

# 3SLIM: SISTEMA SIMPLES SENSÍVEL À LOCALIZAÇÃO POR IMAGEM

Rosa Afonso, Oramix, [rosa.afonso@gmail.com](mailto:rosa.afonso@gmail.com)

Rui Moreira, Universidade Fernando Pessoa, [rmoreira@ufp.edu.pt](mailto:rmoreira@ufp.edu.pt)

José Manuel Torres, Universidade Fernando Pessoa, [jtorres@ufp.edu.pt](mailto:jtorres@ufp.edu.pt)

**RESUMO:** A mobilidade crescente de pessoas e bens e o interesse na disponibilização ubíqua de informação justificam o aprofundamento do estudo das tecnologias, potencialidades e funcionalidades das aplicações sensíveis à localização. Este artigo apresenta várias tecnologias alternativas de localização e analisa diversos sistemas de localização que tiram partido destas tecnologias. Neste âmbito apresenta-se o protótipo 3SLIM (*Sistema Simples Sensível à localização por IMagem*), uma solução económica que funciona de forma simples e eficiente sobre qualquer plataforma (e.g., Laptops, PDAs, etc.) que suporte a leitura de códigos 2D através de uma simples câmara. Finalmente, são apresentados os resultados da avaliação deste protótipo por um grupo de utilizadores em ambiente real.

**Keywords:** tecnologias de localização ubíquas, sistemas sensíveis à localização (*location-aware systems*), câmaras e localização por imagem, códigos bi-dimensionais (2D).

## 1. INTRODUÇÃO

As aplicações sensíveis ao contexto e à localização são cada vez mais comuns. As soluções tecnológicas utilizadas por estes sistemas (e.g., receptores GPS, células GSM, sensores de ultra-sons, redes de sensores, sistemas RFID, etc.) são, no entanto, ainda bastante onerosas, por vezes difíceis de manipular, distribuir e inadequadas a uma utilização diária permanente.

Neste trabalho pretendeu-se definir um sistema económico, simples de utilizar e capaz de determinar eficazmente a localização de objectos, de forma a 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. Desta forma, este sistema poderá ser aplicado para fornecer informação contextualizada pela localização dos utilizadores ou objectos que o rodeiam, por exemplo, durante uma aula de campo ou uma visita de estudo a um parque ecológico.

Das várias tecnologias disponíveis para a determinação da localização seleccionaram-se os códigos 2D uma vez que podem ser incorporados de forma simples e económica em artefactos tecnológicos ubíquos (e.g., telemóveis e PDAs com câmaras). Esta tecnologia foi utilizada eficazmente na implementação do protótipo do 3SLIM, como mostram os resultados do estudo de usabilidade reportados neste artigo.

O artigo encontra-se estruturado da seguinte forma: inicialmente, aborda as tecnologias de

localização existentes, de forma a analisar as vantagens e desvantagens da sua utilização. De seguida, são analisados e comparados diversos sistemas de localização existentes na actualidade e que utilizam as tecnologias de localização referidas anteriormente. Posteriormente, apresenta-se a arquitectura e a implementação do protótipo 3SLIM, com base em tecnologias ubíquas actuais. Por fim, apresentam-se os resultados do estudo de usabilidade a que foi sujeito o protótipo.

## 2. TECNOLOGIAS DE LOCALIZAÇÃO

Foram analisadas diversas tecnologias usadas na determinação da localização, tendo em consideração as suas vantagens e desvantagens. Estas tecnologias diferenciam-se, por exemplo, pela forma como indicam a posição de determinado objecto. A localização pode ser definida através de coordenadas espaciais (e.g., latitude e longitude GPS) ou de posições simbólicas (e.g., posição numa determinada rua, edifício ou divisão) [1]. As tecnologias de localização caracterizam-se ainda pelo tipo de ambientes a que se destinam. Podem ser mais adequadas a ambientes exteriores (*outdoor*) ou interiores (*indoor*). Não pretendendo ser exaustivos, procurou-se apenas identificar as tecnologias mais utilizadas pelos actuais sistemas sensíveis à localização. Das tecnologias analisadas destacam-se, por exemplo:

- a) Sistemas de rádio frequência (RF): utilizam normalmente processos de detecção de proximidade ou triangulação de emissores de ondas de rádio muito comuns em vários sistemas como, por exemplo, o Wi-Fi, Bluetooth, RFID, GSM, GPRS e UMTS [4];

