais energia são as seguintes: descoberta de rotas de comunicação; transmissão dos pacotes de informação; recepção dos pacotes de informação; escuta inactiva (*idle listening*); computação local.

A escuta inactiva e a descoberta de rotas são as duas actividades mais dispendiosas ao nível de consumo de energia. A actividade de escuta inactiva pode ser eliminada ao manter os sensores em modo *stand-by* sempre que não se registar nenhuma actividade. Os nós sensoriais, sensíveis à localização, são essenciais para otimizar o procedimento de descoberta da rota assim como para os procedimentos computacionais locais (Amit Kumar et al., 2005).

Este sistema suporta a monitorização de numerosos fenómenos ambientais uma vez que utiliza diversos tipos de sensores que podem estar presentes na mesma rede (e.g., sensores de pressão, de temperatura, de humidade, etc.). A rede é constituída por nós sensoriais que se agrupam em aglomerados (*cluster*). Cada conjunto de nós possui um nó coordenador (*head cluster*), nomeado através de um método de eleição em que participam todos os nós sensoriais deste mesmo aglomerado. Num aglomerado de nós sensoriais, cada nó sensorial transmite um pacote de informação para o respectivo coordenador. Será, mais tarde, da responsabilidade do coordenador desse aglomerado, transmitir este pacote para o coordenador de outro aglomerado de outra camada (Amit Kumar et al., 2005).

O algoritmo aplicado a este sistema, divide toda a rede de sensores em níveis lógicos concêntricos, baseado na emissão de energia pela qual o pacote é transmitido de um nó coordenador (*head cluster*) de uma camada para outro nó coordenador da camada superior com menor profundidade. O coordenador de um aglomerado da camada k transmite pacotes para o coordenador do aglomerado da camada $k-1$ que se encontra mais próximo dele. Esta transmissão de pacotes é feita através de um salto (*hop*). Após receber este pacote de informação, o coordenador do aglomerado da camada $k-1$ irá transmiti-lo à chefia do aglomerado da camada $k-2$, mais próximo e assim sucessivamente até ao pacote de informação chegar à estação base, existente na camada 0. Deste modo, consegue-se descobrir rotas locais assim como fazer a gestão do caminho da informação do nó coordenador da camada para o qual o pacote de dados pode ser transmitido. (Amit Kumar et al., 2005). Por esta razão, diz-se que é aplicada uma abordagem de múltiplos saltos baseados em camadas (*layer based multi-hop approach*).

Os nós coordenadores recebem múltiplos pacotes de informação, oriundos dos nós sensoriais do seu aglomerado. A informação tem diferentes graus de urgência, por isso é necessário priorizá-la. Em (Amit Kumar et al., 2005), a informação que é enviada pelos sensores ao nó de chefia consiste em três parâmetros:

- O tipo de informação: representado por um inteiro e corresponde a um tipo de fenómeno. Estes valores são predefinidos para vários fenómenos.
- O valor sensorial: corresponde ao valor medido pelo sensor.

- O valor do impacto: este valor determina a prioridade da informação enviada. Este dado é configurado pelo sensor. Um fenómeno alarmante terá um maior impacto do que um fenómeno mais comum.

Uma exemplificação de valores reais para cada um dos parâmetros da informação é representada na Tabela II-6.

Nome do fenómeno	Tipo do fenómeno	Valor medido pelo sensor	Valor do impacto
Velocidade do vento	4	15	6
Temperatura	3	25	5
Pressão	2	76	4
Humidade	1	10	1

Tabela II-6: Informação contida nos pacotes enviados pelos sensores (Amit Kumar et al., 2005).

Após ter sido recebida pelo nó coordenador, a informação é armazenada num *buffer*. Caso a informação recebida seja prioritária (valor do impacto elevado), será guardada na primeira posição do *buffer*. Somente quando o *buffer* estiver completamente cheio é que a informação é enviada para a estação base (Amit Kumar et al., 2005). A Figura II-51 representa uma simulação da aplicação.

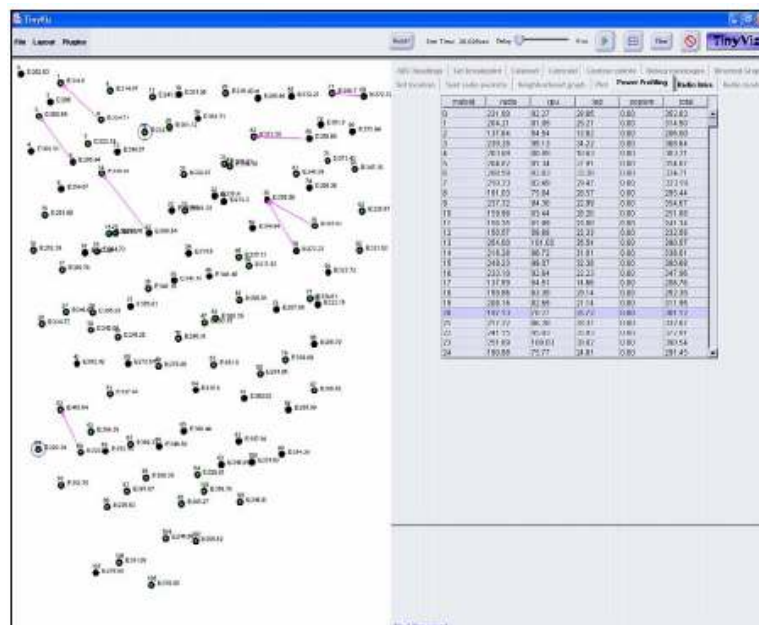


Figura II-51: Simulação da aplicação da rede de sensores.

II.3.9. Sistema Cooltown

O sistema Cooltown nasceu de um projecto de pesquisa dos Laboratórios da Hewlett-Packard. O sistema interliga recursos *web* a objectos e lugares físicos, possibilitando que os utilizadores interajam com esses mesmos recursos através do uso das ferramentas e tecnologias disponibilizadas nos seus dispositivos móveis (T.Kindberg and J.Barton, 2001).

Este sistema desenvolveu um modelo *web* que suporta utilizadores que se movem entre lugares distintos tais como as suas residências, os seus locais de trabalho e os seus espaços de lazer ao longo do dia. Este modelo agrega simultaneamente a tecnologia *web*, as redes *wireless* e dispositivos móveis/portáteis (T.Kindberg and J.Barton, 2001). O sistema Cooltown define uma infraestrutura *web*, do lado do servidor que suporta os utilizadores nómadas munidos dos seus dispositivos portáteis. Por esta razão, os cenários mais usuais combinam um mecanismo de leitura e comunicação (*sensing mechanism*) tal como um leitor de código de barras ou um sistema de infravermelhos com um acesso *web* de banda larga (*long-range / wired web access*).

O sensor obtém um endereço do tipo URL, para que o utilizador nómada, através do seu dispositivo móvel, possa aceder a esse recurso *web*. O sistema será constituído por um *beacon* de infravermelhos (para permitir a leitura e comunicação da localização) e por um PDA que permitirá o acesso aos recursos *web* associados através de uma ligação à Internet (Figura II-52).

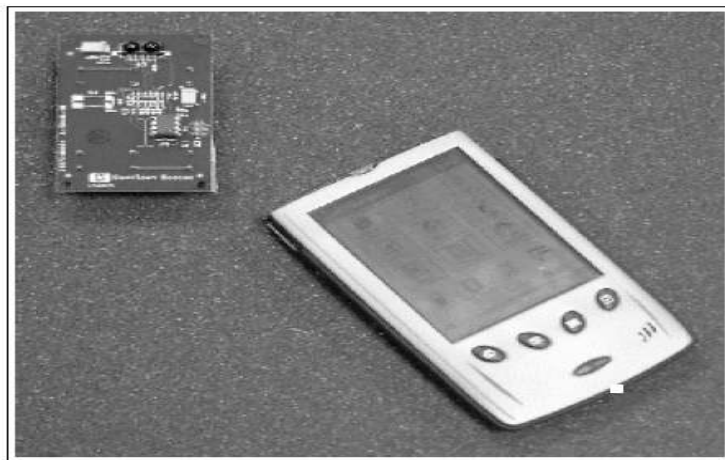


Figura II-52: *Beacon* de infravermelhos e PDA utilizados no sistema CoolTown (T.Kindberg et al., 2000).

Uma vez que o PDA vem equipado com um dispositivo de leitura de códigos de barras, o utilizador necessita apenas de apontar ou posicionar o respectivo dispositivo de leitura em direcção ao URL e a outros identificadores associados a lugares e objectos individuais, existentes em seu redor. Este acto é denominado de *URL sensing* (T.Kindberg et al., 2000).

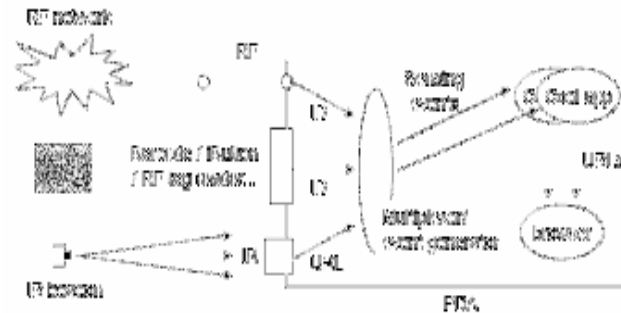


Figura II-53: PDA equipado com leitores de URL e outros identificadores (T.Kindberg et al., 2000).

O Cooltown é económico, uma vez que tira proveito de dispositivos móveis que os utilizadores finais possam utilizar e respeita a sua privacidade. Este sistema é preciso e robusto.

II.3.10. Sistema BlueStar

O BlueStar é um sistema sensível à localização híbrido, centralizado e privado, ou seja, tem como objectivo fornecer um esquema flexível de gestão *indoor-outdoor*, que permita a cada utilizador ter um conhecimento exacto da sua localização, além de fornecer ainda informação de posicionamento adicional e relevante a partir de uma fonte centralizada (Aaron Quigley et al., 2004).

Este sistema propõe um método centralizado baseado no conceito de *location sniffing*, a partir de uma infra-estrutura fixa. O utilizador consegue controlar a sua privacidade, uma vez que só ele é que pode fornecer e publicar detalhes da sua localização para serviços informativos, definindo graus de granularidade. A decisão de expor dados da sua localização depende do utilizador final. A exactidão dos dados de localização varia conforme o grau de granularidade

seleccionada pelo utilizador. A dedução da localização é obtida através da aplicação de um terminal móvel, por exemplo um PDA ou um portátil, que combina duas fontes de informação:

- Todos os detalhes acerca da infra-estrutura wireless local, que é fornecida com base na localização mais próxima do sistema do utilizador, a partir de um sistema de posicionamento da rede GSM.
- Evidências de *sniffing* passivo de infra-estruturas *wireless* existentes (Bluetooth ou 802.11b) e *beacons* de baixo custo.

Este projecto combina o posicionamento geográfico baseado em redes de telecomunicações existentes com a informação de localização simbólica local, obtida através da informação escutada (*sniffed*) a partir de outras redes sem fio de localização *indoor*. Nesse sistema, o utilizador tem a possibilidade de seleccionar o nível de granularidade com que os detalhes da sua localização são fornecidos e publicados. O utilizador é que decide se revela ou não a sua localização. (Aaron Quigley et al., 2004).

A arquitectura do sistema BlueStar consiste num conjunto de componentes do lado do servidor com os quais a aplicação, residente na unidade móvel do utilizador, comunica através de uma ligação GPRS. Após o pedido inicial ter sido efectuado pelo módulo de localização residente na unidade móvel, o servidor BlueStar contacta a gateway de localização, geralmente um centro de posicionamento móvel GSM de forma a obter a localização aproximada do dispositivo móvel. Essa localização aproximada é usada para interrogar os componentes do servidor (*information gateway* ou *mapping gateway*), sendo este último destinado a aplicações baseadas em mapas.

Em vez de ser exigido ao PDA ou ao portátil que armazene em *cache* toda a informação dos mapas e todos os detalhes relativos aos dispositivos sem fios, o sistema BlueStar permite a extracção de uma porção mais reduzida do modelo do mundo para entrega à aplicação existente no dispositivo móvel. Esta informação é suficiente para que a aplicação da unidade móvel possa localizar-se a ela própria, nos respectivos cenários do edifício. Juntamente com essa informação, um conjunto de dados SVG (*Scalable Vectorial Graphics*) é transmitido,

possibilitando que a aplicação de mapas obtenha um vista de alto nível da área em questão (Aaron Quigley et al., 2004).

Quando a aplicação, residente no dispositivo móvel, detecta outro dispositivo *wireless* do qual conhece a localização, a própria aplicação mostra o utilizador no mapa e utiliza essa mesma localização para solicitar dados mais refinados à rede. Esta interacção continua até que a aplicação determine a sua própria posição e utilize essa mesma posição para localizar o utilizador no mapa apropriado e obter dados dependentes da localização tais como ofertas especiais de um *shopping*, listas e catálogos.

II.3.11. Sistema Cricket

O Cricket é um sistema *indoor* de suporte à localização para uma distribuição extensiva em edifícios. Este sistema foi desenvolvido no contexto do Projecto Oxygen no Instituto Tecnológico de Massachusetts (*Massachusetts Institute of Technology*) e é utilizado em ambientes interiores ou em áreas urbanas onde os sistemas *outdoor*, como o GPS, têm problemas de funcionamento ou simplesmente não funcionam correctamente. Os objectivos que estiveram na base do sistema Cricket foram: a privacidade do utilizador (o sistema de suporte à localização permite que os seus utilizadores tenham conhecimento da sua localização sem nenhuma detecção centralizada); Administração descentralizada (os responsáveis do projecto consideraram que a única forma de administrar de forma escalável um sistema assenta na descentralização de funções. O ocupante da sala do edifício configura e instala o *beacon* de localização (*location beacon*), sendo este imediatamente integrado no restante sistema e permitindo anunciar a localização e a identidade do espaço. Por sua vez, o receptor de localização denominado *listener* usa um algoritmo de inferência para determinar a sala onde está localizado, através da escuta dos anúncios do *beacon* de localização. Não há necessidade de nenhuma entidade central guardar a detecção de cada indivíduo no sistema); Heterogeneidade de redes; Custo e granularidade adaptada á dimensão da sala do edifício (*Room-Sized Granularity*).

O Cricket usa uma combinação de tecnologias RF e Ultra-som, de forma a obter a informação da localização dos seus dispositivos *host*. Os *hosts* são constituídos pelos *beacons* activos e

pelos *listeners* passivos (Nissanka B.Priyanta et al., 2000). Os *beacons* (emissores de sinais) são montados em paredes e tectos nas salas dos edifícios e publicam informação através de um canal RF. Por cada aviso de RF, o *beacon* transmite um impulso ultra sónico. Por sua vez, os dispositivos denominados *listeners*, acoplados aos dispositivos móveis estão à escuta desses mesmos sinais RF e após a recepção dos primeiros bits, aguardam a escuta do impulso ultra sónico correspondente. Assim que este impulso acontece, os *listeners* obtêm a distância estimada até aos respectivos *beacons* mais próximos, tirando partido da diferença da velocidade de propagação existente entre a tecnologia RF (velocidade da luz) e a tecnologia do Ultrassom (velocidade do som). Os *listeners* executam um algoritmo que correlaciona amostras de RF e ultra sons (Nissanka B.Priyanta et al., 2000). Mesmo na presença de transmissão de vários *beacons* em competição, o sistema Cricket possui uma precisão elevada.

Os *beacons* e os *listeners* são dispositivos de hardware idênticos. Uma unidade Cricket pode funcionar quer como um *beacon*, quer como um *listener* ou mesmo de uma forma mista quando aplicada nalguns cenários de computação por sensores. É possível acoplar uma variedade de sensores a um dispositivo Cricket através do uso do conector 51-Pin da porta RS 232. Existem já protótipos de unidades Cricket com interface Compact Flash (CF) que facilitam o acoplamento de *laptops* e portáteis a essas mesmas unidades. A Figura II-54 mostra uma unidade Cricket com porta RS-232 e outra com interface Compact Flash.

