

UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Ciências
Departamento de Informática



VISUALIZAÇÃO DA RELEVÂNCIA DA
INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA EM APLICAÇÕES
MÓVEIS

Tiago José Lopes Gonçalves

MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA
Sistemas de Informação

2011

UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Ciências
Departamento de Informática



VISUALIZAÇÃO DA RELEVÂNCIA DA
INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA EM
APLICAÇÕES MÓVEIS

Tiago José Lopes Gonçalves

DISSERTAÇÃO

Trabalho orientado pela Professora Doutora Ana Paula Pereira Afonso
e co-orientado pela Professora Doutora Maria Beatriz Duarte Pereira do Carmo

MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA
Sistemas de Informação

2011

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todas as pessoas cuja ajuda, apoio ou simplesmente paciência permitiram que este projecto pudesse ser concluído.

Quero primeiro agradecer, especialmente, à senhora Maria do Céu e ao senhor José, resumidamente conhecidos como os meus pais, por toda a paciência, apoio, paciência (foi bastante) e formação.

Quero também obviamente agradecer à Professora Ana Paula Afonso e à Professora Beatriz Carmo o convite, orientações, sugestões e tempo disponibilizado para a concretização deste projecto. Agradeço ainda a paciência e minúcia aplicadas na revisão deste documento.

Agradeço também ao Departamento de Informática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, em particular ao grupo de investigação do XLDB/LaSIGE, pelas condições e material de trabalho disponibilizados.

A todos os voluntários que participaram nos vários testes de usabilidade, cuja paciência e comentários foram de extrema importância para o desenvolvimento deste projecto.

Aos restantes elementos d'O Grupo, Nádía e João, por todo apoio, sugestões e comentários.

Finalmente, a todos cujo nome não foi mencionado mas directa ou indirectamente, perto ou longe de mim, muito ou pouco me apoiaram, quer do ponto de vista moral, quer com dados e sugestões que também permitiram a concretização deste projecto.

A todos, muito obrigado.

Resumo

A utilização da informação geográfica a partir de dispositivos móveis é uma área em crescente expansão e, por conseguinte, na última década, tem-se assistido a um crescimento no desenvolvimento de serviços móveis utilizando a informação geográfica, tais como serviços baseados em localização (LBS – *Location Based Services*) ou serviços de geovisualização móvel. Apesar deste crescimento, existem ainda diversos desafios por investigar na área da visualização de informação em dispositivos móveis.

A pequena dimensão do ecrã destes dispositivos conduz a uma necessidade de filtrar e disponibilizar apenas a informação mais relevante para o utilizador. Adicionalmente, essa informação está frequentemente localizada fora da área visível no ecrã, aumentando a carga cognitiva do utilizador na realização de tarefas de pesquisa e tornando complexa a tarefa de navegação. Para a resolução do primeiro problema, têm sido propostos mecanismos para seleccionar a informação relevante baseada em informação sobre o contexto e as preferências do utilizador. Contudo, não é dada qualquer informação sobre a relevância dos objectos de interesse que se encontrem fora da área visível. Relativamente à segunda problemática, têm sido propostas algumas técnicas para a sinalização de objectos fora do ecrã, mas nenhuma delas explora a relevância dos objectos.

Este trabalho descreve e avalia a técnica de visualização, denominada HaloDot, que combina a sinalização e identificação de objectos fora da área visível no ecrã (*off-screen*) com visualização de relevância. Os atributos de relevância baseados na cor e na transparência foram ainda aplicados a outras técnicas de visualização *off-screen* e comparadas com o HaloDot. Os resultados das avaliações efectuadas sugerem que a utilização da combinação da cor com a transparência é eficiente para a representação da relevância. Adicionalmente, é necessário considerar, pelo menos, três factores na decisão de escolha da técnica de visualização *off-screen*, nomeadamente: o número de pontos de interesse existentes, a proximidade dos pontos de interesse da área visível no ecrã e a simbologia utilizada para a representação dos pontos de interesse.

Palavras-chave: visualização de informação, relevância da informação, dispositivos móveis, informação *off-screen*

Abstract

The use of the geographic information from mobile devices is an area that is becoming increasingly widespread and, therefore, in the last decade, there has been a growth on the development of mobile services using geographical information, like Location Based Services (LBS) or mobile geovisualization services. Despite this growth, there are still several challenges that are worth to investigate on the field of information visualization on mobile devices.

The small dimension of these devices' screens requires filtering mechanisms to provide only the most relevant information to the user. This information is often located off-screen, increasing the user's cognitive workload to perform search tasks and making the navigational task complex. To solve the first problem several mechanisms have been proposed to select the relevant information, based on information about the context and the user's preferences. However, it does not provide any information about the relevance of points of interest located *off-screen*. To solve the second problem some techniques have been proposed for the signalization of off-screen objects. None of them, however, explores the relevance of those objects.

This work describes and evaluates a visualization technique, called HaloDot, which combines the signalization and identification of off-screen objects with the visualization of their relevance. HaloDot uses color and transparency to express the relevance of off-screen objects. These graphical attributes were also used in other off-screen visualization techniques, which were compared with HaloDot. The results of the performed evaluation suggest that the use of the combination of colour and transparency is efficient for the representation of the relevance. Additionally, it is necessary to take into account three factors to select an off-screen visualization technique, namely: the number of existing points of interest, the proximity of the points of interest to the on-screen area and the simbology used for the representation of the points of interest.

Keywords: information visualization, relevance, mobile devices, off-screen objects

Conteúdo

Capítulo 1	Introdução.....	1
1.1	Motivação.....	1
1.2	Objectivos e Contribuições	3
1.3	Metodologia e Planeamento	4
1.4	Organização do Documento	6
Capítulo 2	Trabalho Relacionado.....	7
2.1	Definição e Representação de Relevância.....	7
2.2	Técnicas de Visualização <i>Off-Screen</i> em Mapas	12
2.2.1	Técnicas de arrastamento e mudança de escala.....	12
2.2.2	Setas.....	13
2.2.3	City Lights	13
2.2.4	Halo	14
2.2.5	Scaled e Stretched Arrows.....	15
2.2.6	EdgeRadar	15
2.2.7	Wedge.....	17
2.2.8	Mini-Map.....	18
2.3	Outras Técnicas de Visualização <i>Off-Screen</i>	19
2.3.1	Setas 2D.....	19
2.3.2	Scene from top.....	19
2.3.3	Mini-Map.....	19
2.3.4	Setas 3D.....	20
2.4	Estudos Comparativos das Técnicas de Visualização <i>Off-Screen</i>	20
2.4.1	Halo e Setas	20
2.4.2	Hopping	21
2.4.3	Halo, Scaled Arrows e Stretched Arrows	22
2.4.4	EdgeRadar e Halo	23
2.4.5	Wedge e Halo	24
2.4.6	Scene from top, Mini-Map e 3D Arrows.....	24
2.4.7	Wedge, Scaled Arrows e Mini-Map.....	24
2.4.8	Comparação de Técnicas de Visualização <i>Off-screen</i>	25
2.5	Sumário e Discussão	26
Capítulo 3	Desenho e Validação da Técnica HaloDot.....	31
3.1	Análise e Desenho do HaloDot	31
3.1.1	HaloDot: Optimização da Representação da Direcção.....	32
3.1.2	HaloDot: Representação da Relevância	33
3.1.3	HaloDot: Redução da Sobreposição	36
3.2	Construção de Protótipos.....	41