- b) Sonares e radares: enviam ondas acústicas ou electromagnéticas e usam o sinal de eco, reflectido pelos objectos alvo, para obter a sua localização [5];
- c) Satélites: os satélites são a base do sistema GPS (*Global Positioning System*), utilizado por receptores móveis para fazer a trilateração bidimensional [6];
- d) Infra-vermelhos (IR): a tecnologia de infra-vermelhos (*Infra-Red*) suporta normalmente comunicações de curto-alcance para ligações ad-hoc [7] e pode, por isso, ser usada na determinação da localização por proximidade;
- e) Análise de imagens: tecnologias de manipulação de imagens (e.g., códigos 2D como os Semacode [2] e os QR-Code (*Quick Response Code*) [3], o primeiro, desenvolvido pela Semacode e, o segundo, pela Kyawa); são tecnologias normalmente gratuitas que se baseiam no reconhecimento de imagens e associam códigos de barras 2D a informação textual ou endereços URL;
- f) Redes de sensores: baseiam-se em dispositivos autónomos (cf. motes) distribuídos no espaço ou ambiente [4]. Estes motes utilizam sensores para monitorizar variáveis físicas ou ambientais, tais como a temperatura, o som, a vibração, a pressão, o movimento e também a posição.

A robustez, a escalabilidade e a precisão são propriedades fundamentais na selecção da tecnologia de localização. O custo de instalação e manutenção e a escalabilidade são porém factores decisivos na escolha da tecnologia de localização. Esta foi uma das principais razões, juntamente com a facilidade de utilização dos códigos 2D e a facilidade de integração com as tecnologias móveis actuais, que nos levaram a escolher os mecanismos de localização por imagem como base para o desenvolvimento do sistema proposto neste trabalho.

### 3. SISTEMAS DE LOCALIZAÇÃO

As tecnologias referidas acima são utilizadas por vários sistemas de localização. Esta secção analisa algumas das características básicas destes sistemas, tais como: o custo, a tecnologia de localização, o tipo de dispositivo usado, a rapidez, a robustez, a precisão, a escalabilidade, a representação da localização, o grau de privacidade e o tipo de ambiente a que se destina. A análise e comparação destas características permitiram uma melhor percepção dos pontos fracos e dos pontos fortes de cada sistema estudado. Os sistemas abordados foram os seguintes:

1. Bat: é um sistema de localização para ambientes interiores (*indoor*) que utiliza sinais ultra-sónicos gerados por tags Bat para determinar a posição dos utilizadores móveis [8];
2. Bluestar: é um sistema sensível à localização híbrido (*indoor-outdoor*), que combina a localização com base em células GSM com *sniffing* de outras fontes de RF (e.g., *beacons* Bluetooth, APs WiFi) [9];
3. B-MAD: o *Bluetooth Mobile ADvertising* é um sistema de alerta e notificação móvel sensível à localização e ao posicionamento com base na tecnologia Bluetooth e no protocolo WAP (*Wireless Application Protocol*) [10];
4. Cooltown: este sistema interliga recursos web a objectos e lugares físicos. Esta associação é efectuada normalmente por tecnologias de proximidade (e.g., sinais infra-vermelhos) que permitem aos utilizadores interagir com os recursos através dos seus dispositivos móveis [11];
5. Cricket: usa dispositivos móveis que emitem sinais de RF detectados por *beacons* localizados nos tectos; estes respondem com sinais de ultra-sons usados pelos dispositivos móveis para estimar a sua posição [12];
6. Nidaros: é uma ferramenta genérica que permite combinar diversas tecnologias (e.g., GPS, GSM, Bluetooth, WLAN, IR) para criar e executar aplicações multimédia sensíveis à localização [16];
7. GUIDE: oferece serviços interactivos e outros tipos de informação dinâmica baseados numa rede sem fios de banda larga [13];
8. HereCast: é um sistema aberto para serviços sensíveis à localização baseado na tecnologia Wi-Fi [15];
9. PlaceLab: é um sistema híbrido baseado na análise de bases de dados com a identificação e localização de vários tipos de emissores de rádio (e.g., WiFi, Bluetooth, GSM/UMTS) [18];
10. Phone Guide: é um sistema para ambientes interiores (*indoor*) baseado na análise de características retiradas de múltiplas imagens de certos objectos; permite o reconhecimento de objectos utilizando plataformas móveis (e.g., telemóveis) [17];
11. Smart Library: serviço móvel sensível à localização destinado a bibliotecas. Este sistema utiliza uma infra-estrutura WLAN para ajudar os utilizadores a encontrar um determinado livro ou outro material existente na biblioteca [20].