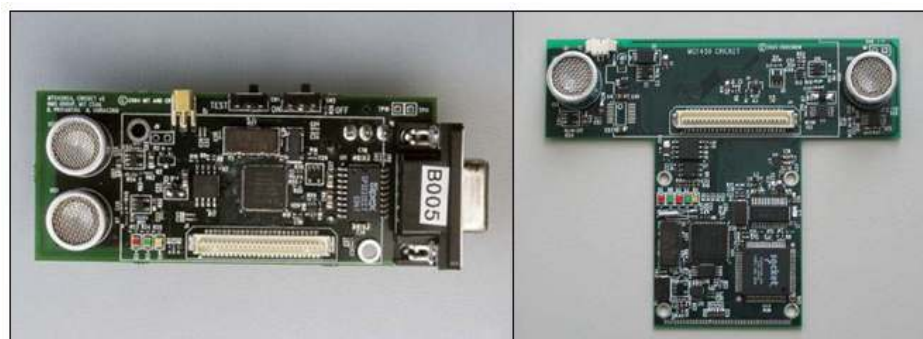


Figura II-54: Duas unidades Cricket (MIT, 2007c)

A Figura II-55 exemplifica a infra-estrutura de um sistema Cricket instalado no laboratório da CSAIL em Tech Square.



Figura II-55: Sistema Cricket no laboratório da CSAIL em Tech Square (MIT, 2007c).

O sistema Cricket fornece informação de localização com precisão. O facto do sistema Cricket usar *beacons* activos e *listeners* passivos faz com que este projecto não seja um sistema de *tracking*. Por outro lado, quanto maior for o número de dispositivos, mais escalável e fiável o sistema se torna. Finalmente, o facto de ser uma arquitectura descentralizada torna o sistema de fácil distribuição (Nissanka B.Priyanta et al., 2000).

Um dos benefícios do sistema Cricket consiste no facto dos *listeners* móveis operarem funções computacionais de localização e de tempo. Outra vantagem reside no facto do projecto Cricket respeitar a privacidade do utilizador final (Aaron Quigley et al., 2004). A exactidão da localização do utilizador torna este sistema muito atractivo e robusto. O sistema Cricket possui uma precisão de posicionamento na ordem dos 1 a 3 cm, muito superior à maioria dos sistemas existentes. Como o Cricket foi desenvolvido para operações de baixa potência, pode ser usado em nós sensoriais (Nissanka B.Priyanta et al., 2000).

II.3.12. Sistema ZoneTag

Este sistema combina o posicionamento de células de telemóveis (*cell tower*) com colecções de fotografias pessoais capturadas através de uma câmara digital, existente nos dispositivos móveis. Este projecto inclui três componentes: uma aplicação de captura através da objectiva de uma câmara de telemóvel ou, o cliente móvel ZoneTag e um componente *web* que permite aos utilizadores contribuir com informação contextual, relativa à localização de uma fotografia. O cliente móvel ZoneTag, a correr nos telemóveis dos utilizadores, possibilita o *upload* de informação sensível ao contexto (*context-aware upload*) para o serviço Flickr,

como por exemplo, fotografias capturadas através da câmara digital integrada nos telemóveis (Shane Ahern, Marc Davis, Simon King, Mor Naaman, & Rahul Nair, 2006).

No preciso momento em que utilizador pretende fazer o *upload* de uma nova fotografia, utiliza o cliente ZoneTag para enviar os dados dessa imagem para o servidor. Juntamente com os dados da fotografia, são enviados os identificadores (ID's) da célula à qual o dispositivo móvel está conectado assim como a lista das células vistas nos últimos cinco minutos - a denominada história celular (*cell history*). O cliente ZoneTag adiciona um *link* à página da fotografia do Flickr, possibilitando que o utilizador possa introduzir a localização de cada imagem e seleccionar outras imagens tiradas na mesma célula. Caso o servidor ZoneTag não possua nenhum registo de informação relativo à localização da célula, este pode adicionar essa informação quando visualizar a imagem no Flickr, ou seja, o utilizador pode especificar a localização da fotografia usando a interface Web – ver Figura II-56 (Shane Ahern et al., 2006).

Update Photo Location

Are these photos from the same place? Check the boxes to update more images with the same location.

Select all nearby photos

Enter location:
 Recent Locations:
 City:
 State:
 Zipcode:
 Country: USA

[more](#)

Set location! go back to photo **Cancel** go back to photo

Figura II-56: ZoneTag - página de inserção de localização (Shane Ahern et al., 2006).

A localização da fotografia, capturada pela câmara do telemóvel do utilizador, pode ser especificada através da entrada do código postal (*Zip Code*) ou outra característica específica da cidade como o seu nome ou o nome do estado. Assim que o utilizador introduz estes dados, o sistema associa a informação da localização com todas as torres celulares relacionadas com esta imagem, juntamente com a identificação do utilizador que digitalizou

essa informação (Shane Ahern et al., 2006). O servidor ZoneTag pesquisa uma célula para mapear a sua localização, pela seguinte ordem:

- Efectua o mapeamento da célula, considerando a informação do utilizador que tirou a fotografia.
- Efectua o mapeamento da célula, considerando outros utilizadores que estão conectados a esse utilizador no Flickr, ou seja, considerando a rede social do Flickr.
- Efectua o mapeamento da célula, considerando qualquer utilizador do ZoneTag.

Se nenhuma das 3 regras, acima mencionadas, for respeitada, ou seja, a torre celular em questão nunca tiver sido mapeada por ninguém, o servidor ZoneTag irá considerar outras torres celulares a partir da história celular da imagem (Shane Ahern et al., 2006). Este projecto torna-se mais preciso se combinar a introdução dos dados da localização da cidade onde a respectiva fotografia foi tirada.

II.3.13. Sistema PhoneGuide

O projecto denominado PhoneGuide diz respeito a um sistema *indoor* baseado no reconhecimento de objectos utilizando plataformas móveis, nomeadamente telemóveis. O PhoneGuide tira proveito do facto da maior parte das pessoas, actualmente, possuírem um telemóvel equipado com uma câmara digital (Paul Föcker, Thomas Zeideler, & Olivier Bimber, 2005).

À entrada do museu ou da zona de exposição onde o PhoneGuide é implementado, o utilizador instala toda a informação necessária, ou seja, a aplicação, os conteúdos de apresentação e os dados de identificação no seu dispositivo móvel (telemóvel ou PDA). Tal operação é realizada através de um cartão de memória que possibilita que o download dos componentes do sistema PhoneGuide seja efectuado a partir de uma estação-base local, existente à entrada do museu. Este protótipo permite que os visitantes, munidos dos seus próprios telemóveis devidamente configurados com a instalação dos componentes

PhoneGuide, tenham a possibilidade de efectuar o reconhecimento de determinado obra de arte, numa sala de exposição (Paul Föcker et al., 2005).



Figura II-57: Aplicação do sistema PhoneGuide num museu (Paul Föcker et al., 2005).

A intenção do projecto PhoneGuide é suportar as aplicações *indoor* de guias para museus, usando a visão computarizada. O PhoneGuide pretende evitar a integração física de indicadores (*markers*) referenciais, activos ou passivos, no ambiente. Os objectos são normalmente analisados pela extracção global ou local de características ou propriedades a partir de uma imagem, antes de serem reconhecidos. Para reconhecer determinado objecto, é necessário que múltiplas imagens sejam tiradas sob diferentes perspectivas (Figura II-58).



Figura II-58: PhoneGuide - três representações/perspectivas do mesmo objecto(Paul Föcker et al., 2005).

De seguida, cada imagem é decomposta num conjunto de especificações normalizadas, ou seja, para o mesmo objecto obtem-se múltiplos vectores de propriedades, com base na perspectiva com que a imagem foi capturada pela objectiva da câmara digital. Desta forma constrói-se um vector de características únicas para cada imagem que pode ser usado em algoritmos de reconhecimento. No caso em questão, utiliza-se um algoritmo de separação linear, implementado numa rede neuronal artificial e de camada única (*single-layer*).

A técnica de reconhecimento de objectos, usada no sistema PhoneGuide, é global porque usa as propriedades da imagem tais como a cor, a intensidade, a textura ou o gradiente da imagem. Este software foi desenvolvido em C++ para uma plataforma Symbian das séries Nokia 60. O software é instalado no cliente, uma vez que a aplicação é executada do lado do cliente.

Todas as operações são efectuadas do lado do cliente, ou seja, no dispositivo móvel equipado com câmara digital. Desta forma, evitam-se constantes conexões ao servidor remoto e constantes transmissões de dados entre o cliente e o servidor, reduzindo o tráfego na rede assim como os custos de comunicação. O Sistema PhoneGuide é capaz de diferenciar cinquenta objectos a partir de três perspectivas com uma taxa de reconhecimento superior a 90%. O projecto PhoneGuide é robusto, rápido e escalável. A privacidade do utilizador é respeitada, uma vez que nunca é conhecida a localização do utilizador (Paul Föcker et al., 2005).

II.3.14. Guia do museu interactivo

Este projecto visa o desenvolvimento de um “Guia do Museu Interactivo”, um sistema baseado na localização por imagem. Este projecto foi demonstrado no Museu Nacional Suíço de Zurich. Este conceito funciona com base num *Tablet PC* que integra um ecrã táctil, uma câmara digital USB e um receptor Bluetooth (Herbert Bay, Beat Fasel, & Luc Van Gool, 2005) (Figura II-59). Este sistema é disponibilizado pelo próprio museu e pode ser usado por qualquer visitante. A interface do software de reconhecimento é operada pelo utilizador final através do ecrã táctil do *Tablet PC*.

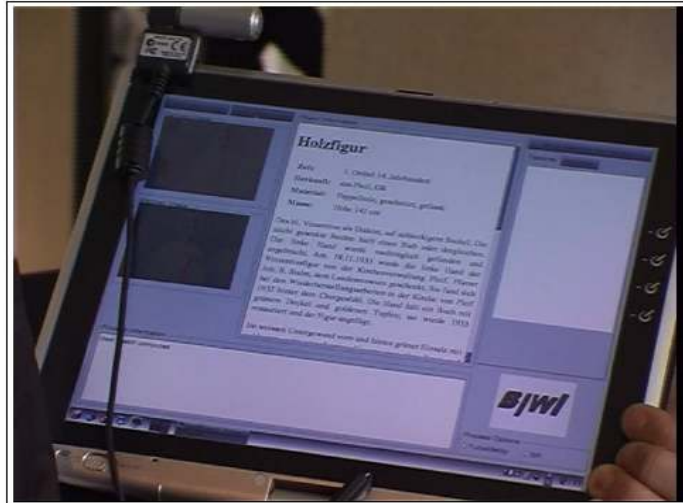


Figura II-59: Tablet PC com câmara USB usado no Guia do Museu Interactivo (Herbert Bay et al., 2005).

O *Tablet PC* pode determinar a localização do utilizador com base na recepção de sinais transmitidos pelos emissores Bluetooth, denominados *BTNodes*. A informação da localização do informador é apenas usada para restringir o espaço de procura durante a extração de objectos relevantes. Com este dado, a precisão de reconhecimento do objecto aumenta e o tempo de procura diminui. O utilizador tira uma fotografia à obra de arte do seu interesse, a partir de qualquer posição, consegue obter informação detalhada sobre a mesma. Além de efectuar o reconhecimento de objectos, este projecto permite fornecer informação relativa à localização num mapa. Esta propriedade do sistema é útil para fornecer informação aos utilizadores acerca da localização das casas de banho existentes, das áreas de restauração ou das saídas de emergências do edifício (Herbert Bay et al., 2005).

A Figura II-60 apresenta alguns exemplos de modelos de imagens relativas a um objecto do museu. A última imagem, delimitada pelo quadrado vermelho, representa a imagem de entrada do sistema.



Figura II-60: Exemplos de modelos de imagens de um objecto do museu (Herbert Bay et al., 2005).

O sistema armazena as imagens dos objectos numa base de dados. Essas imagens são tiradas de diferentes perspectivas (*view points*). Assim, é possível estimar a posição e a direcção dos visitantes a partir da imagem por eles tirada. Para cada imagem é armazenado ainda um conjunto de pontos de interesse e informação descritiva (*descriptor*). A imagem tirada pelo visitante é comparada com todas as imagens existentes na base de dados, sendo retornada a imagem com o maior número de correspondência. A comparação das imagens é feita com base em pontos de interesse, através do cálculo da distância euclidiana entre cada elemento *descriptor*. O par de correspondência é obtido se a distância for próxima de 0,6 vezes a distância entre os vizinhos mais próximos. A detecção da posição é conseguida com *BTNodes* colocados pelas salas. Cada *BTNode* cobre uma determinada área do museu e emite um sinal do tipo *broadcast* em intervalos de tempo constantes, que é utilizado/recebido pelo sistema guia.



Figura II-61: Interface da aplicação de reconhecimento de objectos (Herbert Bay et al., 2005).

A Figura II-61 mostra no canto superior esquerdo, uma imagem capturada pela câmara digital do *Tablet PC*; no canto inferior esquerdo, aparece a imagem referenciada, correspondente à imagem de entrada; do lado direito, aparece uma janela com informação descritiva, alusiva ao objecto e uma imagem do objecto. Este projecto apresenta um sistema robusto, rápido e escalável. No entanto, a privacidade do utilizador não é respeitada, uma vez que o sistema avalia e disponibiliza a posição do visitante. Contudo, o conhecimento da localização do utilizador é essencial para permitir restringir a procura de objectos com base na sua localização. Desta forma aumenta-se a rapidez do reconhecimento do objecto e diminui-se o tempo de procura (Herbert Bay et al., 2005).

II.3.15. Sistema Nidaros

Em 2003, a Universidade de Ciência e Tecnologia da Noruega (NTNU), em parceria com a empresa de telecomunicações Novergiana Telenor, iniciou um projecto para a concepção de uma framework genérica que permitisse criar, executar e analisar aplicações *location-aware* (Alf Inge Wang, Carl-Frederik Sorensen, Steinar Brede, Hege Servold, & Sigurd Gimre, 2003). As três principais motivações que estão na base desta framework chamada Nidaros são as seguintes:

- Possibilitar o rápido desenvolvimento de sistemas sensíveis à localização, capazes de fornecer ao utilizador final informação e conteúdos de cariz multimédia, relativos à localização física desse mesmo utilizador. Essa mesma informação é visualizada no dispositivo móvel do utilizador.
- Suportar diferentes clientes móveis com as mais variadas características (portáteis, PDA's, telemóveis e tablet PC).
- Permitir a utilização de diversas tecnologias de localização como o GPS, o GSM, o Bluetooth, o IR ou o WLAN. A framework Nidaros não obriga o utilizador a criar uma aplicação sensível à localização com base apenas numa tecnologia de posicionamento específica e única.

A framework Nidaros apresenta-se em duas fases: a fase de desenvolvimento do sistema e a fase de operação e execução do sistema (Figura II-62).

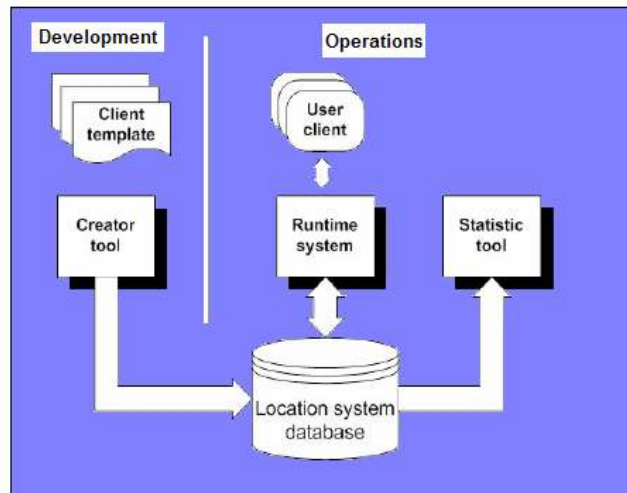


Figura II-62: Framework Nidaros para o desenvolvimento de aplicações sensíveis à localização (Alf Inge Wang et al., 2003).

A fase de desenvolvimento é suportada por três componentes: a ferramenta de criação (*creator tool*), os templates do cliente (*client templates*) e uma *interface* XML existente entre o cliente móvel e o servidor. A *creator tool* permite gerir a informação e os conteúdos de cariz multimédia relacionados com determinadas localizações. Essas localizações farão parte da aplicação sensível à localização. Esta ferramenta apresenta uma interface bastante simple que facilita a descrição de áreas hierárquicas em mapas, zonas e objectos, ou seja, uma estrutura em árvore. Um mapa representa toda a área da aplicação e pode ser dividido em zonas que representam áreas específicas mais pequenas. Dentro de cada zona, é possível adicionar objectos que representam objectos reais. Se a aplicação sensível à localização se destinasse exclusivamente a providenciar visitas à Catedral Nidaros da cidade de Trondheim então o mapa representaria toda a Catedral, as zonas seriam áreas da Catedral e os objectos poderiam ser objectos físicos como o altar, o órgão musical e os quadros (Alf Inge Wang et al., 2003).

A fase de operação e execução é suportada por três componentes principais: os clientes dos utilizadores (*user clients*), o sistema executável (*runtime server*) e a base de dados de localização do sistema (*location database system*) (Figura II-623).