3.3	Avaliação do HaloDot	43
3.3.1	Objectivos	43
3.3.2	Tarefas	44
3.3.3	Resultados.....	49
3.3.4	Discussão dos Resultados	52
Capítulo 4 Comparação de Técnicas de Visualização <i>Off-Screen</i> com Representação da Relevância.....		55
4.1	Análise e Desenho das Técnicas	55
4.1.1	Técnica de Scaled Arrows	55
4.1.2	Técnica de Mini-Map	57
4.2	Construção de Protótipos.....	58
4.2.1	Técnica do HaloDot.....	59
4.2.2	Técnica de Scaled Arrows	59
4.2.3	Técnica de Mini-Map	60
4.3	Testes de Usabilidade.....	61
4.3.1	Tarefas	61
4.3.2	Análise dos Resultados.....	64
4.4	Sumário e Discussão	69
Capítulo 5 Conclusões e Trabalho Futuro.....		71
5.1	Conclusões.....	71
5.2	Trabalho Futuro.....	72
Anexo A	Plano de Trabalhos.....	75
Anexo B	Plano de Avaliação: Validação do HaloDot.....	77
Anexo C	Resultados da Validação do HaloDot	83
Anexo D	Plano de Avaliação: Comparação de Técnicas de Visualização <i>Off-Screen</i> com Representação da Relevância.....	89
Anexo E	Resultados da Comparação de Técnicas de Visualização <i>Off-Screen</i> com Representação da Relevância.....	93
Bibliografia		101

Lista de Figuras

Figura 1.1	Visualização de objectos <i>off-screen</i> . (a) Visualização de pontos de interesse sem técnicas auxiliares. (b) Visualização de pontos de interesse com auxílio da técnica do Halo [Baudisch03].	3
Figura 2.1	Tipos de relevância para aplicações de informação georreferenciada em dispositivos móveis [Reichenbacher07].	8
Figura 2.2	Exemplos da alteração da ênfase dos símbolos para a representação da relevância [Reichenbacher07].	9
Figura 2.3	Diferentes papéis para a localização e conceitos de espaço [Reichenbacher09]	9
Figura 2.4	Utilização do operador de generalização para a redução da sobreposição [Pombinho08]. (a) Antes do arrastamento do mapa. (b) Depois do arrastamento do mapa. (c) Simbologia desagregada. (d) Simbologia agregada de acordo com o operador de generalização.	12
Figura 2.5	Representação de objectos <i>off-screen</i> com auxílio de setas.	13
Figura 2.6	Técnica de City Lights para a representação de objectos <i>off-screen</i>	14
Figura 2.7	Técnica do Halo para a representação de objectos <i>off-screen</i> . (a) Visualização da localização dos objectos <i>off-screen</i> , correspondentes ao centro dos Halos [Baudisch03]. (b) Imagem visível no ecrã na técnica do Halo.	15
Figura 2.8	Técnicas (a) Scaled Arrows e (b) Stretched Arrows para representação de objectos <i>off-screen</i>	16
Figura 2.9	Técnica de EdgeRadar para a representação de objectos <i>off-screen</i> . (a) Comparação do espaço visível com aquele fora do ecrã [Gustafson07]. (b) Visualização de objectos <i>off-screen</i> com auxílio da técnica de EdgeRadar.	16
Figura 2.10	Técnica de Wedge para a visualização de objectos <i>off-screen</i> . (a) Localização do objectos fora do ecrã através do cruzamento das pernas da Wedge [Gustafson08b].(b) Não sobreposição de Wedges.	17
Figura 2.11	Técnica de Mini-Map aplicada em contextos de visualização 2D [Burigat11].	18
Figura 2.12	Técnica de setas para a visualização de objectos fora do ecrã sobre o contexto de realidade aumentada [Henze10a].	19
Figura 2.13	Técnicas de Visualização <i>Off-Screen</i> para visualização em 3D [Schinke10]. (a) Scene from top. (b) Mini-Maps. (c) 3D Arrows.	20
Figura 2.14	Utilização da técnica de Hopping [Irani06].	22
Figura 3.1	Transição da técnica de (a) Halo para (b) HaloDot.	32

Figura 3.2	Técnica do HaloDot. (a) Sem representação da relevância. (b) Com representação da relevância através da utilização da cor.	33
Figura 3.3	Técnica do HaloDot com representação da relevância. (a) Com transparência original do Halo. (b) Com transparência associada à distância e relevância.	36
Figura 3.4	Cor e Transparência usadas para exprimir a relevância dos objectos.	36
Figura 3.5	Grelha hipotética sobre o mapa.	37
Figura 3.6	Representação da grelha com agregação dos cantos numa só célula para agregação de HaloDots.	39
Figura 3.7	Representação da grelha para a agregação de HaloDots com o método de agregação por faixas.	41
Figura 3.8	Utilização da técnica do Halo e do HaloDot com as várias opções de desenho (a) Halo. (b) HaloDot.	41
Figura 3.9	Vista da primeira tarefa. (a) Sem Halos. (b) Com a técnica do Halo. (c) Com a técnica do HaloDot.	45
Figura 3.10	Vista da segunda tarefa. (a) Sem Halos. (b) Com a técnica do Halo. (c) Com a técnica do HaloDot.	46
Figura 3.11	Vista da terceira tarefa. (a) Só com um ponto de interesse muito relevante. (b) Com vários pontos de interesse muito relevantes.	47
Figura 3.12	Tempos médios, com barras de erro, das 3 primeiras tarefas. (a) Primeira tarefa. (b) Segunda tarefa. (c) Terceira tarefa.	50
Figura 3.13	Técnica do HaloDot, após alterações.	53
Figura 4.1	Tipos de setas para representação de objectos fora do ecrã.	56
Figura 4.2	Pontos na mesma "faixa" podem ter setas que não se intersectam.	57
Figura 4.3	Técnica de Scaled Arrows com aplicação das representações propostas.	57
Figura 4.4	Técnica de Mini-Map com a aplicação das representações propostas.	59
Figura 4.5	Imagens utilizadas nas tarefas de Análise. (a) Mini-Map com 10 pontos de interesse, 3 com relevância elevada. (b) HaloDot com 20 pontos de interesse, 6 com relevância elevada e sem agregações. (c) Scaled Arrows com 20 pontos de interesse, 6 com relevância elevada e com agregações.	62
Figura 4.6	Preferências dos utilizadores na tarefa de Habituação.	65
Figura 4.7	Tempos médios de execução, com barras de erro, da tarefa de Análise. (a) Com 3 pontos de interesse relevantes em 10 pontos no total e sem agregações (b) Com 6 pontos de interesse relevantes em 20 pontos no total e sem agregações (c) Com 6 pontos de interesse relevantes em 20 pontos no total e com agregações.	65
Figura 4.8	Preferências na tarefa de Análise. (a) Com 3 pontos de interesse relevantes em 10 pontos no total e sem agregações (b) Com 6 pontos de interesse	

	relevantes em 20 pontos no total e sem agregações (c) Com 6 pontos de interesse relevantes em 20 pontos no total e com agregações.....	66
Figura 4.9	Tempos médios de execução, com barras de erro, da tarefa de Navegação. (a) 3 pontos com relevância elevada em 10. (b) 6 pontos com relevância elevada em 20. (c) 6 pontos com relevância elevada em 40. (d) 10 pontos com relevância elevada em 40.	67
Figura 4.10	Preferências dos utilizadores na tarefa de Navegação. (a) 3 pontos com relevância elevada em 10. (b) 6 pontos com relevância elevada em 20. (c) 6 pontos com relevância elevada em 40. (d) 10 pontos com relevância elevada em 40.....	68

Lista de Tabelas

Tabela 2.1	Desempenho das várias técnicas de acordo com atributo [Gustafson08b]..	26
Tabela 2.2	Comparação das várias técnicas de acordo com os requisitos considerados fundamentais.....	27
Tabela 3.1	Distribuição da cor e transparência de acordo com a relevância dos pontos de interesse.....	35

Capítulo 1

Introdução

1.1 Motivação

Nos últimos anos, tem sido observado um enorme crescimento da popularidade e da utilização de dispositivos móveis. Diversos factores contribuíram para este interesse, destacando-se a evolução no *hardware* presente nestes dispositivos, a crescente qualidade e quantidade de funcionalidades disponíveis bem como o decréscimo do seu custo. Estes dispositivos são seleccionados não só pelas suas capacidades computacionais e aplicacionais, mas também pelo valor da informação oferecida.