Características	Bat	Bluestar	B-MAD	Cooltown	Cricket	Nidaros	GUIDE	HereCast	PlaceLab	Phone Guide	Smart Library
Custo	-	-	-	+ (IMG) - (IR)	+	Dependente tecnologia	+	+	+	+	+
Tecnologia localização	Ultra-sons	GSM, Bluetooth, WLAN	Bluetooth, WAP Push	Imagem, IR	RF, Ultra-sons	GPS, GSM, IR, WLAN, Bluetooth	WLAN	RF (WiFi)	GSM, Bluetooth, WiFi	RF	WLAN
Dispositivos usados	Tag Bat	PDA, Portátil, Beacons	Telemóvel, Bluetooth, GPRS	PDA, Telemóvel, Câmara, Beacon IR	Beacons/Listeners	Tablet PC, Telemóvel, PDA, Câmara	PDA	PDA, Portátil, APs	Laptops, PDA, APs, GSM	Telemóvel, PDA, Câmara	PDA, APs
Rapidez	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Precisão	+	+/-	+/-	+	+	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
Robustez	++	+/-	+/-	+	++	+	+	+	+	+	+
Escalabilidade	-	-	-	+/-	-	+/-	+/-	+/-	+	+/-	+/-
Representação localização	Simbólico	Coordenadas	Coordenadas ou Simbólico	Simbólico	Simbólico	Coordenadas ou Simbólico	Simbólico	Simbólico	Simbólico	Simbólico	Simbólico
Privacidade Ambiente	Privado Interior	Privado Interior	Não Privado Exterior	Privado Interior	Privado Interior	Privado Interior	Privado Exterior	Privado Híbrido	Privado Híbrido	Privado Interior	Privado Interior

Tab. 1: Comparação entre sistemas sensíveis à localização

A tabela 1 compara resumidamente as características principais dos sistemas estudados. Como podemos ver, os sistemas Bat e Cricket são os mais precisos e robustos, contudo, dadas as suas especificidades de hardware, possuem custos de instalação e manutenção bastante elevados (em comparação com os outros sistemas) e são adequados apenas a ambientes interiores. Por estas razões são sistemas pouco escaláveis. Os sistemas que tiram partido de infra-estruturas RF existentes (e.g., GSM/GPRS, WLAN/WiFi), possuem, por essa razão, custos de instalação e manutenção muito inferiores mas demonstram menor precisão e robustez do que os anteriores. Estes estão no entanto dependentes da cobertura destas redes e, portanto, apenas os que são baseados nas redes GSM/GPRS, conseguem atingir factores de escala maiores. Os sistemas baseados em análise de imagens são bastante precisos, possuem custos de instalação e manutenção baixos e tiram partido de equipamentos usuais, cuja utilização está bastante disseminada (e.g., telemóveis, PDAs, portáteis, etc.). Estes sistemas adequam-se tanto a ambientes interiores como exteriores, possuem uma boa escalabilidade geográfica e não divulgam a posição dos nós móveis (i.e., preservam a privacidade dos clientes).

O custo, a privacidade, a escalabilidade a precisão e a ubiquidade das tecnologias utilizadas foram factores determinantes na escolha e desenho da solução proposta neste artigo que se baseia em códigos 2D e no uso de terminais móveis incorporando câmaras simples.

## 4. PROTÓTIPO DO SISTEMA 3SLIM

### 4.1. Arquitectura

O sistema 3SLIM baseia-se numa arquitectura cliente-servidor tradicional, organizada em três camadas (figura 1). Duas camadas residem no

servidor que disponibiliza o serviço através do IIS e de um motor de base de dados Oracle.