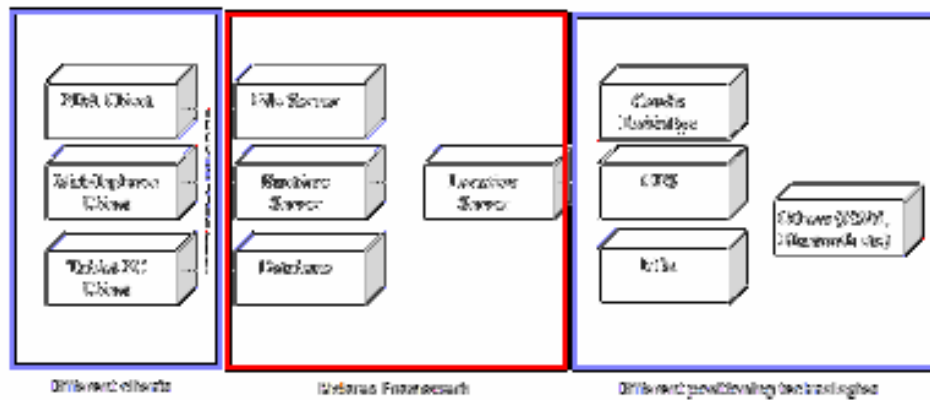


Figura II-63: Framework Nidaros – componentes e tecnologias (Alf Inge Wang et al., 2003).

A função de cada componente é descrita de seguida:

- O sistema executável (*Runtime Server*) é responsável pelo tratamento dos pedidos dos clientes e pelo fornecimento dos serviços requisitados pelos mesmos. Ou seja ele alimenta os clientes com a informação mais correcta possível, de acordo com a localização desses clientes. Este sistema gere ainda toda a informação da base de dados. O sistema executável suporta clientes de diversos tipos (*PDA Client*, *Mobilephone Client* e *Table PC Client*).
- O servidor de ficheiros (*File Server*) armazena ficheiros multimédia acessíveis para os clientes móveis. Esta necessidade surge devido ao facto dos clientes móveis não possuírem memória suficiente para armazenar localmente essa informação.
- O servidor de localização (*Location Server*) obtém a posição actual dos clientes, utilizando diferentes tecnologias de posicionamento (*WLAN positioning*, GPS, IrDA e Bluetooth).
- A base de dados armazena informação que inclui mapas, zonas, objectos e utilizadores assim como toda a informação utilizada pelos clientes e pelo servidor executável.

A Figura II-64 mostra o sistema Nidaros executado em dois dispositivos móveis distintos, um iPaq e um Sony Ericson P900. No canto superior direito da figura, podemos ver uma tag WLAN.



Figura II-64: Sistema Nidaros executado em dois dispositivos móveis.

O sistema Nidaros é um sistema robusto, preciso, escalável. Preserva a localização/privacidade dos utilizadores.

II.4. Análise

II.4.1. Resumo comparativo das tecnologias de localização

A robustez, a escalabilidade e a precisão são propriedades fundamentais aquando da selecção final da tecnologia de localização que será aplicada no sistema a implementar. Como todas as tecnologias de localização abordadas apresentam valores óptimos ao nível da robustez, da escalabilidade e da precisão, a característica alusiva ao custo poderá ser decisiva na escolha da tecnologia de localização (Tabela II-7). Esta foi uma das principais razões que nos levaram a escolher a tecnologia de localização por imagem como base para o desenvolvimento do sistema proposto neste trabalho.

Características	Tecnologias de Localização			
	GSM	Imagem/Visão	GPS	RF
Custo	Baixo	Baixo	Elevado	Elevado
Precisão	Preciso	Preciso	Preciso	Inferior a do GPS
Robustez	Robusto	Robusto	Robusto	Robusto
Escalabilidade	Escalável	Escalável	Escalável	Escalável
Modelo de dados	Simbólico	Simbólico	Geométrico	Geométrico
Identificador de localização	Endereços	Tag	<i>Coordinate tuple</i>	<i>Coordinate tuple</i>
Espaço de localização	Conjunto de áreas	Conjunto de imagens	Sistema de coordenadas	Sistema de coordenadas
Ambiente	<i>Indoor</i>	<i>Outdoor/Indoor</i>	<i>Outdoor</i>	<i>Outdoor/Indoor</i>

Tabela II-7: Análise comparativa de algumas tecnologias de localização.

II.4.2. Resumo comparativo das tecnologias de localização por imagem

Uma vez que a tecnologia de localização por imagem foi seleccionada para a implementação do sistema 3SLIM, foi necessário analisar também as propriedades de cada uma das tecnologias de localização por imagem existentes. As três principais tecnologias são bastante semelhantes, diferindo no entanto nalgumas características, nomeadamente nos métodos de leitura e de geração do respectivo código de barras. Assim, a tecnologia Semacode e a tecnologia QR-Code possuem características mais atractivas do que a tecnologia Barcode (Tabela II-8). Por outro lado, o facto das organizações Semacode e Kyawa disponibilizarem gratuitamente os respectivos softwares de leitura e obtenção de código de barras leva a que estas sejam surpreendentemente económicas. As razões que levaram à escolha da tecnologia Semacode em detrimento da tecnologia QR-Code prendem-se com a simplicidade desta tecnologia, com a experiência anterior dos autores na utilização desta tecnologia, com o suporte para várias plataformas móveis e também com o tipo de conteúdos que o sistema 3SLIM lida. Como se pretendia armazenar apenas endereços URL, a tecnologia de localização por imagem da semacode pareceu-nos mais do que adequada ao desenvolvimento do 3SLIM.

Características	Tecnologias de localização por imagem		
	Barcode	Semacode	QR-Code
Custos	Menos económico	Económico	Económico
Tipo de conteúdos	Conjunto de caracteres (números e letras)	Endereço URL	Texto, Mensagem sms, N°s de telefone e Endereço URL
Método de leitura do código	Leitor óptico (<i>optical scanner</i>)	Software semacode_reader (gratuito)	Software qr-code reader (gratuito)
Método de geração do código	Softwares específicos	Software semacode_tag (gratuito)	Software qr-code generator (gratuito)
Precisão	Preciso	Preciso	Preciso
Robustez	Robusto	Robusto	Robusto
Escalabilidade	Escalável	Escalável	Escalável
Modo de localização	Simbólico	Simbólico	Simbólico
Tipo de ambiente	<i>Outdoor/Indoor</i>	<i>Outdoor/Indoor</i>	<i>Outdoor/Indoor</i>

Tabela II-8: Análise comparativa de três tecnologias de localização por imagem.

II.4.3. Resumo comparativo dos sistemas sensíveis à localização

	Tecnologias de Localização														
Características	Bat	Bluestar	B-MAD	Cooltown	Cricket	Framework Nidaros	GUIDE	Guia de Museu Interactivo	GSM Cell Tower Positioning	Herecast	Placelab	Phone Guide	Smarth Library	RADAR	Rede de sensores
Custo	Menos Baixo	Menos Baixo	Menos Baixo	Baixo (Imagem) Menos Baixo (IR)	Baixo	Dependente da tecnologia seleccionada	Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Baixo	Menos Baixo
Tecnologia de localização	Ultrasom	GSM e Bluetooth ou WLAN	Bluetooth e WAP Push	Imagem ou IR	RF e Ultrasom	Multi-tecnologias (GPS, GSM, IR, Bluetooth, WLAN)	WLAN	Bluetooth	GSM	RF (Wi-Fi)	RF (Wi-Fi)	RF	WLAN	RF	Nós sensoriais
Dipositivos usados	Tag Bat. Placa receptora	PDA. Portátil. Beacons.	Telamóvel com Bluetooth e capacidades GPRS.	PDA. Telamóvel com câmara. Beacon com IR (tecnologia IR).	Beacons /Listeners.	Tablet PC. Telamóvel com câmara. PDA.	Pequenas unidades móveis.	Tablet Pc. Câmera. Receptor Bluetooth. BTNodes.	Telamóvel com câmara.	PDA's. Portátil. Pontos de acesso Wi-Fi.	Radio Beacons. Pontos de acesso Wi-Fi.	Telamóvel com câmara. PDA.	PDA. Pontos de acesso Wi-Fi.	Laptop e Pc com cartão de rede Digital Roam About	Sensores
Rapidez	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido
Precisão	Preciso	Preciso	Preciso	Preciso	Preciso	Preciso	Preciso	Preciso	Preciso	Preciso	Preciso	Preciso	Preciso	Preciso	Preciso
Robustez	Robusto	Robusto	Robusto	Robusto	Robusto	Robusto	Robusto	Robusto	Robusto	Robusto	Robusto	Robusto	Robusto	Robusto	Robusto
Escalabilidade	Escalável	Escalável	Escalável	Escalável	Escalável	Escalável	Escalável	Escalável	Escalável	Escalável	Escalável	Escalável	Escalável	Escalável	Escalável
Representação da localização	Simbólico	Baseado em coordenadas	Baseado em coordenadas ou Simbólico	Simbólico	Simbólico	Baseado em coordenadas ou Simbólico	Simbólico	Simbólico	Simbólico	Simbólico	Simbólico	Simbólico	Simbólico	Simbólico	Simbólico
Privacidade	Privado	Privado	Não privado	Privado	Privado	Privado	Privado	Não privado	Privado	Privado	Privado	Privado	Privado	Privado	Privado
Tipo de Ambiente	Indoor	Indoor	Outdoor	Indoor	Indoor	Indoor	Outdoor	Indoor	Indoor /Outdoor	Indoor /Outdoor	Indoor /Outdoor	Indoor	Indoor	Indoor	Indoor/ Outdoor

Tabela II-9: Resumo da análise comparativa dos sistemas sensíveis à localização abordados.

Capítulo III: Sistema Simplificado Sensível à Localização por Imagem (3SLIM)

III.1. Introdução

O sistema 3SLIM funciona com base num dispositivo móvel equipado com câmara digital e no qual será instalado o software disponibilizado pela Semacode, ou seja, os respectivos SDK's de leitura e de atribuição de tags visuais. Este dispositivo móvel poderá ser disponibilizado para uma aula virtual para ser utilizado por alunos no sentido de obter informação contextualizada (e armazenada num servidor) com os locais e objectos próximos do utilizador. Este projecto recolheu inspiração nalguns dos sistemas descritos anteriormente, em particular nas propriedades e características do projecto Cooltown (T.Kindberg and J.Barton, 2001).

Neste sistema, pretende-se que os alunos possam tirar fotografias a determinados pontos de interesse (*Point Of Interest*) e que, imediatamente, consigam obter informação detalhada sobre esses pontos através de páginas HTML preparadas para o efeito. A câmara digital captura a imagem real de determinado ponto de interesse e o sistema, de forma transparente, faz a ligação dessa imagem com informação virtual armazenada no servidor. Para além de efectuar a identificação de pontos de interesse, este projecto permite fornecer informação relativa à localização deste mesmo ponto de interesse.

III.1.1. Conceitos principais

As imagens, representativas de locais físicos da zona de visita e dispostas em diferentes áreas, são entendidas como entidades físicas (*physical entities*). As entidades virtuais (*virtual entities*) são recursos ou serviços cuja funcionalidade está ligada a uma entidade física (T.Kindberg et al., 2000). No caso específico do sistema 3SLIM, as entidades virtuais serão páginas Web que descrevem cada entidade física. Por exemplo, a imagem de um leão branco

será uma entidade física que estará associada a uma página leoes.html correspondente à entidade virtual. Esta página terá um conteúdo informativo relativo ao tema dos leões. Esta associação é conhecida pelo termo navegação física (*physical browsing*), em que a entidade física permite a obtenção de uma documentação digital, armazenada na entidade virtual.

Uma entidade física pode estar ligada a várias entidades virtuais e vice-versa. Existem vários tipos de ligações de forma a estabelecer uma relação entre as entidades físicas e as entidades virtuais. Uma entidade física pode ter várias páginas html com diversas informações.

O mecanismo de ligação abordado pelo sistema 3SLIM utiliza os códigos semacode.

III.1.2. Determinação da localização (*Sensing*)

O método de *sensing* aplicado é o *indirect sensing* (T.Kindberg and J.Barton, 2001). Isto porque cada objecto irá possuir no canto inferior direito um identificador que representa uma tag semacode. Para obter o respectivo endereço URL associado a este identificador, será necessário um serviço que devolva o URL, ou seja, um *resolver*.

A imagem de entrada, correspondente à fotografia tirada pelo aluno, irá possuir uma tag visual semacode cujo URL será comparado com os respectivos URL's de todas as imagens existentes na base de dados. A imagem final escolhida será a imagem cujo URL corresponde ao mesmo URL da imagem capturada pelo aluno e será devolvida a respectiva página HTML cujo endereço na Internet é identificada por esse URL.

A comparação das imagens é feita através da devolução de uma identificação do tipo URL lida na tag de cada imagem. Por sua vez, esta tag representa um endereço URL que estará associado a uma página HTML cujo conteúdo disponibilizará uma série de informação textual e visual relativa ao ponto de interesse e à localização específica que essa imagem representa.

O tipo de reconhecimento de imagem utilizado nesse sistema terá como base a tecnologia semacode. Esta tecnologia apresenta uma utilização bastante amigável, fácil e económica

além de aumentar a rapidez do reconhecimento do objecto, isto é, da imagem, permitindo restringir a procura de objectos com base na sua localização.

Uma base de dados armazena os diferentes endereços URL associados aos diferentes pontos de interesse. O facto de armazenar a identificação de cada URL permite validar/filtrar os endereços que serão abertos no browser do dispositivo móvel. Permite ainda, a possibilidade do administrador ou professor obter um registo das consultas efectuadas pelos alunos durante uma visita a um campo.

Cada imagem de um ponto de interesse possui no seu canto direito inferior uma imagem do tipo semacode, que identifica esse mesmo POI e que permitirá devolver a página HTML associado a esse POI.

III.1.2.1. Definição da localização física

A definição da localização física está associada à informação relativa à página HTML armazenada na tag da imagem capturada pela câmara do utilizador final. Desta forma, se a imagem capturada pela câmara devolve a página HTML relativa ao ponto de interesse dos leões, esta informação significa que o utilizador final neste dado momento se encontra fisicamente nesse ponto de interesse. A página HTML poderá conter informação adicional a esse ponto de interesse ou então permitir a ligação a outras páginas com mais informação (e.g., pontos de interesse vizinhos, definições ou explicações adicionais sobre um determinado tema ou ponto de interesse, etc.).

III.1.3. Privacidade

No sistema 3SLIM, a privacidade do utilizador final é preservada na medida em que a posição do visitante (aluno, convidado ou professor) não é visível para os restantes visitantes. Um aluno que utilize o sistema numa visita guiada não necessita de efectuar qualquer tipo de subscrição aquando da sua entrada no local da visita. Durante todo o tempo da visita, apenas o utilizador tem conhecimento da sua posição física visto que o sistema 3SLIM não avalia nem disponibiliza a posição do visitante aos restantes visitantes.

III.2. Análise de requisitos

III.2.1. Casos de utilização

Os casos de uso representam a sequência de operações e acções, realizadas por determinados actores em determinados cenários de utilização, com o objectivo de atingir uma finalidade específica e obter determinados resultados.

O padrão de comportamento do sistema digital sensível à localização por imagem (c.f. 3SLIM) apresenta vários actores que interagem com o sistema: o administrador, o professor, o funcionário, o aluno e o convidado (*guest*).

III.2.2. Requisitos funcionais

De seguida apresentam-se as diferentes acções que podem existir entre o actor *administrador* e o 3SLIM. O administrador pode criar novas páginas HTML de POI's; pode apagar páginas HTML de POI's; pode alterar páginas HTML de POI's, alterando quer a informação textual quer visual; pode adicionar novas informações (textual ou visual) às páginas de POI's já existentes no sistema; pode consultar páginas HTML de POI's; pode capturar novas imagens, a partir da câmara digital do portátil, disponibilizando-as no sistema; pode gravar uma nova imagem, capturada a partir da câmara digital do portátil, disponibilizando no sistema; pode associar uma tag visual semacode a uma imagem, capturada pela câmara digital e já existente no sistema; pode ler um URL associado a uma tag visual semacode de determinada imagem; consegue consultar uma página HTML de um POI, tendo como ponto de partida uma imagem capturada pela câmara digital do portátil; cria contas de administração, de professor, de funcionário, de aluno e de convidados (*guest*); altera contas de administração, de professor, de funcionário, de aluno e de *guest*; pode utilizar qualquer conta de administração, de professor de funcionário, de aluno ou de *guest*; pode apagar qualquer conta de administração, e professor, de funcionário, de aluno ou de *guest*.