Contudo, os dispositivos móveis apresentam algumas limitações, que provavelmente persistirão num futuro próximo, nomeadamente as pequenas dimensões dos dispositivos e dos ecrãs que condicionam a informação a disponibilizar aos utilizadores. Desta forma, existe ainda um conjunto de questões em aberto, nomeadamente na área da visualização de informação em ambientes móveis e que justifica a investigação nesta área.

Apresentar e explorar grandes quantidades de informação (por exemplo, em mapas) em pequenos ecrãs tem sido um dos principais temas estudados. Em situações que envolvam a procura de pontos de interesse em mapas em pequenos dispositivos móveis podem ser utilizadas operações de arrastamento e mudança de escala [Cockburn03], para explorar e encontrar áreas que não estejam visíveis no ecrã. No entanto, estas tarefas são cognitivamente exigentes e podem gerar situações de confusão para o utilizador. De forma a mitigar este problema, é importante ter soluções que forneçam informação relativamente à existência de objectos fora da área visível no ecrã (*off-screen*). Por uma simplificação de linguagem, ao longo deste documento, será utilizado o termo visualização *off-screen* para a visualização de pontos de interesse situados fora da área visível no ecrã.

Para resolver este problema na visualização de mapas em pequenos ecrãs, já foram apresentadas várias propostas. Estas podem ser classificadas como Visão Global e Detalhe (*Overview and Detail*) e Foco e Contexto (*Focus and Context*). Técnicas de

Visão Global e Detalhe fornecem várias vistas de todo o espaço (geralmente numa escala reduzida), simultaneamente com uma vista detalhada de uma porção do espaço. Técnicas de Foco e Contexto dispõem informação do espaço com diferentes níveis de detalhe, não separando as diferentes vistas [Burigat06]. Neste grupo integram-se as soluções que utilizam representações gráficas dos pontos de interesse, como setas [Ekman02], arcos, como o Halo [Baudisch03], linhas e rectângulos [Zellweger03] ou ainda o Wedge [Gustafson08b], situadas nas margens do ecrã para representar a distância e a direcção relativamente à localização dos pontos de interesse não visíveis no ecrã.

Outro tópico de pesquisa importante na área da visualização de informação em dispositivos móveis é o desenvolvimento de mecanismos que mostrem apenas a informação mais relevante ao utilizador, de forma a reduzir a quantidade de informação apresentada no ecrã. Tendo em conta a pequena dimensão dos ecrãs dos dispositivos móveis, existe o risco de que a informação disponibilizada se sobreponha ou cubra a totalidade do ecrã, proporcionando uma visualização confusa e de difícil utilização. Para a resolução deste problema, têm sido propostos mecanismos para seleccionar a informação relevante baseada em informação sobre o contexto e as preferências do utilizador. Em particular, têm sido propostas funções de filtragem baseadas na localização e na distância dos pontos de interesse ao utilizador e na relevância temporal e contextual dos pontos de interesse de forma a excluir aqueles que apresentem uma relevância mais baixa [Reichenbacher07, Pombinho08]. Desta forma, é apenas visualizada a informação mais relevante reduzindo a quantidade de informação mostrada no ecrã e, conseqüentemente, disponibilizando visualizações mais inteligíveis e menos confusas.

Para se perceber melhor este problema, considere-se o seguinte cenário: o utilizador, localizado na zona representada pelo centro da Figura 1.1 (a), pretende encontrar restaurantes, preferencialmente italianos. Considere-se que os resultados da sua pesquisa são os restaurantes 1, italiano, e 2, japonês, situados fora da área visível no ecrã. Apesar de estarem à mesma distância, o restaurante 1 é mais relevante que o restaurante 2, uma vez que é italiano, satisfazendo melhor as preferências do utilizador. Como se pode observar pela Figura 1.1 (a), no local em que se encontra, o utilizador não tem qualquer informação sobre os pontos de interesse, localizados fora do ecrã. Por outro lado, na Figura 1.1 (b), mesmo com informação relativamente à localização dos pontos de interesse, o utilizador não tem qualquer tipo de informação que lhe permita distinguir a relevância de um ponto de interesse de outro. Nesta última figura é utilizada a técnica de visualização *off-screen* Halo [Baudisch03], que será explicada em detalhe no Capítulo 2.

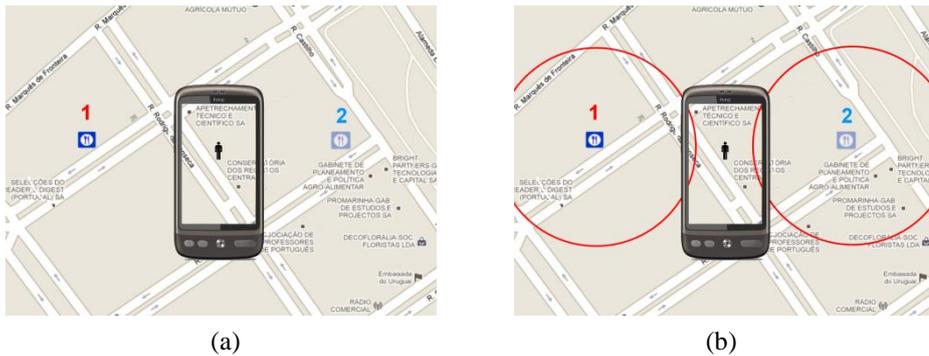


Figura 1.1 Visualização de objectos *off-screen*. (a) Visualização de pontos de interesse sem técnicas auxiliares. (b) Visualização de pontos de interesse com auxílio da técnica do Halo [Baudisch03].

A análise das diversas técnicas de visualização de objectos fora da área visível no ecrã permite concluir que, apesar da capacidade em fornecer informação sobre a existência e localização dos pontos de interesse fora do ecrã, nenhuma delas apresenta soluções para a representação da relevância. Por outro lado, algumas dessas técnicas apresentam problemas adicionais relacionados com a sobreposição da simbologia adoptada para a representação dos objectos fora do ecrã.

Da mesma forma, apesar da proposta de diversos mecanismos para mostrar a relevância de objectos dentro da área visível no ecrã (*on-screen*) [Swienty08], assim como o facto de terem sido desenvolvidas técnicas para a filtragem de informação relevante [Reichenbacher07, Pombinho08], nenhuma delas é aplicada para a visualização de objectos fora da área visível no ecrã.

1.2 Objectivos e Contribuições

Este trabalho tem como objectivo conceber representações para sinalizar pontos de interesse localizados fora da área visível no ecrã com visualização da sua relevância. Desta forma, pretende-se disponibilizar mecanismos que permitam auxiliar o utilizador na identificação da existência e da relevância de pontos de interesse, localizados em áreas adjacentes à área visível no ecrã.