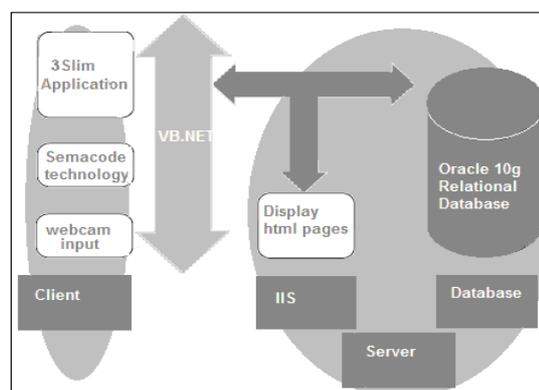


Fig. 1: Arquitectura Cliente/Servidor 3SLIM.

A terceira camada, executada nos clientes, contém a aplicação móvel 3SLIM e os binários utilizados na detecção de códigos 2D.

### 4.2. Implementação

O modelo de dados foi suportado por uma base de dados implementada em *Oracle Database 10g Express Edition*. A selecção deste Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD) deveu-se ao facto deste produto ser gratuito. O *Visual Basic.Net* foi a linguagem de programação escolhida devido à experiência anterior dos autores. Desta forma decidiu-se usar o *Visual Express Edition 2005* como a plataforma de desenvolvimento.

O sistema 3SLIM utiliza o reconhecimento de códigos bi-dimensionais (2D) do tipo DataMatrix aqui genericamente denominados *tags*. A figura 2 mostra um exemplo de um código 2D.

Estes códigos são gerados e lidos/analísados através de aplicações fornecidas pela Semacode, respectivamente: o gerador de *tags*

*semacode\_tag* (usado no servidor para produzir as *tags 2D*) e o leitor de códigos *semacode\_reader* (usado no cliente para obter a informação associada ao local físico onde foi colocado o código 2D).



Fig. 2: Exemplo de um código 2D.

Esta tecnologia possibilita a criação de hiperligações físicas (cf. *physical hyperlinks* [11]) entre objectos reais e as *tags* associadas a informação virtual, isto é, páginas Web com informação sobre os pontos de interesse (*Points of Interest - PoI*).

## 5. AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO

### 5.1. Metodologia

Os testes de avaliação da usabilidade do protótipo simularam uma visita a um parque de zoológico. Dez participantes acederam, de forma voluntária, a efectuar a avaliação da usabilidade do protótipo 3SLIM. Teve-se o cuidado de seleccionar uma população bastante heterogénea tanto em termos de idade e género como na competência de utilização de tecnologias: cinco adultos (entre 23 e 43 anos) do sexo masculino, quatro do sexo feminino e um adolescente (17 anos) do sexo masculino; cinco eram estudantes e os restantes exerciam actividades ligadas ao ensino ou ao atendimento público em empresas.

No âmbito da avaliação do protótipo 3SLIM, foram criadas três figuras de animais em formato A4, com um código 2D indicativo de um endereço URL específico. Estas imagens foram distribuídas por três zonas distintas. Os participantes efectuavam um pequeno percurso pré-estabelecido com várias tarefas descritas num inquérito, distribuído inicialmente a cada um.

As tarefas descreviam acções específicas de utilização do protótipo 3SLIM para captar as imagens com os códigos 2D e posterior visualização da informação associada à localização dessas imagens. Os intervenientes, tinham ainda que responder às questões concretas sobre as tarefas realizadas e sobre a informação visualizada, obtendo assim uma indicação sobre o cumprimento dessas tarefas.

A figura 3 mostra uma das tarefas em que a *tag* 2D existente no canto inferior direito da imagem é capturada pela câmara digital.



Fig. 3: Captura do código 2D com uma câmara Web.

A figura 4 mostra a visualização da informação Web associada à localização dos leões. Esta informação é devolvida automaticamente uma vez que se encontra associada ao respectivo URL codificado no código 2D. A página Web contém informação hipermédia sobre o animal ou tema associado à respectiva localização.



Fig. 4: Acesso à informação associada a um código 2D.

Após a execução de cada tarefa, os participantes foram convidados a registar os resultados obtidos respondendo às questões colocadas num questionário, preparado para o efeito.