Os fluxos de acções existentes entre um *funcionário* e o 3SLIM são apresentados de seguida: pode adicionar novas informações, quer textual ou visual, a páginas de POI's já existentes no sistema; pode consultar páginas html de POI's; pode capturar novas imagens, a partir da câmara digital do portátil, disponibilizado pelo sistema; consegue consultar uma página html de um POI, tendo como ponto de partida uma imagem capturada pela câmara digital do portátil; pode alterar contas de aluno e de convidado (*guest*); pode utilizar qualquer conta de funcionário, de aluno ou de *guest*.

Os fluxos de acções existentes entre um *aluno* e o 3SLIM são apresentados de seguida: o aluno pode consultar páginas html de POI's; pode capturar novas imagens, a partir da câmara digital do portátil, disponibilizado pelo sistema; consegue consultar uma página HTML de um POI, tendo como ponto de partida uma imagem capturada pela câmara digital do portátil; pode utilizar qualquer conta de funcionário, de aluno ou de *guest*.

III.2.3. Requisitos não funcionais

Os requisitos não funcionais estão normalmente relacionados com a parte do dimensionamento do servidor em termos de recursos de memória, de capacidade em disco e de processadores. Neste sentido, e uma vez que este sistema foi concebido para funcionar num local de acesso restrito e com um número limitado de utilizadores, um servidor normal baseado num PC será o suficiente.

III.3. Diagramas de casos de uso do 3SLIM

A criação de um diagrama de caso de utilização (*Use Case Diagram*) possibilita a representação gráfica das interacções entre os actores e os casos de uso, possibilitando uma visão global e de alto nível do sistema a desenvolver e da sua concepção. O seguinte diagrama de caso de uso, separado em 4 figuras, é específico para os cenários de utilização do sistema 3SLIM, considerado neste trabalho em concreto.

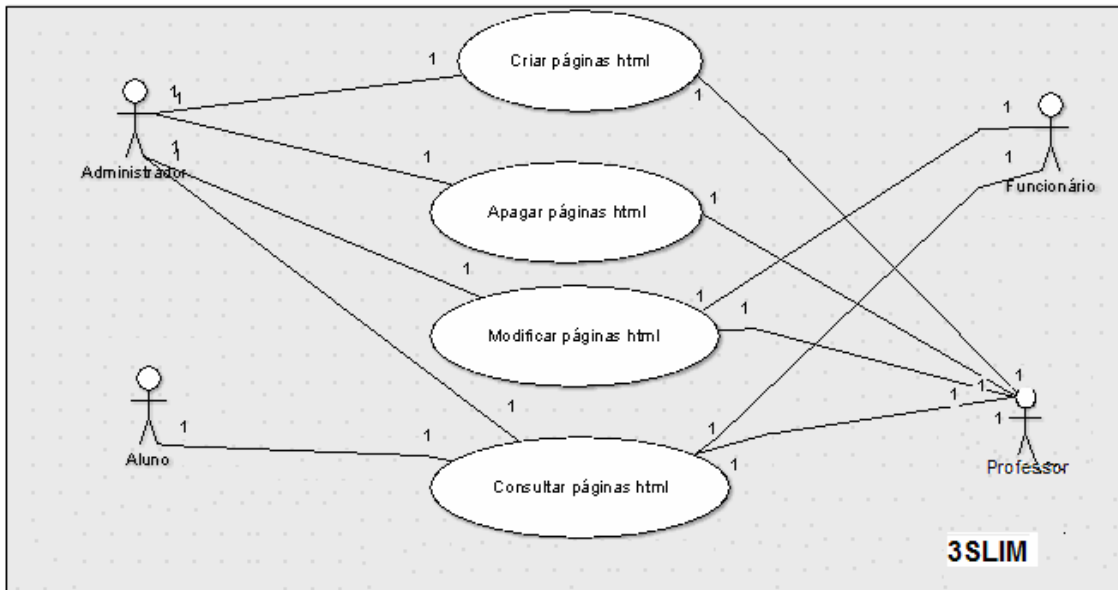


Figura III-1: Diagrama de caso de utilização do 3SLIM – parte I.

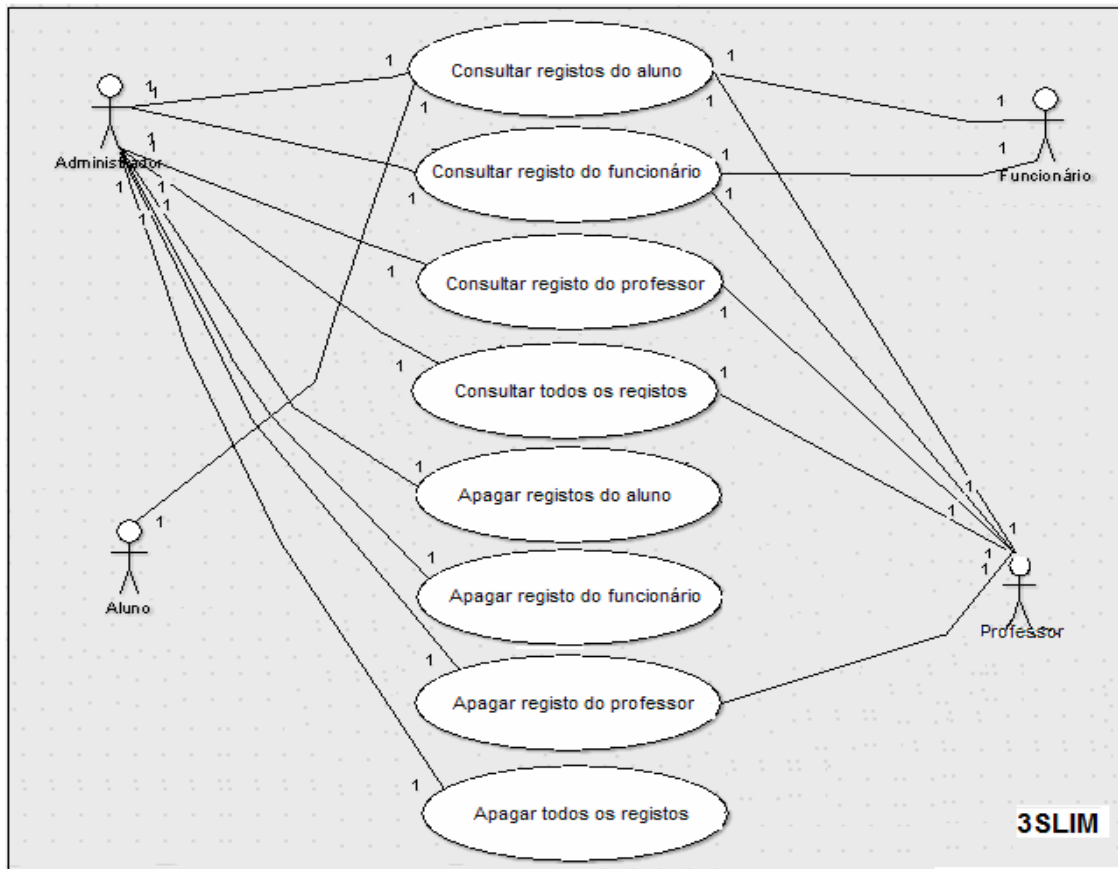


Figura III-2: Diagrama de caso de utilização do 3SLIM – parte II.

O protótipo 3SLIM ainda não integra todas as funcionalidades abrangidas no diagrama de caso de utilização descrito na Figura III-1 e na Figura III-2. Contudo, actualmente o protótipo 3SLIM implementa já todas as funcionalidades do cenário de consultas de páginas HTML.

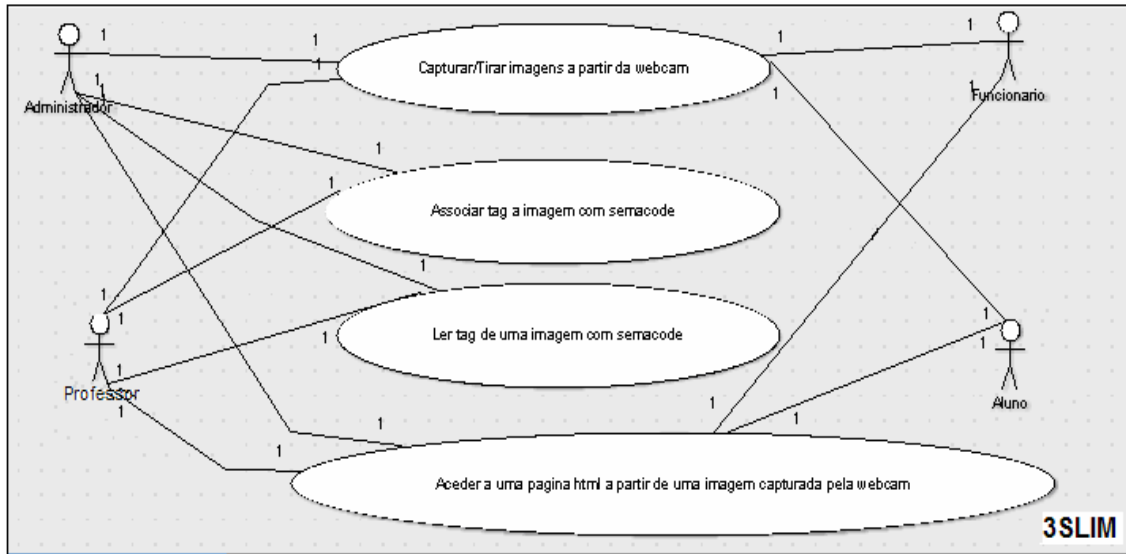


Figura III-3: Diagrama de caso de utilização do 3SLIM – parte III.

Salientamos ainda que o protótipo 3SLIM integra todas as funcionalidades descritas na Figura III-3, i.e., implementa todos os cenários expostos neste diagrama de caso de utilização.

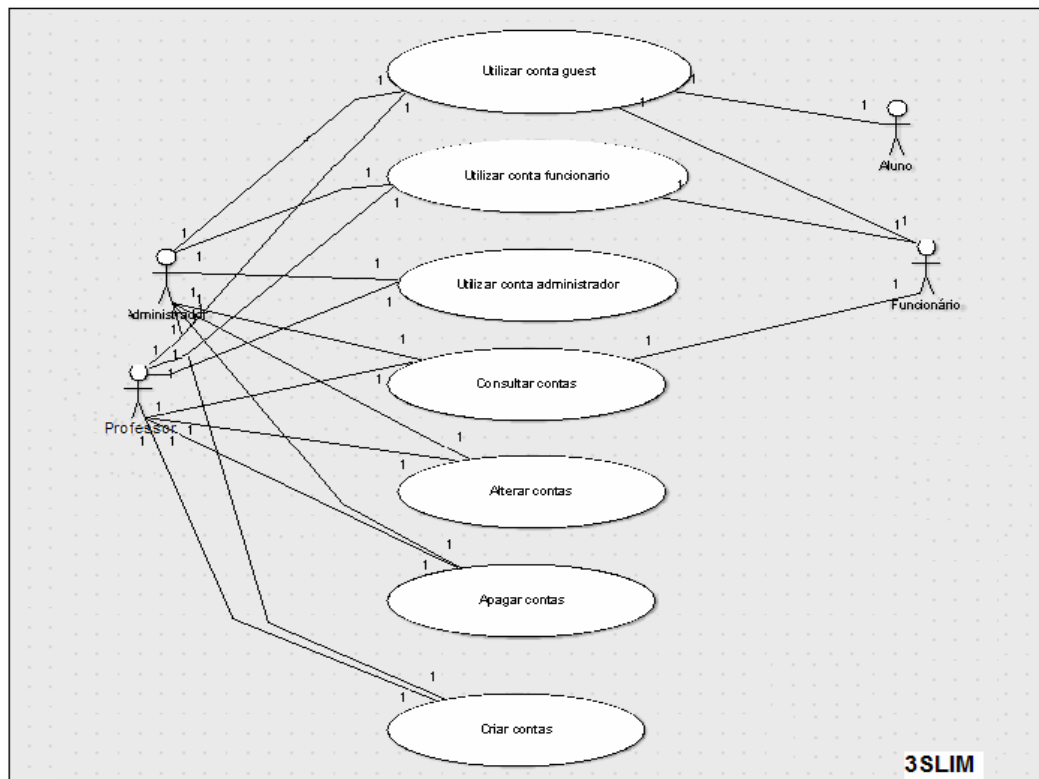


Figura III-4: Diagrama de caso de utilização do 3SLIM – parte IV.

As funcionalidades associadas aos perfis, abordadas na Figura III-4, não foram consideradas no protótipo 3SLIM actual. Presentemente, o protótipo funciona sempre com a conta *guest*. Esta conta permite efectuar capturar imagens a partir de uma câmara digital, aceder a uma página HTML a partir de uma imagem capturada e consultar páginas html. No entanto, a implementação de todos os cenários não considerados no protótipo 3SLIM desenvolvido até ao momento, serão implementados num trabalho futuro.

III.4. Arquitectura Cliente/Servidor em 3 Camadas

A arquitectura foi organizada em 3 camadas (Figura III-5). Duas camadas residem no servidor que disponibiliza o serviço através do IIS (2007d) e de um motor de base de dados. A outra camada é executada nos clientes e permite aceder à informação contextualizada de acordo com a localização física destes.

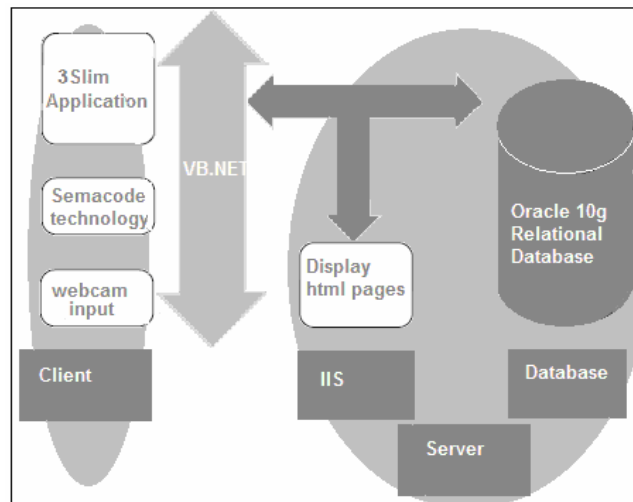


Figura III-5: Arquitectura Cliente-Servidor do sistema 3SLIM.

O cliente assume que a informação de contextualização estará disponível e será suportada pelo servidor 3SLIM. Deste modo consegue-se uma maior robustez e uma maior escalabilidade do sistema.

Servidor

Todo o processamento e gestão de páginas *HTML* assim como todo o armazenamento de dados são realizados no servidor. Optou-se pela utilização do Servidor da Microsoft (*Internet Information Server*), versão 5.1, que está incluído no produto Microsoft XP (Microsoft Coporation, 2007e). O IIS é um servidor Internet que oferece os serviços WWW, FTP, SMTP e NNTP, para além de suportar *web browsers* e *Active Server Pages* (Mitch Tulloch, 1998). A componente de base de dados é assegurada pelo Oracle XE que serve para armazenar os dados relativos aos endereços das páginas e à localização das figuras. O Oracle XE foi a tecnologia de base de dados seleccionada por ser do domínio do conhecimento da autora e também por ser gratuita.

Cliente

Do lado do cliente reside a aplicação móvel e todos os binários usados internamente pela aplicação (e.g., cliente Oracle 10g , os binários da Semacode). Grande parte da lógica

computacional do sistema reside assim no cliente, permitindo deste modo manter o anonimato destes.

No cliente foi ainda instalado o *Oracle 10g Client* (Oracle Corporation, 2007f), uma vez que este binário serve de ligação e de comunicação entre o Microsoft Visual Basic 2005 e a base de dados Oracle XE. O cliente Oracle 10g é disponibilizado gratuitamente na página internet da Oracle.

Aplicação 3SLIM

O módulo de leitura/atribuição de tags permite a realização de duas tarefas relacionadas com tags. A leitura de tags (existentes, por exemplo, no canto inferior direito das figuras expostas) possibilita obter um endereço URL. A atribuição de tags é apenas restringida aos administradores da aplicação 3 SLIM e permite associá-las aos endereços URL. Actualmente, apenas o módulo de leitura de tags está funcional no protótipo 3SLIM.

O módulo de captura da imagem permite que o visitante possa adquirir determinada imagem exposta, através da câmara integrada no portátil ou no PDA disponibilizado no local e proceder à sua gravação. O protótipo 3SLIM possui este módulo de captura de imagem operacional.