As principais contribuições deste trabalho podem ser resumidas nos seguintes aspectos:

- Análise das principais limitações das técnicas de visualização *off-screen* [Gonçalves11a];
- Proposta de representações da relevância em técnicas de visualização *off-screen* [Gonçalves11a];

- Proposta de extensões e adaptações à técnica do Halo, designada por HaloDot, para visualização *off-screen* com representação da relevância dos pontos de interesse, optimização da noção de direcção e redução de sobreposições [Gonçalves11a];
- Construção e validação de protótipos do HaloDot que concretizam as adaptações propostas para a representação da relevância, direcção com redução da sobreposição [Gonçalves11b];
- Concretização da característica de relevância noutras técnicas de visualização *off-screen* já existentes, nomeadamente Scaled Arrows e Mini-Map;
- Validação e comparação das técnicas de visualização *off-screen* com representação da relevância;
- Proposta das características ou atributos a ter em consideração aquando da escolha de uma técnica de visualização *off-screen* com representação da relevância dos pontos de interesse, num ambiente móvel.

Para além destas contribuições, foram ainda produzidas duas publicações referentes a diferentes fases de desenvolvimento das soluções propostas. Foi publicado um artigo intitulado, HaloDot: Visualization of the Relevance of Off-Screen Objects, na conferência SIACG 2011, Simpósio Ibero-Americano de Computação Gráfica, que decorreu em Faro no mês de Junho [Gonçalves11a]. Este artigo é referente à fase de análise das soluções já existentes na área de visualização de objectos *off-screen*, detecção das limitações e problemas das diversas técnicas e propostas de soluções para a representação da relevância e sobreposição de simbologia através da técnica do HaloDot.

Foi também aceite para publicação o artigo intitulado, Evaluation of HaloDot: Visualization of Relevance of Off-Screen Objects with Over Cluttering Prevention on Mobile Devices, na conferência INTERACT 2011, 13th IFIP TC13 Conference on Human-Computer Interaction, que decorrerá em Lisboa no mês de Setembro. Este artigo descreve a fase de avaliação através de um teste de usabilidade da técnica do HaloDot.

No momento da escrita deste documento está a ser elaborado um artigo para ser submetido para publicação numa revista internacional de referência de forma a publicar o trabalho de avaliação e comparação da técnica do HaloDot com as técnicas de Scaled Arrows e Mini-Map.

1.3 Metodologia e Planeamento

Para atingir os objectivos propostos, foi utilizada uma metodologia de validação experimental, utilizada em projectos de engenharia de software [Basili96, Zelkowitz98].

Este método tem uma natureza evolutiva, conduzindo ao aperfeiçoamento iterativo da solução proposta, através de análises sucessivas dos sistemas concretizados. Apresentam-se, em seguida, as principais etapas do tipo de metodologia utilizada:

- O primeiro passo consiste no estudo do trabalho relacionado (apresentado no Capítulo 2), quer do ponto de vista de técnicas de visualização de objectos fora da área visível no ecrã, quer de técnicas e estudos relativos à representação da relevância de objectos em mapas em dispositivos móveis.
- Numa segunda etapa, tendo em conta os requisitos do problema e as limitações das soluções já existentes, procuram-se definir novas soluções que satisfaçam esses requisitos e resolvam, ou atenuem, as limitações referidas (apresentado no Capítulo 3).
- Segue-se uma fase de desenvolvimento, construção e análise das soluções, que consiste na criação de protótipos que implementam as soluções propostas. Estas soluções são estudadas e comparadas através de testes de usabilidade de forma a retirar informações úteis sobre a satisfação dos requisitos. Dependendo dos resultados, as propostas poderão levantar novos problemas sendo necessário aperfeiçoá-las e repetir o ciclo de avaliações (abordado nos Capítulos 3 e 4).

De acordo com esta metodologia foi proposto e executado com sucesso o planeamento do projecto (ver Anexo A), constituído por 4 grandes tarefas:

- A primeira tarefa, de duração aproximada de 1 mês, consistiu na familiarização com técnicas existentes para a visualização de objectos fora da área visível no ecrã. Para além da familiarização com estas técnicas, identificaram-se também as várias características, atributos e limitações das mesmas.
- A segunda tarefa, também de duração, aproximada, de 1 mês, consistiu na familiarização com o trabalho já efectuado sobre a visualização da relevância em aplicações de informação georreferenciada em dispositivos móveis. Nesta tarefa, para além da aquisição de conhecimento sobre as várias definições de relevância, para um ponto de interesse, pretendeu-se também adquirir conhecimento sobre as várias formas possíveis de representar essa relevância.
- A terceira tarefa, com uma duração aproximada de 6 meses, consistiu no desenho e concretização de métodos de visualização da relevância de objectos que se situam fora da área visível no ecrã. Esta tarefa foi efectuada seguindo um modelo iterativo. Na primeira iteração e através da análise dos vários dados recolhidos nas tarefas anteriores, foi criada a técnica de visualização *off-screen* com a representação da relevância, designada por HaloDot [Gonçalves11a]. Após esta etapa realizou-se a avaliação desta técnica, de forma a validar os métodos propostos [Gonçalves11b].

A segunda iteração consistiu na construção de protótipos de outras duas técnicas de visualização *off-screen* (Scaled Arrows e Mini Map) e comparação com a técnica do HaloDot. A parte final desta tarefa envolveu a recolha das principais conclusões da avaliação.

- Finalmente, a última tarefa do planeamento deste projecto foi a elaboração deste documento.

1.4 Organização do Documento

Este documento está organizado da seguinte forma:

- Capítulo 2 - Trabalho Relacionado: são analisados os vários projectos, estudos e técnicas desenvolvidas no âmbito da visualização da relevância e da visualização *off-screen*, sendo estas últimas comparadas segundo vários critérios.
- Capítulo 3 - Desenho e Validação da Técnica HaloDot: é apresentado o trabalho desenvolvido para a concepção da técnica do HaloDot, uma técnica de visualização *off-screen* com representação da relevância. Neste capítulo detalham-se as diversas opções de desenho, as variáveis da técnica do HaloDot e apresentam-se os testes de usabilidade realizados para a validação desta nova técnica, juntamente com os seus resultados.
- Capítulo 4 – Comparação de Técnicas de Visualização *Off-Screen* com Representação da Relevância: é apresentado o trabalho desenvolvido para a realização de um estudo comparativo entre 3 técnicas de visualização *off-screen* com representação da relevância. A primeira é a técnica do HaloDot e as outras duas consistem em técnicas já existentes, mas sobre as quais foram aplicadas as mesmas propostas de representação de relevância, referidas no Capítulo 3. É apresentado o estudo de usabilidade realizado, para comparar as 3 técnicas, juntamente com a discussão dos resultados obtidos.
- Capítulo 5 – Conclusões e Trabalho Futuro: são apresentadas as principais contribuições do trabalho desenvolvido e discutidos os aspectos que permanecem em aberto. Finalmente, analisam-se também as possíveis evoluções do trabalho realizado.

Capítulo 2

Trabalho Relacionado

A problemática da visualização de objectos fora da área visível no ecrã, assim como a da visualização da relevância da informação geográfica têm vindo a ser estudadas em vários projectos ao longo dos últimos anos, embora que separadamente.

Neste capítulo são apresentadas as técnicas, projectos e estudos mais relevantes nestas duas áreas. Na primeira secção são apresentados alguns trabalhos e estudos na área da representação da relevância da informação geográfica. Na segunda secção são apresentadas várias técnicas de visualização de objectos fora da área visível no ecrã. A terceira secção aborda as novas técnicas de visualização utilizadas em novos contextos de visualização. Finalmente, na secção 4 são apresentados os estudos comparativos mais relevantes das técnicas de visualização *off-screen*.

2.1 Definição e Representação de Relevância

Reichenbacher propõe uma definição de relevância de um objecto em mapas utilizados em dispositivos móveis, separando o conceito de relevância em várias áreas dependendo do seu contexto (Figura 2.1) [Reichenbacher07]. A partir da informação obtida de um determinado objecto, podem ser considerados 2 tipos de relevância: objectiva e subjectiva.