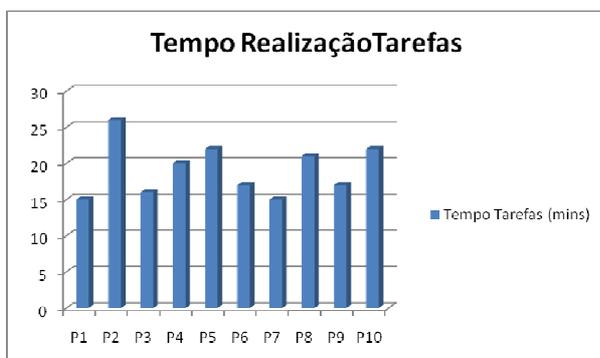
### 5.2. Resultados da Avaliação

A avaliação centrou-se em seis aspectos fundamentais:

1. Grau cumprimento das tarefas: de acordo com a análise das respostas às tarefas propostas, verificou-se que todos os participantes foram bem sucedidos na elaboração das tarefas solicitadas;
2. Facilidade de utilização da interface gráfica: verificou-se que 90% dos inquiridos (9) responderam que a interface era amigável e

que o software era muito intuitivo; Apenas 10% (1) apontou que os passos para a obtenção da imagem eram pouco intuitivos;

3. Tempo de resposta da aplicação: verificou-se ainda que 80% dos inquiridos responderam que o tempo de resposta da aplicação (estabelecimento da ligação e *download*) era bom devido à utilização da rede WiFi. Contudo, 20% disseram que se fosse utilizado um acesso 3G poderia comprometer o tempo de resposta e a respectiva usabilidade; o processo de captura da imagem via câmara foi considerado pelos inquiridos com sendo imediato; em termos quantitativos quer o tempo médio de *download* da respectiva página associada à *tag* quer o tempo médio de captura da imagem seriam inferiores a 1 minuto.
4. Utilidade prática do protótipo 3SLIM: todos os inquiridos consideraram que o sistema proporcionava uma forma simples e eficiente de aceder a informação relativa a um determinado local ou contexto; 90% dos participantes manifestou que usaria este serviço noutros contextos (e.g., visita a um museu, turismo, etc.); salientaram ainda que o telemóvel seria o dispositivo de eleição por ser prático, pequeno, fácil de usar e ubíquo;
5. Tempo medido na execução das tarefas: foram registados os tempos médios de realização das tarefas executadas pelos participantes (ver figura 5); o menor tempo registado foi de 15 minutos equivalendo a uma média de 5 minutos de execução por cada tarefa; o maior tempo registado foi de 26 minutos; observou-se que o tempo gasto na realização das três tarefas estava directamente relacionado com a incidência de problemas ocorridos aquando da execução das mesmas;



**Figura 5: Tempo médio dispendido na realização das tarefas pelos dez participantes.**

6. Problemas identificados na utilização: verificou-se ainda que 50% dos participantes reportaram alguns problemas na leitura das

*tags* 2D e tiveram que repetir a captura da imagem; observou-se que aqueles que demoraram mais de vinte minutos a cumprir as tarefas tiveram que repetir a captura das imagens. No entanto, nenhum dos participantes procedeu a mais do que duas capturas para a mesma imagem de forma a conseguir uma leitura nítida da *tag*.

Em resumo, os resultados permitiram considerar que o sistema 3SLIM é amigável, intuitivo e de fácil utilização. Foram no entanto identificados alguns factores que podem influenciar o desempenho do sistema. Por exemplo, as condições ambientais podem influenciar a qualidade final da imagem/tag capturada pela câmara digital. Assim, em locais com muita luminosidade (que possa provocar reflexões nas *tags*), com pouca luminosidade ou mesmo em contra-luz, as fotografias obtidas não apresentam a nitidez e a resolução necessárias para se extrair informação da *tag* 2D. A falta de nitidez e a degradação da resolução da digitalização da *tag* traduz-se numa perda da informação. Por esta razão, a leitura do endereço URL pode falhar e conseqüentemente a respectiva informação pode não ser apresentada.

## 6. CONCLUSÃO

A proliferação de dispositivos móveis e de redes sem fios locais levaram ao crescente interesse e disseminação de sistemas ou serviços sensíveis à localização. Com os mais recentes avanços tecnológicos, em particular nos dispositivos móveis, surgiram 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 ligações de dados GPSR, navegação GPS, digitalização de imagens e códigos de barras, *tags* RFID e visualização de gráficos 3D que são cada vez mais utilizados em aplicações sensíveis ao contexto. Neste artigo procurou-se identificar e comparar as várias opções tecnológicas e potencialidades dos actuais sistemas sensíveis à localização. Esta análise influenciou decisivamente a escolha das tecnologias e o desenho do sistema 3SLIM desenvolvido neste trabalho.