O módulo de publicação de páginas HTML permite que o utilizador, após capturar determinada imagem e após ler a respectiva tag associada a essa imagem, visualize uma página HTML com conteúdo informativo relacionado com a imagem. O protótipo 3SLIM integra este módulo de publicação de páginas HTML.

Software Semacode

O software Semacode é disponibilizado gratuitamente no site da da Semacode e é composto por duas aplicações java: a *semacode_tag.jar* permite a criação e geração de tags a partir de

endereços URL; a *semacode_reader_se.jar* permite a leitura de endereços URL a partir de tags.

III.5. Desenvolvimento do sistema

III.5.1. Modelo de entidades e relacionamentos

As entidades constituem objectos, reais ou virtuais, acerca dos quais se pretende armazenar informações. No contexto do sistema 3SLIM, as entidades são o administrador, o funcionário, o aluno, a página HTML e a zona sobre a qual armazenaremos informação.

As entidades possuem propriedades ou atributos que caracterizam de forma específica essas entidades. Assim, um administrador caracteriza-se por uma identificação, um nome e certos privilégios específicos da sua função. Por outro lado, um funcionário possui uma identificação, um nome e alguns privilégios específicos da sua função. Por fim, um aluno terá uma identificação, um nome e alguns privilégios específicos de utilizador.

As páginas HTML terão uma identificação, uma descrição, algumas imagens associadas, uma data de criação e o respectivo autor.

As propriedades das entidades são representadas por tipos de dados na base de dados e nas respectivas classes da aplicação. Os relacionamentos são responsáveis pela ligação entre as entidades e correspondem a associações existentes entre essas entidades.

Consideraremos agora as interacções entre as diferentes entidades do 3SLIM. Por exemplo, um aluno pode consultar uma ou várias páginas HTML. Neste caso, as entidades aluno e página HTML estarão relacionados pelas consultas. A consulta constituirá não só uma ligação entre um aluno e uma página HTML mas também entre um funcionário ou um administrador e uma página HTML.

Uma página HTML é criada pelo administrador. Neste caso a criação é uma associação existente entre o administrador e a página HTML. Por outro lado, uma página HTML pode ser alterada pelo administrador. A modificação é neste caso outra associação existente entre o administrador e a página HTML. Uma página HTML pode também ser removida pelo administrador. A remoção é mais uma associação existente entre o administrador e a página HTML. Uma página HTML poderá ter ainda uma ou mais imagens, ou seja, uma imagem pode integrar uma página HTML. Esta integração define o relacionamento existente entre uma página HTML e a imagem. Uma página HTML possui informação relativa a uma zona, ou seja, uma zona está sempre associada a uma página HTML. Esta associação define o relacionamento existente entre uma página HTML e uma zona.

Uma imagem ou fotografia pode ser capturada pela câmara fotográfica de um administrador, professor, funcionário, aluno ou convidado. O acto de fotografar define o relacionamento existente entre uma imagem e um administrador, professor, aluno ou funcionário. Uma imagem ou fotografia pode também ser eliminada pelo administrador e pelo professor. A eliminação corresponde a um relacionamento existente entre uma imagem e um administrador.

III.5.2. Diagrama Entidade/Relacionamento (E/R)

Tendo em conta os relacionamentos identificados entre as entidades do 3SLIM, foi desenhado o diagrama de entidades e relacionamentos da Figura III-6. Este diagrama identifica o conjunto de entidades dos sistemas que interagem entre si através dos relacionamentos descritos anteriormente (C.J.Date, 2004).

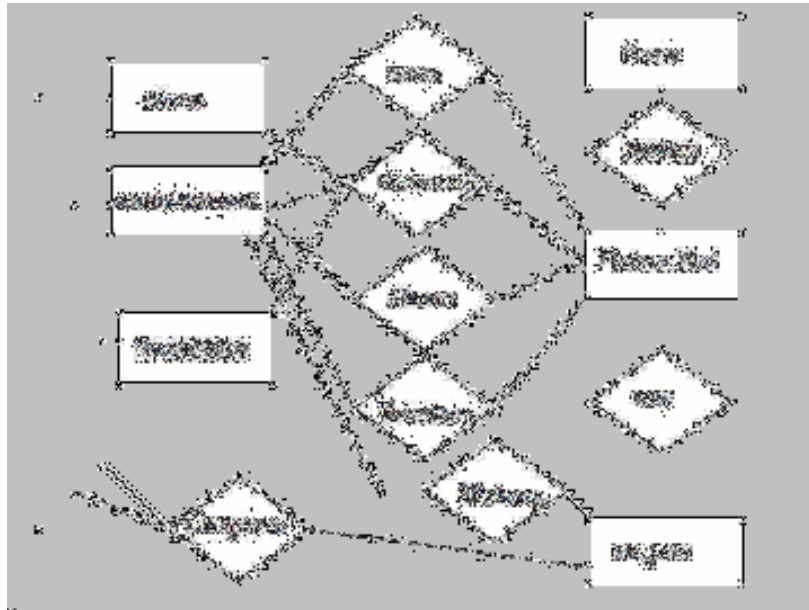


Figura III-6: Diagrama Entidade/Relacionamento do 3SLIM.

III.5.3. Modelo de dados

Do diagrama E/R exposto consideramos de imediato uma tabela com o mesmo nome de cada entidade. A sintaxe $N \{Ncol1, Ncol2, Ncol3\}$ representa a tabela denominada N cujas colunas são Ncol1, Ncol2 e Ncol3.

Tabela	Tipo de dados	Sintaxe
A	Administradores	A {A#, Aname, Apassword, Acreation_date}
F	Funcionários	F {F#, Fname, Fpassword, Fcreation_date}
Al	Alunos	Al {Al#, Alname, Alpassword, Alcreation_date}
P	Páginas dos sites	P {P#, Pdescription, Ptext, Pimage, Pautor, Pzone, Pcreation_date}
I	Imagens	I {I#, Iname, Icreation_date, Isize, Ilocation}
Z	Zonas	Z {Z#, Zname, Zcreation_date}

Tabela III-1: Tabelas de dados lógicos (anterior à normalização).

No entanto, podem existir na tabela AL, dois ou mais registos em que os alunos tenham exactamente o mesmo nome ou seja a coluna Uname seja idêntica.

Podem existir na tabela P, dois ou mais registos em que as páginas tenham o mesmo nome ou seja a coluna Pname seja similar.

Podem existir na tabela Z, dois ou mais registros em que as zonas tenham o mesmo nome, ou seja, a coluna Zname seja semelhante.

O processo de normalização foi aplicado ao diagrama E/R, obtido inicialmente, de forma a obter o modelo relacional final, eliminando a redundância de dados. Três formas normais foram consideradas.

Cada entidade está na 1ª Forma Normal quando todos os seus atributos são elementares. Para tal, foi introduzida uma coluna que possibilitará que cada registro inserido na tabela em questão, seja único. Esta coluna passa a denominar-se “chave primária” da respectiva tabela. A tabela A terá a chave primária A#, a tabela AL terá a chave primária AL#, a tabela F terá a chave primária F#, a tabela P terá a chave primária P#, a tabela Z terá a chave primária Z# e a tabela I terá a chave primária I#. O valor armazenado na chave primária nunca poderá ser repetido, sendo por isso único de cada registro armazenado na tabela. É possível ainda restringir as três tabelas A, AL e F a uma só tabela U, uma vez que ambas armazenam o mesmo tipo de dados ou seja os nome da pessoa, a sua senha e a data da criação da conta. Assim, estas três tabelas serão substituídas por uma genérica de utilizadores em que será adicionado a coluna Privilégios que permitirá identificar o tipo de utilizador (administrador, aluno ou funcionário).

Cada entidade tem uma chave primária que não é composta por mais do que um atributo. Sendo assim, a entidade está na 2ª Forma Normal, além de obedecer à precedência anterior, ou seja, estar na 1ª Forma Normal. Cada chave primária representará um número único e não será a composição de duas ou mais colunas da tabela.

Quando nenhum atributo que não seja chave primária depende de outro que não seja chave primária, então a entidade à qual pertence o atributo está na 3ª Forma Normal. Logicamente esta mesma entidade deve obedecer à precedência anterior e estar na 2ª Forma Normal. A coluna Pimage da tabela P depende da coluna I# da tabela I e não é chave primária da tabela P. Portanto, o atributo Pimage segue a 3ª forma Normal. A coluna Pzone da tabela P depende da coluna Z# da tabela Z e não é chave primária da tabela P. Assim sendo, o atributo Pzone obedece à 3ª Forma Normal. A coluna Pautor da tabela P depende da coluna U# da tabela U e

não é chave primária da tabela P. Logo o atributo Pautor está em conformidade com a 3ª Forma Normal.

No modelo de dados considerado e normalizado, a definição lógica dos dados será composta pelas tabelas denominadas U, P, Z e I.

Tabela	Colunas	Chave primária (PK)	Chave estrangeira (FK)
U	U# Uname Upassword Uprivileges Ucreation_date	U#	
P	P# Pdescription Ptext Pimage Pautor, Pzone Pcreation_date	P#	Pimage Pzone Pautor
I	I# Iname Icreation_date Isize Ilocation	I#	
Z	Z# Zname Zcreation_date	Z#	

Tabela III-2: Tabelas de dados lógicos, após normalização.

Após aplicado o processo de normalização e renomeando as tabelas, o modelo de dados final implementado no 3SLIM será constituído pelas seguintes tabelas:

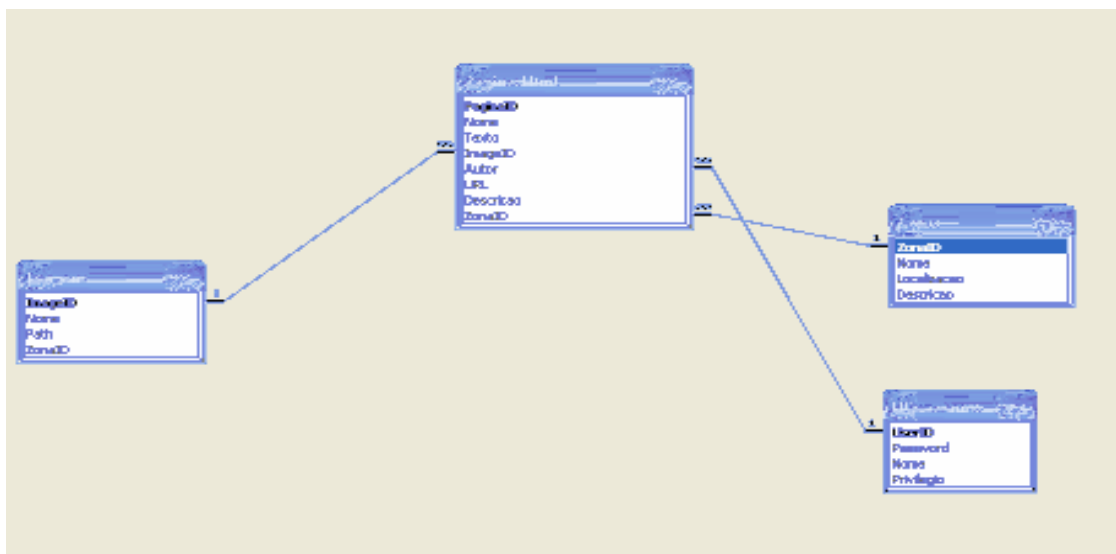


Figura III-7: Modelo relacional de dados do 3SLIM.

III.5.4. Implementação

A implementação do modelo de dados abordado foi suportada por uma base de dados, criada do lado do servidor. O produto seleccionado foi o *Oracle Database 10g Express Edition*. Este produto é gratuito e foi instalado no servidor. O nome da base de dados escolhido foi *xe*.

O *Visual Express Edition 2005* foi a plataforma de desenvolvimento seleccionada e foi instalada no cliente, ou seja, num laptop onde irá funcionar o protótipo. Por questões de ordem prática e dada a experiência da autora, a linguagem de programação escolhida foi o *Visual Basic. NET*.

A integração do módulo da câmara na aplicação 3SLIM foi a parte mais complicada da implementação da aplicação. Foi necessário instalar uma DLL (*Interop.WIALib.dll*) que fizesse a interface entre a aplicação e a câmara do portátil.

A interligação entre a base de dados e a aplicação 3SLIM necessitou da instalação de uma DLL (*Oracle.DataAccess.dll*). Esta DLL foi instalada durante a instalação do cliente Oracle 10g. Permite efectuar determinadas operações sobre a base de dados tal como efectuar uma conexão à base de dados ou executar queries directamente sobre a base de dados e devolver o resultado à aplicação 3SLIM.

A interligação entre a aplicação 3SLIM e o IIS assim como a interligação entre a aplicação e os binários do Semacode foram mais fáceis, uma vez que a plataforma .Net possui funções específicas para chamar e executar comandos externos de Sistema Operativo.

Capítulo IV: Avaliação da usabilidade

IV.1. Introdução

Duas razões levaram a que o sistema 3SLIM fosse aplicado a uma visita zoológica. Por um lado, existe uma questão pessoal, uma vez que a autora tem um grande interesse pelo mundo animal. Por outro lado, as questões técnicas também motivaram esta escolha. O facto de um zoo ser um local restrito, limitado e que pode ser visitado por várias pessoas coaduna com o que é pretendido. O zoo é um local onde o sistema 3SLIM e a sua tecnologia podem ser largamente aplicados.

A zona dos leões foi associada à entidade virtual com o seguinte endereço URL <http://localhost/leoes.html>. Neste caso, cada utilizador poderá encontrar junto da zona dos leões, num parque zoológico, informação adicional descrevendo esta espécie. A figura seguinte representa um Leão Branco Macho, ao qual se pretende associar informação.



Figura IV-1: Fotografia do Leão Branco Macho.

Para tal, foi criada a tag com a tecnologia semacode em que o endereço URL colocado foi <http://localhost/leoes.html> (Figura IV-2).

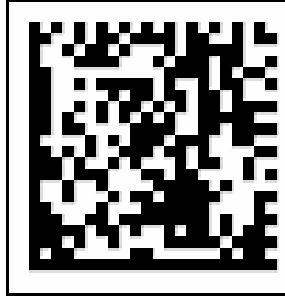


Figura IV-2: Tag semacode correspondente aos URL <http://localhost/leoes.html>.

A etiqueta semacode é colocada no canto inferior direito da imagem alusiva aos leões. A imagem final, representada pela Figura IV-3 é afixada na zona dos leões e permite aos visitantes/alunos visualizar informação relativa ao respectivo POI dos leões.



Figura IV-3: Fotografia dos leões associada à *tag* semacode.

Caso o utilizador pretenda obter mais informação acerca deste POI, deverá aceder ao módulo de captura de imagem da aplicação 3SLIM para tirar uma fotografia. Esta aplicação permite gravar a fotografia em formato JPEG e posteriormente aceder ao módulo de leitura de *tags* semacode para obter o respectivo URL codificado na fotografia. A aplicação compara então o endereço URL descodificado com todos os endereços URL existentes na base de dados do sistema. Caso haja uma correspondência entre o endereço URL da fotografia com um dos URL existentes na base de dados, o utilizador conseguirá, através da aplicação, aceder à respectiva página HTML associada a este URL.

A figura seguinte mostra de forma resumida e esquemática o funcionamento do sistema 3SLIM.

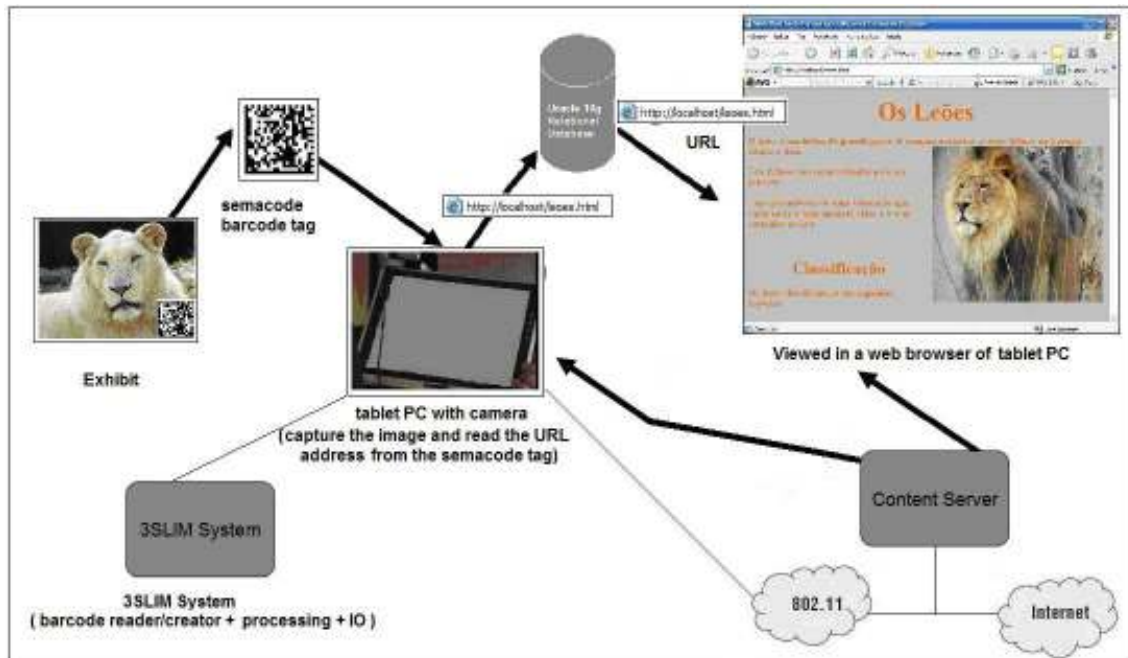


Figura IV-4: Funcionamento do sistema 3SLIM.