A relevância objectiva engloba a relevância física, que está relacionada com questões de espaço e tempo, e a relevância de sistema, relacionada com o algoritmo ou a interrogação utilizada para adquirir essa informação. A relevância subjectiva caracteriza-se com outros subtipos de relevância: relevância do tema, relevância cognitiva, relevância da actividade, relevância situacional e motivacional. A determinação destes tipos de relevância, num determinado objecto depende de vários factores como: o objectivo ao obter informação sobre o objecto, a categoria a que o objecto pertence (por exemplo, se é um teatro ou se um edifício antigo) e se já existe por parte do utilizador algum conhecimento sobre o objecto.

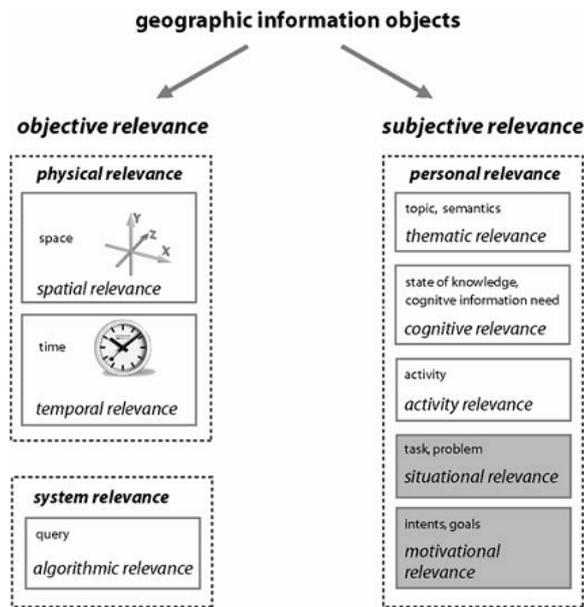


Figura 2.1 Tipos de relevância para aplicações de informação georreferenciada em dispositivos móveis [Reichenbacher07].

Neste trabalho, Reichenbacher sugere ainda algumas formas de identificar a relevância de objectos em mapas:

- objectos mais próximos, visíveis e audíveis (quando aplicável) são mais relevantes do que objectos mais distantes, pouco visíveis ou pouco audíveis;
- um objecto é tão mais importante/relevante quanto mais necessário for para o utilizador completar uma determinada actividade;
- objectos com maior quantidade de informação são mais relevantes que objectos com pouca informação.

Neste estudo são também sugeridas algumas técnicas para representar a relevância, nomeadamente, diferenciação da cor dos objectos, do brilho, da claridade, da transparência, do tamanho ou da forma de acordo com a sua relevância. Como é possível ver na Figura 2.2, os pontos de interesse mais relevantes são representados com mais contraste, maior dimensão, maior relevo ou maior visibilidade, ou seja, menor transparência, do que pontos menos relevantes.

Num outro trabalho, Reichenbacher centrou-se na análise da relevância geográfica em serviços móveis [Reichenbacher09]. Neste trabalho é apresentado o projecto GeoRel que estende o conceito de LBS (*Location Based Services*) em 3 formas distintas:

- para além da dimensão espacial deve inclui-se as dimensões temporais, temáticas e motivadoras;
- deve ser considerada a relação entre a necessidade de informação com os objectos disponíveis dentro do contexto de utilização;
- devem ser aplicados novos conceitos para a filtragem, para além da distância entre pontos e desenvolver representações adequadas da relevância geográfica em serviços móveis.

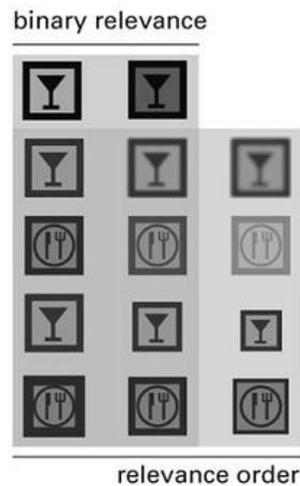


Figura 2.2 Exemplos da alteração da ênfase dos símbolos para a representação da relevância [Reichenbacher07].

Adicionalmente, são apresentadas várias definições de localização e espaço, nomeadamente, um local é definido não só através das suas coordenadas geográficas, mas também pelas suas vizinhanças, pelos serviços a que um utilizador pode aceder nessa localização, pelos outros locais a que pode aceder a partir desse, entre outros (Figura 2.3).

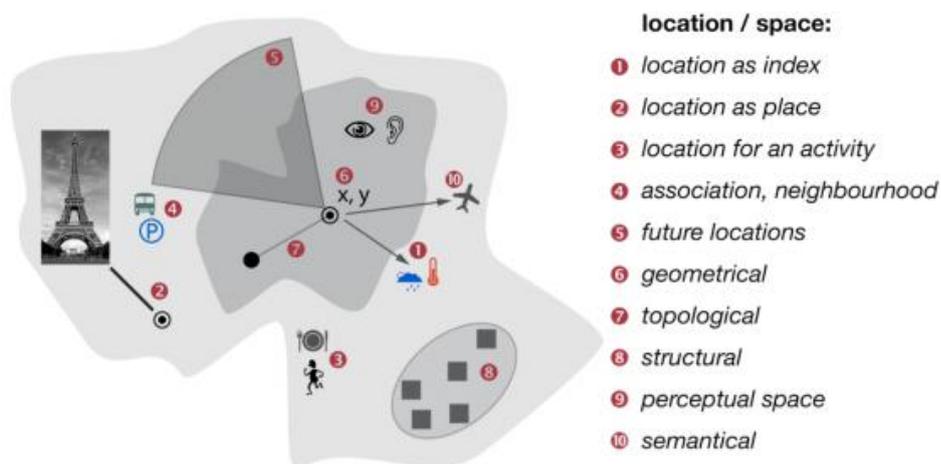


Figura 2.3 Diferentes papéis para a localização e conceitos de espaço [Reichenbacher09]

No estudo apresentado por Swienty *et al.* são discutidos vários aspectos relativamente ao papel da relevância em geovisualização [Swienty08]. Concluiu-se que a utilidade e a usabilidade são atributos associados à geovisualização da relevância. Sugere-se, também, que a utilidade desta possa ser otimizada através da aplicação de filtros que permitam omitir a informação irrelevante para o utilizador. Estes filtros são baseados no contexto de utilização e deverão ter em consideração não apenas os temas e as categorias de interesse, mas também a relevância temporal e semântica. A usabilidade poderá ser otimizada através da adaptação do desenho da geovisualização de forma a guiar a atenção do utilizador para áreas geográficas com informação mais relevante. De modo a permitir que os utilizadores consigam localizar rapidamente a informação pretendida é proposto um desenho para a geovisualização baseado em 3 métodos:

- a relevância da informação geográfica é acedida e representada de acordo com o contexto de utilização;
- os objectos relevantes são filtrados baseados na sua relevância, tendo em conta o contexto de utilização;
- é construída uma hierarquia de objectos de modo a que os mais relevantes chamem mais a atenção do utilizador.

O objectivo do trabalho de Swienty *et al.* é criar mecanismos que permitam captar e dirigir a atenção do utilizador para os objectos mais relevantes. Consequentemente, existe o desafio de perceber qual o melhor mecanismo para capturar a atenção do utilizador e para representar a relevância de um determinado objecto em relação a outro.