O protótipo do sistema implementado foi sujeito a uma avaliação cujos resultados permitiram concluir que a utilização de um dispositivo móvel para obtenção de informação contextualizada relativa a uma determinada localização, através de uma simples *tag* 2D associada a um ponto de interesse, é um conceito muito interessante, prático e fácil de utilizar.

Um trabalho desta natureza nunca está completamente terminado. Assim, um dos possíveis desenvolvimentos futuros estará relacionado com a implementação de melhorias no protótipo actual do sistema 3SLIM, tanto ao nível da mobilidade como na aplicação de técnicas de análise e processamento de imagem que permitam evitar e/ou corrigir os erros na captura dos códigos 2D.

## References

- [1] Hightower, J. & Boriello, C. (2001), *Location systems for ubiquitous computing*. In IEEE Computer, Vol.34, Issue 8, Agosto de 2001.
- [2] Semacode Corporation, *Semacode Home Page (2008)*, Available: <http://www.semacode.org> (Consultado em: 2008)
- [3] Kaywa Corporation, *QR-Code Home Page (2008)*, Available: <http://qrcode.kaywa.com/> (Consultado em: 2008)
- [4] Nicopolitidis, P., Obaidak, M.S & Papadimitriou, A.S. (2003), *Wireless Networks*, in Wireless Network, John Wiley & Sons.
- [5] Skolnik, M.I (2001), *Introduction to radar systems*, in Introduction to radar systems 3<sup>rd</sup> Edition, Mc Graw Hill Edition.
- [6] Tanenbaum, A.S. (2003), *Computer Networks*, in Computer Networks, Prentice Hall.
- [7] Bray, J. & Sturman, C.F. (2001), *Bluetooth Connect without cables*, in *Bluetooth Connect without cables*, Prentice Hall PTR.
- [8] Harle, R.K. & Hopper, A. (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.
- [9] Quigley, A., Ward B., Ottrey, C. Cutting, D. & Kummerfeld, R. (2004), *Bluestar, a privacy centric location aware system*. In Position, Location and Navigation Symposium 2004 (PLANS 2004).
- [10] Aalto, L., Göthlin N., Korhonen, J. & Ojala T. (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.
- [11] Kindberg, T. & Barton J. (2001), *A Web-Based Nomadic Computing System*. Computer Networks, Vol. 35, Nº 4, Março de 2001.
- [12] Priyanta, N.B., Chakraborty A. & Balakrishnan H. (2000), *The Cricket Location-Support System*. In 6th ACM International Conference and Mobile Computing and Networking (ACM MOBICOM 2000), Boston, MA, USA
- [13] Cheverst, K., Davies N., Mitchell K. & Friday A. (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.
- [15] Paciga, M., (2004). *Herecast: An Open Infrastructure for Location-Based Services using Wi-Fi*. In IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking, and Applications (WIMOB'05).
- [16] Wang A.I., Sorensen, C.F., Brede, S., Servold, H. & Gimre, S. (2003). *Development of Location-Aware Applications. The Nidaros Framewok*. In Mobisys 2005.
- [17] Föcker, P., Zeideler, T. & Bimber, O. (2005). *PlaceLab: Device positioning using radio beacons in the wild*. In Proceedings of International Conference on Mobile and Ubiquitous Computing (NUM'05), Tel-Aviv, Israel.
- [18] LaMarca, A., M., Chawathe, Y., Consolvo, S., Hightower, J. & Smith, I. (2005). *PlaceLab: Device positioning using radio beacons in the wild*. In Proceedings, Prevasive 2005.
- [19] Bahl, P., M., Padmanabhan, V. (2000). *RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System*. In Proceedings of IEEE INFOCOM 2000, Tel-Aviv, Israel.
- [20] Aittola, M., Ryhänen T., & Ojala, T. (2008), *SmartLibrary – Location-Aware Mobile Library*. Personal and Ubiquitous Computing, Vol.12, Issue 4, Abril de 2008.
- [21] Ahern, S., Davis M., King, S., Naaman, M. & Nair, r. (2006), *Reliable, User-Contributed GSM Cell-Tower Positioning Using Context-Aware Photos*. In Proceedings of 8<sup>th</sup> International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp '06), Setembro de 2006, Orange Country, CA, USA.