IV.2. Metodologia

O estudo efectuado contou com dez participantes que acederam, de forma voluntária, a efectuar a avaliação da usabilidade do protótipo 3SLIM. Os testes decorreram nas instalações da Universidade Fernando Pessoa do Porto onde se simulou uma visita a um parque de animais/zoo.

No âmbito da avaliação da usabilidade do protótipo 3SLIM, três figuras de animais em formato A4, com uma *tag semacode* indicativa de um endereço URL específico, foram afixadas em três zonas distintas da Universidade Fernando Pessoa. As três figuras utilizadas na avaliação da usabilidade do modelo 3SLIM podem ver-se no Anexo I. Os utilizadores foram conduzidos pela autora até ao átrio da Universidade Fernando Pessoa, ponto de partida dos testes.

Os testes iniciavam-se com uma breve descrição dos objectivos a que se destinava o sistema 3SLIM, bem como de uma breve explicação do funcionamento do sistema 3 SLIM. O questionário, distribuído pelos dez participantes, era constituído por algumas tarefas relativas a um pequeno percurso pré-estabelecido, assim como por algumas questões. Este questionário encontra-se também no Anexo I. Durante a realização dos testes, a autora observava o comportamento dos utilizadores, as suas acções e reacções perante determinadas etapas, esclarecia dúvidas, auxiliava os participantes nalgumas tarefas e cronometrava o tempo médio de execução do questionário por parte de cada participante.

IV.3. Resultados obtidos

A análise dos questionários preenchidos e devolvidos pelos dez inquiridos, após a realização dos testes de avaliação da usabilidade do protótipo 3SLIM, levou aos resultados apresentados de seguida.

IV.3.1. Caracterização sócio-demográfica dos participantes

Foi efectuada uma análise aos dados sócio-demográficos dos dez participantes na avaliação da usabilidade do protótipo 3SLIM. Considerando o género dos utilizadores, 5 eram adultos do sexo masculino, 4 eram adultos do sexo feminino e 1 era um adolescente do sexo masculino.

Relativamente à idade dos participantes, os adultos tinham entre 23 e 43 anos e o adolescente tinha 17 anos. Todos os participantes eram de nacionalidade portuguesa, tendo um deles a dupla nacionalidade luso-canadiana.

Quanto ao nível das habilitações literárias, 2 utilizadores possuíam o 9º ano de escolaridade, 3 possuíam o 12º ano de escolaridade, 4 possuíam um grau de Licenciatura e 1 participante era Doutorado.

Considerando a actividade profissional exercida pelos utilizadores, 5 eram estudantes (1 estudante do ensino secundário e 4 estudantes universitários) e 5 exerciam actividades ligadas ao ensino e ao atendimento público na empresa CTT (Correios de Portugal).

Para definir de forma objectiva e concisa a caracterização geral sócio-demográfica dos participantes, abordando cada ponto de caracterização (género, idade, habilitações literárias e a actividade profissional), segue-se uma tabela com todos os dados sócio-demográfica dos participantes (Tabela IV-1).

		Dados sócio-demográfico dos participantes			
Participantes	Idade	Nacionalidade	Género	Habilitações literárias	Actividade Profissional
Participante 1	28	Portuguesa	Masculino	12º ano – Desporto	Estudante universitário - Licenciatura em Eng.ª Informática
Participante 2	42	Portuguesa	Feminino	Doutorada – Hidrologia	Professora universitária
Participante 3	26	Portuguesa	Masculino	Licenciatura - Eng.ª Informática	Estudante universitário - Mestrado em Computação Móvel
Participante 4	23	Luso-Canadiana	Masculino	Licenciatura - Eng.ª Informática	Estudante universitário - Mestrado em Computação Móvel
Participante 5	28	Portuguesa	Masculino	12º ano – Científico	Estudante universitário - Licenciatura em Eng.ª Informática
Participante 6	41	Portuguesa	Feminino	12º ano - Literatura/Línguas	Técnico Postal de Gestão na empresa CTT
Participante 7	35	Portuguesa	Feminino	Licenciatura - Ensino Físico-Química	Professora de Físico-Química no ensino secundário
Participante 8	17	Portuguesa	Masculino	9º ano – Ensino Básico	Estudante do ensino secundário - 11º ano Ciências e Tecnologias
Participante 9	43	Portuguesa	Masculino	9º ano – Ensino Básico	Gestor Interino de Loja na empresa CTT
Participante 10	37	Portuguesa	Feminino	Licenciatura-Relações Internacionais	Técnico Postal de Gestão na empresa CTT

Tabela IV-1: Caracterização sócio-demográfica dos participantes.

IV.3.2. Resultados obtidos nas tarefas propostas

O questionário descrevia a elaboração detalhada de três tarefas específicas, incluindo todas as etapas a executar. Na 1ª tarefa, era pedido que o participante acesse à aplicação 3SLIM, efectuasse uma série de passos sequenciais de forma a capturar a imagem da 1ª figura, afixada no átrio da Universidade Fernando Pessoa, através da câmara do portátil e visualizasse a respectiva página HTML associada à tag dessa imagem. No final da 1ª tarefa, o participante

era questionado sobre qual a primeira frase visualizada aquando da abertura da página HTML. Todos os inquiridos responderam correctamente à questão.

Na 2ª tarefa, era pedido que o participante na aplicação 3SLIM, executasse novamente uma série de passos sequenciais de forma a capturar a imagem da 2ª figura, afixada no piso um da Universidade Fernando Pessoa, e visualizar a respectiva página HTML associada à tag dessa mesma imagem. No final da 2ª tarefa, o participante era questionado sobre qual o título visualizado aquando da abertura da página HTML. Todos os inquiridos responderam correctamente à questão.

Na 3ª tarefa, era pedido que o participante na aplicação 3SLIM executasse um procedimento de forma a capturar a imagem da 3ª imagem afixada no piso dois da Universidade Fernando Pessoa, e a visualizar a respectiva página HTML associada à tag desta mesma imagem. No final da 3ª tarefa, o participante era questionado sobre qual a imagem visualizada aquando da abertura da respectiva página HTML. Todos os inquiridos responderam correctamente à questão.

De forma conclusiva, todos os participantes foram bem sucedidos na elaboração/desempenho das tarefas solicitadas (Figura IV-5).

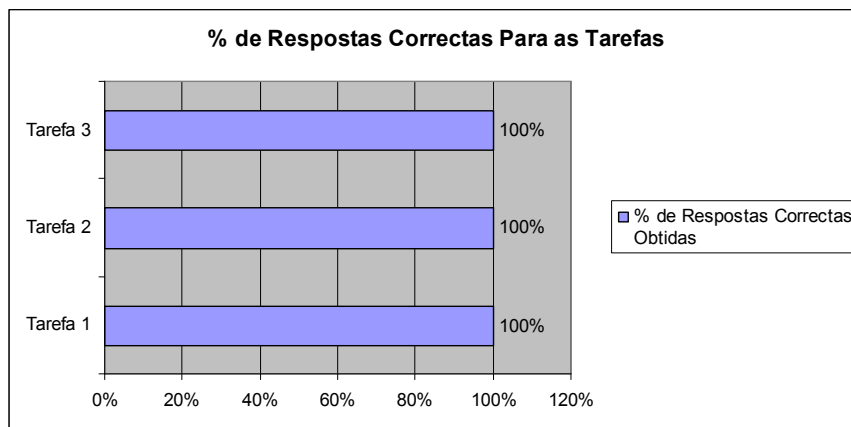


Figura IV-5: Percentagem de respostas correctas obtidas nas três tarefas.

Relativamente ao grau de dificuldade das tarefas, 100% dos inquiridos responderam que as tarefas exigidas não eram complicadas (Figura IV-6).

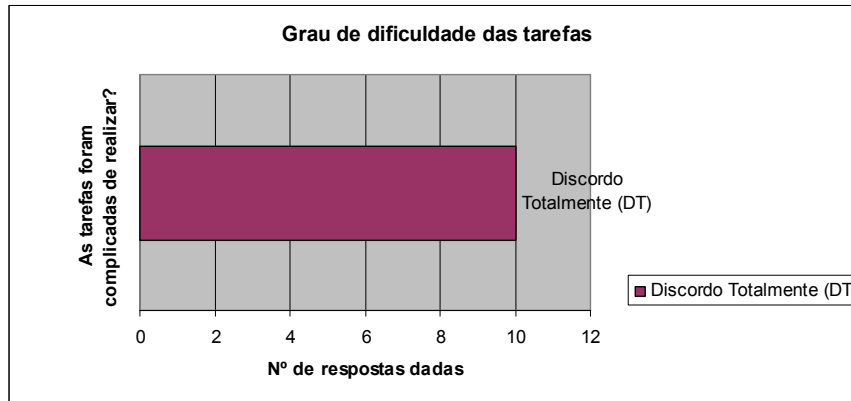


Figura IV-6: Respostas obtidas relativamente à dificuldade das tarefas.

IV.3.3. Facilidade de utilização do interface gráfico

Quando questionados sobre a facilidade de utilização do interface gráfico, 90% dos inquiridos responderam que a interface era amigável e que o software era muito intuitivo, salientando que o procedimento descrito no questionário era de grande auxílio na utilização da aplicação. Apenas um dos inquiridos (10%) destacou que o facto de existirem demasiados passos para obter a imagem na aplicação tornava a utilização do interface menos intuitivo (Figura IV-7).

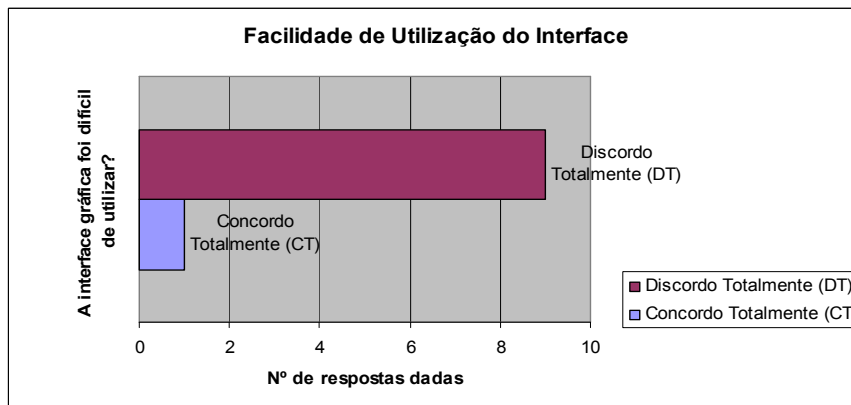


Figura IV-7: Respostas obtidas sobre a facilidade de utilização do interface.

IV.3.4. Tempo de resposta da aplicação

Relativamente ao tempo de resposta da aplicação, considerando o tempo de estabelecimento da conexão e o tempo de download do conteúdo, 80% dos inquiridos responderam que o tempo de resposta da aplicação era imediato e instantâneo. Os restantes 20% dos inquiridos alegaram que se não existir um acesso rápido à Internet, este factor pode comprometer o tempo de resposta da aplicação e a respectiva usabilidade (Figura IV-8).

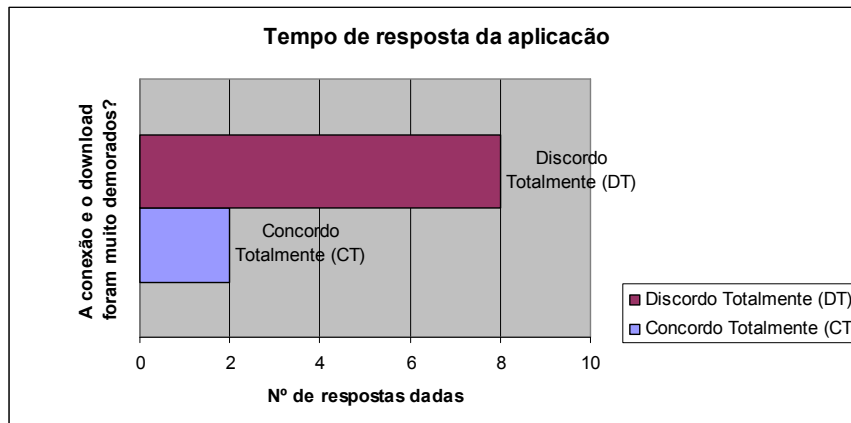


Figura IV-8: Respostas obtidas sobre o tempo de resposta da aplicação.

IV.3.5. Utilidade prática do protótipo 3SLIM

A utilidade prática do protótipo 3SLIM abrangia três questões do questionário. As respostas a essas três questões estão visíveis nas três figuras seguintes.

À questão “Achou que este sistema é uma boa forma de mostrar informação relativa a algum assunto”, todos os participantes deram uma resposta afirmativa. Todos os inquiridos foram unânimes ao considerarem que se trata de uma forma rápida de concentrar e aceder a informação adicional sobre qualquer assunto, relativo a um determinado local ou objecto. O potencial relativo à contextualização e ao poder informativo foi bastante apreciado por parte dos utilizadores.

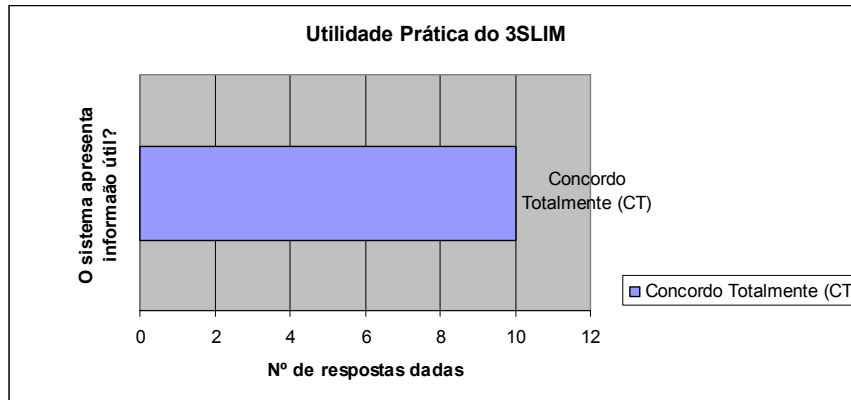


Figura IV-9: Respostas obtidas sobre a utilidade prática do 3SLIM (1ª questão).

À questão “Usaria um serviço móvel deste tipo, sempre que fosse fazer alguma visita a um museu ou outra área de interesse”, 90 % dos participantes responderam positivamente. Estes consideraram que este tipo de serviço possibilita o acesso a informação adicional sobre um determinado POI de forma rápida e instantânea e, por esta razão, utilizariam o serviço se este fosse disponibilizado gratuitamente (i.e., sem custos adicionais de acesso à rede e ao serviço) num museu ou noutra área de interesse. Apenas 10% dos inquiridos respondeu negativamente por considerar que o uso deste tipo de serviço móvel em museus e outras áreas seria uma imposição aos utilizadores.

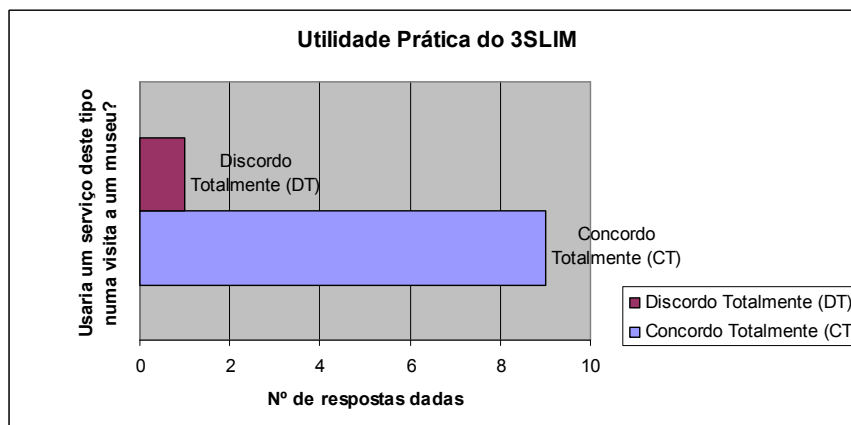


Figura IV-10: Respostas obtidas sobre a utilidade prática do 3SLIM (2ª questão).