Wolf e Horowitz efectuaram um estudo com o objectivo de indicar os atributos que melhor despertam a atenção dos utilizadores [Wolf04]. Os vários atributos identificados foram agrupados em 5 categorias, de acordo com a probabilidade de atraírem/afectarem a atenção dos utilizadores. Este estudo permitiu concluir que os atributos que maiores probabilidades têm em despertar a atenção dos utilizadores são: a cor, o movimento, a orientação e a escala. Embora com uma probabilidade mais baixa, foram identificados outros atributos, nomeadamente, a luminosidade, a inclinação e a profundidade estereoscópica, a curvatura, a proximidade e a forma. Este estudo tem sido uma das principais bases na investigação da representação da relevância em geovisualização e é utilizado no trabalho aqui proposto.

Dos vários atributos identificados no estudo anterior, a cor foi amplamente estudada por Silva *et al.* [Silva11]. Estes autores, para além de sugerirem várias

orientações relativamente à utilização da cor, mencionam o facto de esta estar associada a significados diferentes dependentes, como por exemplo, a cultura de um local. Em alguns países verde pode significar dinheiro, enquanto noutros locais pode representar sorte, ou mesmo inveja. Um outro exemplo relaciona-se com a associação da cor a um conjunto de conceitos, nomeadamente a temperatura (por exemplo, o vermelho ou o laranja são consideradas cores quentes, enquanto que cores com tonalidades de azul são, geralmente consideradas cores frias).

Num outro projecto, Swienty *et al.* referem a existência de problemas na correcta visualização de informação em dispositivos móveis decorrente da existência de informação irrelevante existente nos mapas, assim como nas distrações causadas pelo próprio meio ambiente [Swienty07]. Este autor analisa os elementos que são potenciais factores de distrações (por exemplo, luzes, símbolos e pessoas) e, baseando-se nos estudos de Wolfe *et al.* reforça a importância da utilização da cor e da forma na representação dos objectos num dispositivo móvel. A cor e a forma podem ser distintas, quer de acordo com as várias situações de utilização, quer de acordo com os vários tipos de utilizadores. Adicionalmente, é concluído que a visualização não pode ser tratada separadamente do conhecimento e das capacidades cognitivas, já que o modo como as visualizações são interpretadas dependem dos próprios utilizadores.

Para a resolução dos problemas de visualização de pontos de interesse em mapas móveis, Paulo Pombinho *et al.* propõem soluções baseadas no conceito de relevância e de agregação [Pombinho09]. A primeira consiste na utilização de uma função para quantificar a relevância de cada ponto de interesse, de acordo com as preferências dos utilizadores e na distância do utilizador aos vários pontos de interesse. A função classifica os pontos de interesse numa escala de valores entre 0 e 1, sendo 1 o valor que corresponde à maior relevância. Com esta função de grau de interesse é possível filtrar a informação disponível e determinar a informação mais relevante a representar no ecrã.

Contudo, a representação de uma menor quantidade de informação, ainda que informação relevante, não elimina o risco de haver sobreposição da simbologia (Figura 2.4 (c)). Para minimizar o problema da sobreposição de símbolos foi proposta uma segunda medida, que consiste na utilização de um operador de generalização, que agrega vários símbolos apresentados no mapa que estejam relativamente próximos uns dos outros. Para isso, é considerada uma grelha como uma camada adicional do mapa. Todos os pontos que estejam dentro de uma célula dessa grelha serão agregados apenas num (Figura 2.4 (d)). Esta grelha é definida de acordo com as coordenadas do mundo. Deste modo, como é visível nas Figuras 2.4 (a) e (b), ao arrastar o mapa, como os símbolos se mantêm em células diferentes não há mudança no número de agregações.

Contudo, é necessário utilizar uma simbologia diferente para a agregação, de modo a que a sua existência seja identificável.

Os mecanismos propostos por Pombinho *et al.*, ou seja, a função de grau de interesse e o conceito de agregação vão ser utilizados neste trabalho, para o cálculo da relevância de um ponto de interesse e da resolução de problemas de sobreposição das representações de objectos fora da área visível no ecrã.

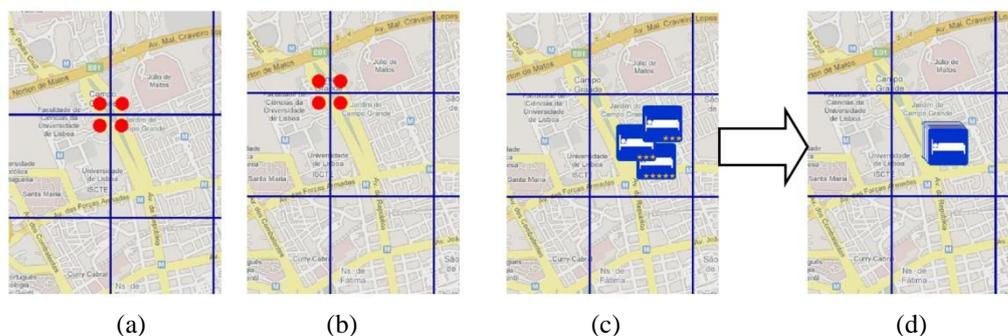


Figura 2.4 Utilização do operador de generalização para a redução da sobreposição [Pombinho08]. (a) Antes do arrastamento do mapa. (b) Depois do arrastamento do mapa. (c) Simbologia desagregada. (d) Simbologia agregada de acordo com o operador de generalização.

2.2 Técnicas de Visualização *Off-Screen* em Mapas

Nesta secção são apresentadas as técnicas mais relevantes para a visualização de objectos localizados fora da área visível no ecrã.

2.2.1 Técnicas de arrastamento e mudança de escala

Apesar de durante a última década terem sido propostas várias técnicas de visualização *off-screen*, a maior parte dos utilizadores está familiarizado com as operações de arrastamento (*panning*) e de mudança de escala (*zooming*) [Irani07, Cockburn03]. As operações de arrastamento (do inglês *panning*, no caso de mapas, ou *scrolling*, no caso de documentos) correspondem à operação de deslocamento da janela de visualização para mostrar informação que não está disponível na área visível. Estas operações são usualmente utilizadas em processadores de texto, páginas Web ou aplicações de informação georreferenciada, como o Google Earth [GoogleEarth]. Operações de mudança de escala consistem em mudar a escala/dimensões do mapa, o que, normalmente, faz mudar o detalhe da área visível. Contudo, nem sempre é possível controlar diferentes níveis de detalhe na mesma escala.

2.2.2 Setas

O exemplo mais simples para indicar a existência de um objecto fora da área visível no ecrã consiste na utilização de setas [Ekman02]. Estas são desenhadas na margem do ecrã do dispositivo e apontam na direcção em que se encontra o objecto fora do ecrã (Figura 2.5). Esta técnica, embora forneça a direcção do objecto, não fornece nem a distância, nem a relevância do mesmo. Contudo, já foram propostas algumas soluções para colmatar a não representação da distância neste tipo de técnica. Burigat propôs a utilização de um código de cores e/ou a utilização de uma informação textual referente à distância [Burigat06]. Esta representação pode ser desenhada no interior ou junto à seta. Foi também proposto utilizar a transparência da seta para representar a distância ao objecto, isto é, quanto mais transparente, mais distante estará o objecto fora do ecrã.

A técnica das setas e as suas variantes (apresentadas na secção 2.2.5 e 2.3) são uma das representações mais utilizadas no domínio dos jogos para alertar os jogadores sobre a presença de determinados objectos fora da área visível no ecrã [CrazyTaxi, Prototype, AssassinsCreedII].

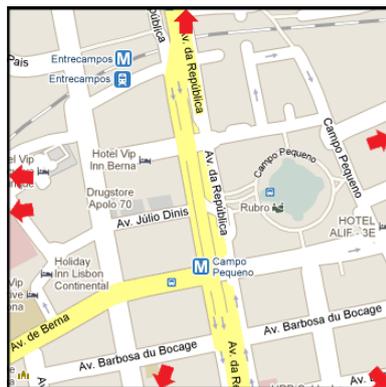


Figura 2.5 Representação de objectos *off-screen* com auxílio de setas.