À questão “Acha que o uso do telemóvel equipado com uma câmara seria preferível ao uso do portátil”, 90 % dos participantes responderam positivamente. O facto de o telemóvel ser um dispositivo mais prático, de menor dimensão e de fácil transporte, assim como, o facto do seu uso ser mais cómodo e ser mais operacional foram factores significativos na opinião dos participantes. Apenas um dos inquiridos (10%) respondeu negativamente, argumentando que o telemóvel não possui as características ideais para este tipo de aplicações e por isso não usaria este tipo de dispositivo móvel nestas circunstâncias.

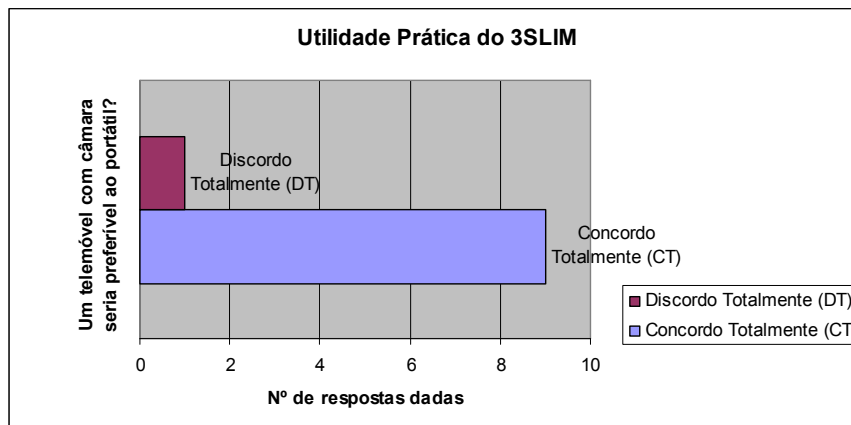


Figura IV-11: Respostas obtidas sobre a utilidade prática do 3SLIM (3ª questão).

Pela análise dos resultados obtidos sobre as questões relativas à utilidade prática do protótipo 3SLIM, podemos concluir que os inquiridos consideram que o modelo 3SLIM tem bastante utilidade prática.

IV.3.6. Problemas identificados na utilização

Os inquiridos foram ainda questionados sobre a ocorrência de problemas aquando da realização das três tarefas, integradas na avaliação da usabilidade do protótipo 3SLIM. Assim, 50% dos participantes reportaram a incidência de problemas durante a leitura da tag, obtida na captura digital da imagem afixada (Figura IV-12). Estes utilizadores tiveram de repetir a captura digital da imagem até obterem a tag com a nitidez necessária e na sua totalidade, de forma a poderem abrir a respectiva página HTML.

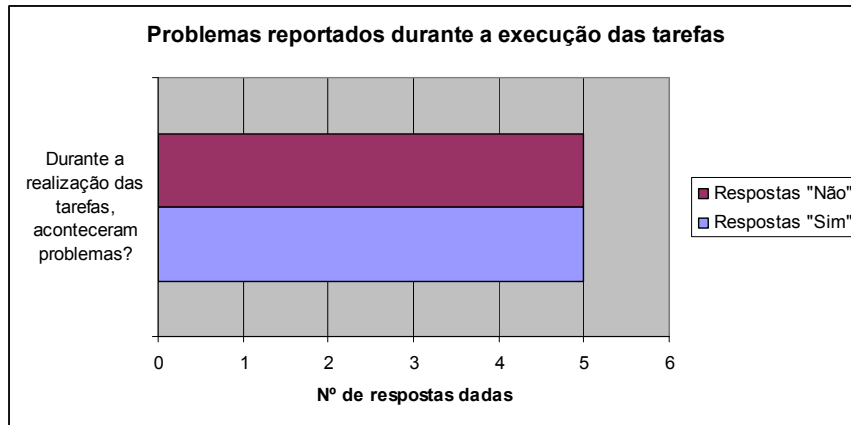


Figura IV-12: Resultados obtidos relativamente a problemas ocorridos.

Sempre que os participantes respondessem positivamente à questão relativa a existência de problemas decorridos durante a execução das tarefas, era-lhes pedido que identificassem os mesmos. Segue-se uma lista dos principais problemas referenciados pelos participantes (Tabela IV-2).

Problemas decorridos durante a execução das tarefas
Relativamente à primeira imagem, foi necessário realizar várias capturas para conseguir obter o código de barras por inteiro, permitindo a leitura correcta da mesma. Para as restantes imagens, já foi possível capturar a tag á primeira tentativa.
As condições nas quais são tiradas as fotografias interferem directamente no resultado final.
Na primeira foto, não foi focado correctamente o código de barras e o programa não mostrou informação sobre o animal da primeira foto.
Com muita claridade, a webcam não conseguiu tirar as fotos com nitidez.

Tabela IV-2: Resumo dos problemas reportados durante a realização das tarefas exigidas

IV.3.7. Tempos medidos na execução das tarefas

Durante a execução das tarefas da avaliação da usabilidade do protótipo 3SLIM, a autora cronometrou o tempo gasto por cada inquirido para a execução das três tarefas. Seguem-se os tempos medidos para cada utilizador (Tabela IV-3).

Participantes	Tempo gasto na execução das tarefas (minutos)
Participante 1	15
Participante 2	26
Participante 3	16
Participante 4	20
Participante 5	22
Participante 6	17
Participante 7	15
Participante 8	21
Participante 9	17
Participante 10	22

Tabela IV-3: Tempo gasto na realização das três tarefas.

O tempo gasto na realização das três tarefas está directamente relacionado com a incidência de problemas ocorridos aquando da execução das mesmas. Todos os participantes que apresentam tempos com valores iguais ou superiores a 20 minutos tiveram de repetir a captura da imagem para uma ou mais das imagens expostas. Os restantes inquiridos, cujo tempo é inferior a 20 minutos conseguiram, à primeira tentativa capturar a imagem, i.e., obter uma fotografia onde a tag semacode era nítida e completa. O tempo médio para a realização das três tarefas foi de 19,1 minutos.

IV.3.8. Aspectos destacados pelos utilizadores

Os inquiridos foram ainda questionados sobre os aspectos do protótipo 3SLIM mais interessantes e sobre os pontos menos agradáveis do 3SLIM. Segue a lista dos aspectos mais interessantes e mais atractivos, referidos pelos participantes (Tabela IV-4).

O que mais gostou na aplicação?
Gostei de tudo.
Fácil acesso. Rápido tempo de resposta. Combinação de cores utilizadas.
Os processos simples de captura de imagem e simultaneamente a obtenção da informação relativa à mesma.
Possibilita no final da aplicação a obtenção de várias informações (escritas e fotográficas) do respectivo assunto pretendido.
A forma como esta tecnologia pode condensar informação.
O interface é amigável. É tudo “Windows”.
O potencial do âmbito da aplicação assim como a velocidade de execução.
Bom conceito. Desde que haja locais com o código de barras, temos uso de mais informação acerca do assunto ou local onde estamos.
O acesso rápido à informação.

Tabela IV-4: Lista dos pontos mais atractivos da aplicação.

De seguida é apresentada a lista dos aspectos menos agradáveis, referidos pelos participantes (Tabela IV-5).

O que menos gostou na aplicação?
Gostei de tudo.
Não se aplica.
Seleccionar nova janela de forma a não visualizar a janela anterior.
Algumas dificuldades em capturar por completo a tag da respectiva imagem. Por isso, foi necessário efectuar mais do que uma captura da mesma imagem.
O conteúdo é estático.
A estruturação da interface da aplicação porque requer a intervenção frequente do utilizador para executar uma tarefa.
Para aqueles que não estão habituados a estas tecnologias, o interface deveria ser mais simples.
A parte da fotografia porque com a câmara interna do portátil é mais difícil capturar a imagem com a tag completa.

Tabela IV-5. Lista dos pontos mais desagradáveis da aplicação.

IV.3.9. Propostas de melhorias sugeridas pelos utilizadores

Finalmente, foi pedido aos participantes que sugerissem algumas propostas de melhorias ao protótipo 3SLIM. De seguida, é apresentada a lista das sugestões propostas pelos inquiridos (Tabela IV-6).

Quais as sugestões que apresentaria para melhorar a interface?
A entrada do museu, possibilitar a passagem de um ficheiro com toda a informação para o sistema portátil.
Adequar o interface ao telemóvel.
A interface poderia ser melhorada.
Manter apenas um ambiente principal, evitando múltiplas janelas.
A apresentação dos resultados de uma forma mais dinâmica, via interface web.
Automatizar o processo de escolha do dispositivos e imagens a processar.
Simplificar por forma a ser mais acessível às pessoas sem conhecimento de informática.
Um portátil com ecrã táctil para uma mais rápida e cómoda utilização.

Tabela IV-6: Lista de propostas de melhorias.

IV.4. Discussão dos resultados

A análise final dos resultados da avaliação da usabilidade do protótipo 3SLIM mostra que a aplicação 3SLIM foi considerada amigável e acessível por parte dos inquiridos. Todos os participantes acharam que o uso da aplicação é fácil e que foi simples seguir o procedimento das etapas a realizar. No entanto, todos concordaram que seria necessário proceder a algumas melhorias a nível da aplicação 3SLIM, nomeadamente a nível da minimização do número de processos envolvidos durante o módulo da captura da imagem (que estava ainda em modo *debug* e por isso implicava um maior número de interacções).

O conceito em que se baseia o protótipo 3SLIM, ou seja, a obtenção da informação contextual sobre um determinado POI através do reconhecimento e leitura de uma *tag semacode* associada a uma imagem em exposição foi o ponto mais atractivo para os utilizadores envolvidos no inquérito. A avaliação da usabilidade do protótipo 3SLIM permitiu-nos identificar os factores que interferem na leitura e no reconhecimento da tag, nomeadamente, a luminosidade e a captura completa ou incompleta da tag que influenciam na correcta leitura da mesma.

Conclusão

A proliferação de dispositivos móveis e de redes sem fios locais levaram ao crescente interesse e disseminação de sistemas e serviços sensíveis à localização. Com os mais recentes avanços tecnológicos, em particular nos dispositivos móveis, surgiram associadas aplicações cada vez mais complexas. Os exemplos paradigmáticos são os Smartphones e os PDA's que se assemelham mais a computadores ultra portáteis do que propriamente a simples telemóveis. Estes equipamentos suportam, já, aplicações de navegação GPS, digitalização de códigos de barras, suporte de *tags* RFID e visualização de gráficos 3D que são cada vez mais utilizados em aplicações sensíveis ao contexto dos utilizadores.

Nesta dissertação pretendeu-se inicialmente estudar algumas das tecnologias mais importantes que estão na base do funcionamento de sistemas de localização. Foram ainda analisados alguns sistemas de localização que utilizam essas mesmas tecnologias de localização.

Numa etapa posterior, foi desenvolvido um sistema de computação móvel que utiliza uma tecnologia de códigos 2D associados a localizações físicas específicas. Este sistema, denominado 3SLIM, é baseado em *links* criados entre as entidades reais do mundo físico (associadas às *tags* 2D) e informação virtual na forma de recursos Web (cf. *physical hyperlinks*). O projecto 3SLIM permite que os utilizadores possam aceder a determinados recursos virtuais associados a localizações físicas específicas, sem qualquer assistência humana externa, a partir de um dispositivo pessoal disponibilizado na zona de visita (e.g., um portátil equipado com câmara).

Pela análise da avaliação da usabilidade do protótipo 3SLIM, conclui-se que o conceito aplicado nesse modelo foi bem recebido pelos participantes. O facto de se poder utilizar um dispositivo móvel para se obter informação contextualizada relativa a uma determinada localização, através de uma simples *tag semacode* associada a um POI, foi considerado muito interessante para os utilizadores envolvidos no inquérito. Do estudo efectuado podemos também concluir que a interface utilizada é amigável e que os participantes estariam dispostos a utilizar um sistema semelhante para obter informação adicional relativamente a lugares visitados.

Constatou-se ainda que alguns factores, tais como a luminosidade e a captura das tag semacode podem influenciar o desempenho do sistema. Consideramos que as condições ambientais têm uma grande influência na qualidade final da imagem/tag capturada pela câmara digital. Em locais com muita luminosidade (em contra-luz) ou com pouca luminosidade, as fotografias obtidas não apresentam a nitidez e resolução necessárias para se extrair informação da *tag semacode*. A falta de nitidez e degradação da resolução da digitalização da tag, traduz-se numa perda da informação. Por esta razão, a leitura do endereço URL poderá falhar e consequentemente a respectiva página HTML poderá não ser apresentada.

Um trabalho desta natureza nunca está completamente terminado. Um dos possíveis desenvolvimentos futuros estaria relacionado com a implementação de melhorias no protótipo actual do sistema 3SLIM.

Seria interessante portar a aplicação do sistema 3SLIM para telemóveis e PDAs equipados com câmaras internas. A etapa funcional da captação da tag 2D existente nas figuras distribuídas pelas zonas de visita, seria capturada de forma mais amigável pela câmara dos telemóveis. Ao nível do servidor, seria também interessante adicionar novas funcionalidades, por exemplo, focadas no reenvio do endereço URL, contida numa mensagem texto para o telemóvel do utilizador final. Após a recepção do endereço URL da respectiva página web, bastaria ao utilizador final abrir a página HTML no *browser* do seu dispositivo móvel para visualizar toda a informação associada aquela figura. A informação, mostrada na página HTML ao utilizador, poderia não se resumir apenas a texto e a imagens, apresentando vídeos e áudios, relacionados com o ponto de interesse em questão .

A tecnologia relativa às tags RFID seria uma área a investigar, uma vez que está relacionada com o tema abordado neste trabalho. A substituição da tecnologia de código de barras 2D pelo uso de tags RFID no sistema 3SLIM poderia ser uma possibilidade de pesquisa nessa área.

Bibliografia

Aaron Quigley, Belinda Ward, Chris Ottrey, Dan Cutting, & Robert Kummerfeld (2004). *Bluestar, a privacy centric location aware system*. In *Position, Location and Navigation Symposium 2004 (PLANS 2004)*.

Alf Inge Wang, Carl-Frederik Sorensen, Steinar Brede, Hege Servold, & Sigurd Gimre (2003). *DEVELOPMENT OF LOCATION-AWARE APPLICATIONS. The Nidaros Framework*. In *Mobisys 2005*.

Amit Kumar, Rumeet Singh Saluja, G.Ramamurthy, & M.B.Srinivas (2005). *A Generic Framework for Environment Monitoring System Based Location Aware Sensor Networks*. In *1st International Conference on Sensing Technology*. Palmerston North .New Zealand.

Andrew S.Tanenbaum (2003). *Computer Networks*. Prentice Hall.

Anthony LaMarca, Yatin Chawathe, Sunny Consolvo, Jeffrey HighTower, & Ian Smith (2005). *PlaceLab: Device positioning using radio beacons in the wild*. In *Proceedings, Prevasive 2005*.

C.J.Date (2004). *An introduction to database systems*. Addison Wesley.

Guanling Chen & David Kotz (2000). *A Survey of Context-Aware mobile Computing Research*. Dartmouth Computer Science Technical Report TR2000-381.

Heikki Kaaranen, Ari Ahtiainen, Lauri Laitinen, Siamak Naghian, & Valterri Niemi (2001). *UMTS networks. Architecture, Networks and Services*. John Wiley & Sons.

Herbert Bay, Beat Fasel, & Luc Van Gool (2005). *Interactive Museum Guide*. In UbiComp 2005, Tokyo, Japan, Setembro de 2005.

Jeffrey HighTower & Gaetano Borriello (2001a). *Location Sensing Techniques*. UW CSE 01-07-01, University of Washington, Department of Computer Science and Engineering, Seattle, Washington, Julho de 2001

Jeffrey HighTower & Gaetano Borriello. (2001b). *Location systems for ubiquitous computing*. IEEE Computer, Vol.34, Issue 8, Agosto de 2001.

Jennifer Bray & Charles F. Sturman (2001). *Bluetooth Connect without cables*. Prentice Hall PTR.

Joachim Tisal (2001). *GSM cellular radio telephony*. John Wiley & Sons Edition.

Keith Cheverst, Keith Mitchell, & Nigel Davies (2002). *The role of adaptive Hypermedia within a Context-Aware Tourist Guide*. Communications of the ACM, Vol.4, Nº 5, Maio de 2002.

Keith Cheverst, Nigel Davies, Keith Mitchell, & Adrian Friday (2000). *Experiences of Developing and Deploying a Context-Aware Tourist Guide: The GUIDE Project*. In *6th ACM International Conference and Mobile Computing and Networking (ACM MOBICOM 2000)*, Boston, USA.

R.Want, A.Hopper, V.Falcão, & J.Gibbons (1992). *The Active Badge Location System*. *ACM Transactions on Information System*, Vol.10, N°1, Janeiro de 1992.

R.K.Harle & A.Hopper (2005). *Deploying and Evaluating a Location-Aware System*. In *Proceedings of the 3rd international conference on Mobile systems, applications, and services (MOBISYS 2005)*, Seattle, Whashington, USA.

Nissanka B.Priyanta, Anit Chakraborty, & Hari Balakrishnan (2000). *The Cricket Location-Support System*. In *6th ACM International Conference and Mobile Computing and Networking (ACM MOBICOM 2000)*, Boston, MA, USA

Lauri Aalto, Nicklas Göthlin, Jani Korhonen, & Timo Ojala (2004). *Bluetooth and WAP Push Based Location-Aware Mobile Advertising System*. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (MOBISYS 2004)*, Boston, MA, USA

Mark Paciga (2004). *Herecast: An Open Infrastructures for Location-Based Services using Wi-Fi*. In *IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking, and Applications (WIMOB'05)*.

Markus Aittola, Tapio Ryhänen, & Timo Ojala (2008). *SmartLibrary – Location-Aware Mobile Library*. Personal and Ubiquitous Computing, Vol.12, Issue 4, Abril de 2008.

Mitch Tulloch (1998). *Administering IIS4*. Mc Graw Hill.

Nissanka B.Priyanta, Anit Chakraborty, & Hari Balakrishnan (2000). *The Cricket Location-Support System*. In *6th ACM International Conference and Mobile Computing and Networking (ACM MOBICOM 2000)*, Boston, USA.

T. Kindberg and J.Barton (2001). *A Web-Based Nomadic Computing System*. Computer Networks, Vol. 35, Nº 4, Março de 2001.

T. Kindberg, J.Barton, J.Morgan, G.Becker, D.Caswel, P.Debaty, G.Gopal, M.Frid, V.Krishnan, H.Morris, J.Schettino, B.Serra & M.Spasojevic (2000). *People, Places, Things: Web Presence for the real world*. In *3rd Annual Wireless and Mobile Computer System and Application (WMCSA'00)*, Monterey, CA.

P.Nicopolitidis, M.S.Obaidak, G.I.Papadimitriou, & A.S.Pomportsis (2003). *Wireless Networks*. John Wiley & Sons.

Paramvir Bahl & Venkata N.Padmanabhan (2000). *RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System*. In *Proceedings of IEEE INFOCOM 2000*, Tel-Aviv, Israel.

Paul Föcker, Thomas Zeidler, & Olivier Bimber (2005). *Phonoguide: Museum guidance supported by on- device object recognition on mobile phones*. In *Proceedings of International Conference on Mobile and Ubiquitous Computing (NUM'05)*, Tel-Aviv, Israel.

Shane Ahern, Marc Davis, Simon King, Mor Naaman, & Rahul Nair (2006). *Reliable, User-Contributed GSM Cell-Tower Positioning Using Context-Aware Photos*. In *The Eighth International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp '06)*, Setembro de 2006, Orange Country, CA, USA.

Matthew MacDonald (2003). *Microsoft Visual Basic .Net Programmer's Cookbook*. Microsoft Press.

Massachusetts Institute Technology, The Cricket Indoor Location System (2007c). <http://cricket/csail.mit.edu> [On-line]. Available: <http://cricket/csail.mit.edu> Consultado em: 2007c

Lancaster University, The Guide Project (2007d). <http://www.guide.lancs.ac.uk/screenshots.html> [On-line]. Available: <http://www.guide.lancs.ac.uk/screenshots.html> Consultado em: 2007d

Microsoft Corporation, Microsoft Internet Information Services (2007e). <http://www.microsoft.com/iis> [On-line]. Available: <http://www.microsoft.com/iis> Consultado em: 2007e

RFID Organization, RFID Home Page (2008a).

<http://www.aimglobal.org/technologies/rfid> [On-line]. Available:

<http://www.aimglobal.org/technologies/rfid> Consultado em: 2008a

Oracle Corporation, Oracle Home Page (2007f). <http://www.oracle.com> [On-line].

Available: <http://www.oracle.com> Consultado em: 2007f

Semacode Corporation, Semacode Home Page (2008b). <http://www.semacode.org>

[On-line]. Available: <http://www.semacode.org> Consultado em: 2008b

Kaywa Corporation, QR-Code Home Page (2008c). <http://qrcode.kaywa.com/> [On-

line]. Available: <http://qrcode.kaywa.com/> Consultado em: 2008c

De seguida realizará um percurso predefinido onde lhe será solicitada a realização de 3 tarefas descritas com o intuito de aferir a usabilidade do sistema 3SLIM:

Tarefa 1: dirija-se à entrada do **átrio da UFP**, mais precisamente até à zona com uma foto dos leões e utilize o portátil disponível nesta zona para realizar os seguintes passos:

- 1º Entrar na aplicação 3 SLIM, escolhendo a opção “**Aceder ao Sistema 3SLIM**”;
- 2º Escolher a opção “**Aceder**”;
- 3º Escolher a opção “**Ver informação relativa a figuras**”;
- 4º No menu “**Imagem Webcam**”, seleccionar a opção “**Adquirir imagem via webcam**”. Apontar a objectiva da câmara do portátil de forma a captar o canto inferior esquerdo da figura dos leões, que possui um código de barras a duas dimensões (2D);
- 5º Escolher a opção “**Capturar**”;
- 6º Com o rato seleccionar no lado direito a figura pretendida e de seguida, escolher a opção “**obter imagem**”;
- 7º Depois seleccione no menu “**Imagem Webcam**” a opção “**Guardar imagem**”;
- 8º Salvar a imagem com o nome “**Tarefa1.jpg**”;
- 9º Por fim escolha a opção “**Abrir respectivo site**”

P1. Qual é a primeira frase que aparece na página aberta (sem considerar o título)?

Tarefa 2: dirija-se ao piso 1 da UFP, mais precisamente até à zona com uma foto dos ursos e utilize o portátil disponível nesta zona para realizar os seguintes passos:

- 1º Entrar na aplicação 3 SLIM, escolhendo a opção “**Aceder ao sistema 3 SLIM**”;
- 2º Escolher a opção “**Aceder**”;
- 3º Escolher a opção “**Ver informação relativa a figuras**”.
- 4º No menu “**Imagem Webcam**”, seleccionar a opção “**Adquirir imagem via webcam**”. Aponte a objectiva da câmara do portátil de forma a captar o canto inferior esquerdo da figura dos ursos, que possui um código de duas dimensões (2D);
- 5º Escolher a opção “**Capturar**”.
- 10º Com o rato seleccionar no lado direito a figura pretendida e de seguida, escolher a opção “**obter imagem**”;
- 6º Depois seleccione no menu “**Imagem Webcam**” a opção “**Guardar imagem**”;
- 7º Salvar a imagem com o nome “**Tarefa2.jpg**”;
- 8º Escolher a opção “**Abrir respectivo site**”.

P2. Qual foi o título da página aberta?

Tarefa 3: dirija-se ao piso 3 da UFP, mais precisamente até à zona com uma foto dos pinguins e utilize o portátil disponível nesta zona para realizar os seguintes passos:

- 1º Entrar na aplicação 3 SLIM, escolhendo a opção “**Aceder ao sistema 3 SLIM**”;

- 2º Escolher a opção “**Aceder**”;
- 3º Escolher a opção “**Ver informação relativa a figuras**”.
- 4º No menu “**Imagem Webcam**”, seleccionar a opção “**Adquirir imagem via webcam**”. Aponte a objectiva da câmara do portátil de forma a captar o canto inferior esquerdo da figura dos pinguins, que possui um código de duas dimensões (2D);
- 5º Escolher a opção “**Capturar**”.
- 6º Com o rato seleccionar no lado direito a figura pretendida e de seguida, escolher a opção “**obter imagem**”;
- 7º Depois seleccione no menu “**Imagem Webcam**” a opção “**Guardar imagem**”;
- 8º Salvar a imagem com o nome “**Tarefa3.jpg**”;
- 9º Escolher a opção “**Abrir respectivo site**”.

P2. Qual foi a figura que apareceu na página aberta?

No final das tarefas, responda por favor às seguintes questões:

DT Discordo Totalmente

D Discordo

C Concordo

CT Concordo Totalmente

DT	D	C	CT
-----------	----------	----------	-----------

P3. As tarefas foram complicadas de realizar?

--	--	--	--

P4. A interface gráfica foi difícil de utilizar?

--	--	--	--

P5. A conexão e download foram muito demorados?

--	--	--	--

P6. O sistema apresenta informação útil?

--	--	--	--

P7. Usaria um serviço deste tipo numa visita a um museu?

--	--	--	--

P8. Um telemóvel com câmara seria preferível ao portátil?
Porquê?

--	--	--	--

P9. Durante a realização das etapas, aconteceram problemas?

Sim

Não

Se respondeu Sim, identifique quais foram os problemas?

P10. O que mais gostou na aplicação?

P11. O que menos gostou na aplicação?

P12. Quais as sugestões que sugeria para melhorar a interface do sistema 3SLIM?

Imagens associadas às três tarefas do questionário



Figura 1: Leão com tag semacode.



Figura 2: Urso com tag semacode



Figura 3: Pinguins com tag semacode.

Anexo II: Interface gráfica do protótipo 3SLIM

Este anexo incluiu algumas figuras dos ecrãs (*screen shots*) que fazem parte da interface gráfica da aplicação/protótipo 3SLIM desenvolvido para esta tese. A Figura 1 apresenta o ecrã inicial da aplicação.



Figura 1: Ecrã inicial da aplicação 3SLIM.

Após seleccionar a opção “Aceder ao sistema 3SLIM”, aparece a janela seguinte (Figura 2):



Figura 2: Janela de Acesso ao sistema 3SLIM com o perfil Guest.

Quando a opção “Aceder” é seleccionada pelo utilizador final, uma nova janela com os menus principais é aberta:

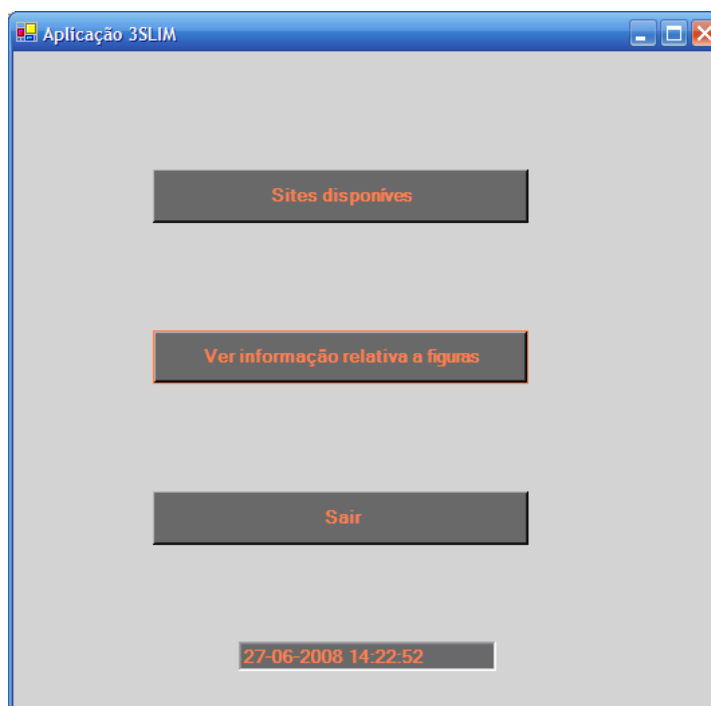


Figura 3: Janela com os menus principais disponíveis.

A opção “Ver informação relativa a figuras” está associada ao módulo de captura de imagem e leitura da *tag* da mesma imagem. Esta opção permite capturar uma figura através da câmara interna ou externa do portátil utilizado. O menu “Imagem Webcam” possui três opções internas. A opção “Guardar imagem” apenas se encontrará disponível após o utilizador ter capturada uma imagem com a câmara digital.

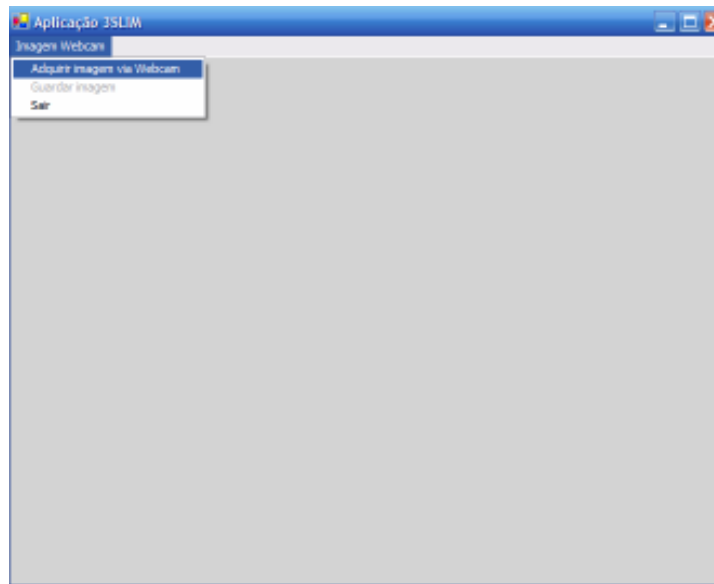


Figura 4: A opção “Adquirir imagem via webcam” dentro do menu “Imagem Webcam”

Para os testes, foi utilizado um portátil munido de uma câmara interna e outra externa. A imagem capturada aparece no quadrado existente do lado esquerdo da janela. Caso, seja essa a imagem final que o utilizador pretende guardar, este deve seleccionar a opção “Capturar”. Imediatamente, a imagem irá aparecer no quadrado existente do lado direito da janela.

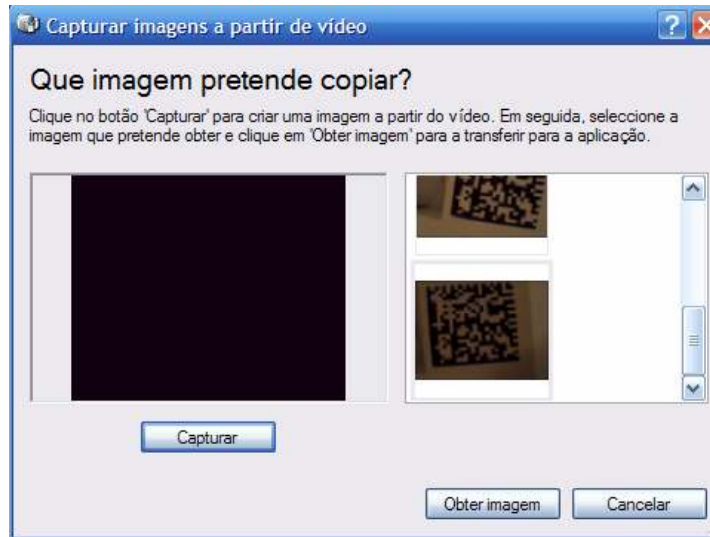


Figura 5: Exemplo de uma imagem com código *semacode*.

De seguida, o utilizador deve clicar na imagem e seleccionar a opção “Obter imagem” que fará aparecer a janela seguinte no ecrã. A imagem será guardada com o nome desejado pelo utilizador, em formato JPEG. Esta imagem final será tratada internamente para o reconhecimento e a leitura da *tag semacode*.



Figura 6: Imagem final com tag completa

Internamente a *tag semacode* da imagem é lida e a janela seguinte é visualizada pelo utilizador final. Nela, aparece o endereço URL associado á tag da imagem no campo “Tag da respectiva imagem” e o endereço URL que será aberto no *browser* no campo “Site correspondente á esta tag”.



Figura 7: Janela com informação da *tag semacode* e do site a abrir

Automaticamente, um *browser* é aberto com o endereço URL respectivo e a página HTML é visualizada pelo utilizador final. Na janela dos menus principais, a opção “Sites disponíveis” permite ver os endereços URL armazenados na base de dados. Geralmente, são todos os sites associados a *tags* criadas pelo administrador e que estão no canto inferior direito de figuras em exposição.



Figura 8: Abertura da página HTML correspondente à *tag semacode* fotografada.