2.2.3 City Lights

A técnica de visualização *off-screen* City-Lights, à semelhança da técnica de setas, fornece informação relativa à direcção, contudo fá-lo sem apontar para o objecto fora do ecrã [Zellweger03]. Esta técnica foi inspirada no brilho que as luzes das cidades deixam no horizonte e consiste no desenho de pequenos rectângulos na margem do ecrã e, assim como na técnica de setas, na direcção do objecto fora do ecrã. Caso o objecto fora da área visível se situe numa zona não ortogonal às margens do ecrã e que implique a necessidade de desenhar o rectângulo no canto do ecrã, é desenhada uma seta (Figura 2.6).

Apesar da sua simplicidade, esta técnica apresenta algumas limitações. Por um lado, relativamente à representação da direcção, quando comparada com a técnica das setas, revela-se ser menos precisa. Adicionalmente, não fornece nenhuma representação relativamente à distância, a não ser que seja seguida uma das sugestões previamente apresentadas [Burigat06].



Figura 2.6 Técnica de City Lights para a representação de objectos *off-screen*.

2.2.4 Halo

A técnica do Halo, apresentada por Baudisch, é considerada uma variante da técnica de City Lights [Baudisch03]. Esta técnica consiste em desenhar circunferências em redor dos objectos fora do ecrã com um raio suficientemente grande para que o arco seja visível correctamente no ecrã (Figura 2.7), mas pequeno o suficiente de forma a não perturbar a visualização da informação existente no ecrã. A área onde é desenhada a representação dos objectos fora do ecrã é chamada de *intrusion border*. A partir da porção visível do arco, os utilizadores podem inferir a localização do objecto fora do ecrã através do centro da circunferência. A posição do arco dá uma informação relativa à direcção do objecto. O tamanho do arco fornece a distância desse mesmo objecto. Quanto mais distante está o objecto, maior será a distância da *intrusion border* ao centro do arco e, conseqüentemente, maior será o comprimento do arco visível no ecrã. O Halo usa também a transparência associada à distância ao objecto fora do ecrã. Deste modo, quanto maior for a transparência, maior é a distância ao objecto representado. Ao contrário das técnicas anteriormente apresentadas, o Halo fornece informação relativamente à distância e à direcção do objecto fora do ecrã que representa.

Apesar da técnica do Halo apresentar como vantagem, em relação às técnicas anteriormente referidas, a representação da distância e da direcção, esta técnica apresenta alguns problemas, como a sobreposição de arcos e o corte parcial dos Halos quando situados nos cantos do ecrã. De facto, quando o número de Halos aumenta, a

distinção entre arcos torna-se complicada e a análise da distância e da localização dos objectos que representam torna-se menos perceptível. Relativamente ao problema dos cantos é uma situação análoga de menor perceptibilidade da representação.

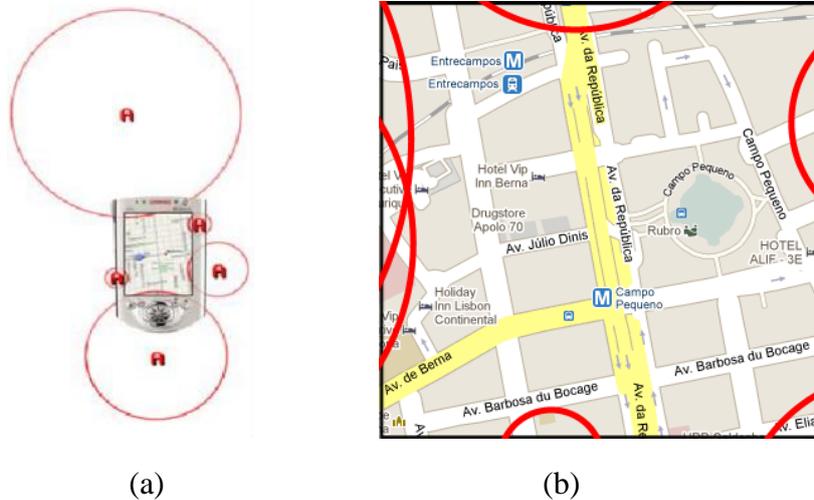


Figura 2.7 Técnica do Halo para a representação de objectos *off-screen*. (a) Visualização da localização dos objectos *off-screen*, correspondentes ao centro dos Halos [Baudisch03]. (b) Imagem visível no ecrã na técnica do Halo.

2.2.5 Scaled e Stretched Arrows

Burigat *et al.* apresentam algumas variantes à técnica de setas, apresentada anteriormente, as técnicas de Scaled e Stretched Arrows [Burigat06]. Estas contemplam informação sobre a distância e a direcção sem recorrerem a outros atributos que não a própria forma da seta. Através do seu tamanho e comprimento, respectivamente, Scaled (Figura 2.8 (a)) e Stretched Arrows (Figura 2.8 (b)), fornecem informação sobre a distância ao objecto fora do ecrã. Assim, quanto maior, ou mais comprida for a seta, mais perto o objecto fora do ecrã estará da área visível no ecrã, ou seja, o tamanho e comprimento da seta são inversamente proporcionais à distância a que o objecto representado se encontra.

2.2.6 EdgeRadar

A técnica de EdgeRadar foi proposta para a representação da localização de objectos em movimento [Gustafson07]. Esta técnica baseia-se na divisão da janela de radar (ou visão global) utilizada em interfaces de Visão Global mais Detalhe (*Overview and Detail*). É também considerada como uma extensão à técnica de City Lights e utiliza parte das margens do ecrã como uma representação em miniatura do espaço fora do ecrã sobreposta ao espaço visível no ecrã, promovendo uma menor probabilidade de existirem sobreposições. Neste espaço, os objectos existentes fora da área visível são

representados com pequenos símbolos. A localização dos símbolos nesse espaço pode ser usada para o utilizador inferir a localização e a distância ao objecto fora do ecrã (Figura 2.9).

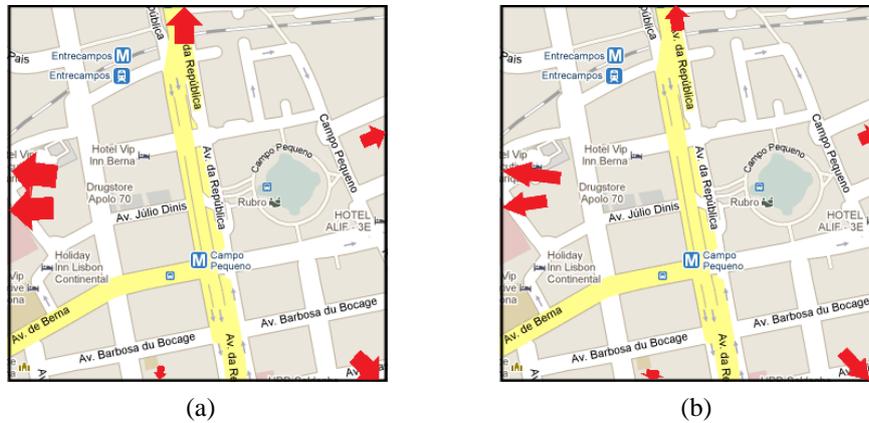


Figura 2.8 Técnicas (a) Scaled Arrows e (b) Stretched Arrows para representação de objectos *off-screen*.

Apesar de esta técnica apresentar vantagens relativamente às técnicas anteriores, como a resolução do problema da sobreposição de arcos na técnica do Halo, apresenta algumas limitações. A falta de informação relativamente à localização absoluta do objecto é uma das principais limitações desta técnica. Por outro lado, o facto de os cantos do EdgeRadar representarem áreas fora do ecrã maiores que as margens (áreas maiores que os cantos) pode tornar a avaliação da distância e localização dos objectos mais confusa, especialmente quando comparada com as áreas representadas pelas margens do EdgeRadar.

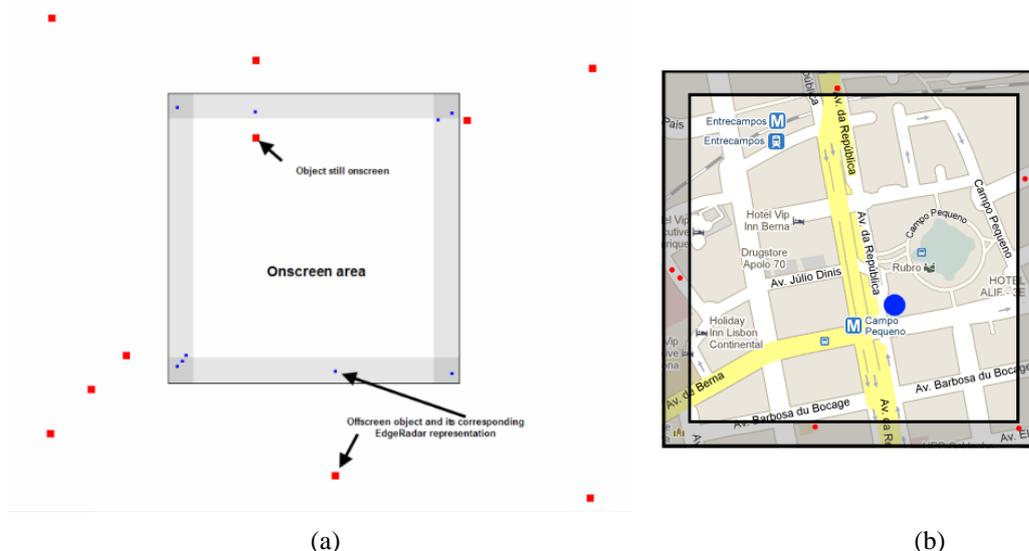


Figura 2.9 Técnica de EdgeRadar para a representação de objectos *off-screen*. (a) Comparação do espaço visível com aquele fora do ecrã [Gustafson07]. (b) Visualização de objectos *off-screen* com auxílio da técnica de EdgeRadar.

2.2.7 Wedge

Para resolver o problema de sobreposição de arcos na técnica do Halo, Gustafson apresentou a técnica de Wedge [Gustafson08a]. Nesta técnica é utilizado um triângulo isósceles em que o vértice oposto coincide com a localização do objecto fora do ecrã, enquanto os 2 restantes vértices se encontram visíveis no ecrã. Estes 3 pontos criam 3 segmentos, a base, visível no ecrã, e as pernas, os outros 2 lados, segmentos de igual dimensão. As pernas são o elemento chave para a detecção do objecto fora do ecrã, na medida em que permitem calcular o seu ponto de intersecção, ou seja, a ponta do triângulo (Figura 2.10 (a)). Para evitar a sobreposição, as Wedges repelem-se umas às outras, mudando a sua rotação até estas deixarem de colidir (Figura 2.10 (b)). Esta operação não prejudica o sentido de localização do ponto fora do ecrã, já que as pernas e a base continuam a fornecer informação sobre a distância e a posição do ponto.

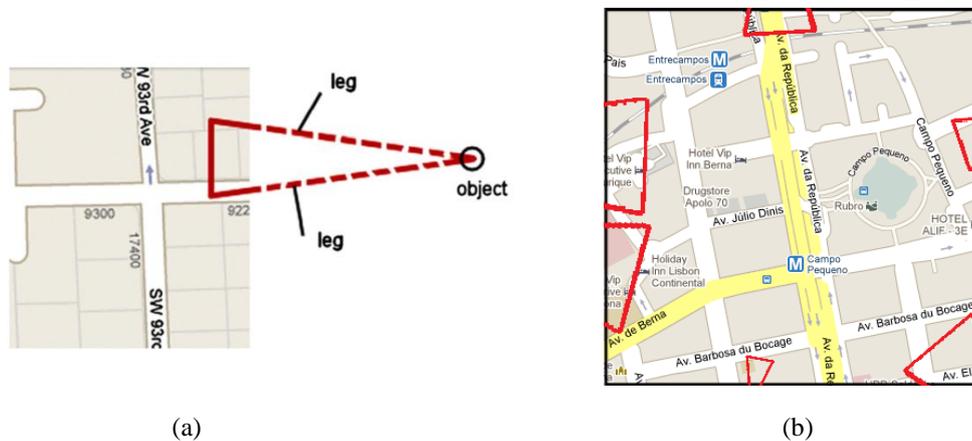


Figura 2.10 Técnica de Wedge para a visualização de objectos *off-screen*. (a) Localização do objectos fora do ecrã através do cruzamento das pernas da Wedge [Gustafson08b]. (b) Não sobreposição de Wedges.

O que distingue a técnica de Wedge das outras previamente apresentadas é a possibilidade de, quando existem sobreposições entre Wedges, alterar os seus atributos, nomeadamente a rotação (*rotation*), a abertura (*aperture*) e a intrusão (*intrusion*), e garantir que, após essas alterações, as Wedges continuem a apontar para os mesmos objectos fora do ecrã. A intrusão, equivalente à *intrusion border* no Halo, é um atributo no qual se podem considerar 3 opções:

- ter uma intrusão constante, isto é, não alterar a intrusão das Wedges quando estas colidem correndo-se o risco de continuar com sobreposições;
- reduzir a intrusão das Wedges que representam objectos mais distantes. Esta opção pode reduzir a precisão da indicação da distância, uma vez que as pernas tornam-se

menos visíveis no ecrã e, conseqüentemente, torna-se mais complicado calcular o ponto de intersecção das pernas, ou seja, o ponto de interesse fora do ecrã;

- aumentar a intrusão das Wedges que representem objectos mais distantes. Esta última opção foi a que provou ter melhores resultados.

A abertura consiste no ângulo existente entre as pernas da Wedge. Aumentar o valor deste atributo pode reduzir a precisão e provocar mais sobreposições, uma vez que Wedges com uma abertura elevada correspondem a um maior espaço do ecrã ocupado. A alteração da rotação da Wedge é feita relativamente ao ponto fora do ecrã. Alterando este atributo, é possível desviar as Wedges umas das outras e evitar sobreposições.

O algoritmo proposto para evitar sobreposições é iterativo. Se duas Wedges colidirem, afastam-se por rotação até deixarem de colidir. Se, após esta operação, houver novas colisões, o algoritmo é aplicado repetidamente, até deixar de haver sobreposições (Figura 2.10 (b)).

2.2.8 Mini-Map

Apesar de amplamente utilizada em ambientes 3D, a técnica de Mini-Map pode ser utilizada em contextos 2D e na visualização de informação georreferenciada. Para tal, é apresentada uma vista abrangendo uma área maior que a da imagem apresentada no ecrã. Como é possível ver na Figura 2.11, o utilizador visualiza objectos fora do ecrã que se encontrem nas suas proximidades. A área dentro do quadrado azul, no centro do mapa em miniatura, corresponde à área visível no ecrã, enquanto a área fora corresponde a uma parte da área não visível. Conseqüentemente, os pontos vermelhos nessa área correspondem a pontos localizados fora do ecrã.



Figura 2.11 Técnica de Mini-Map aplicada em contextos de visualização 2D [Burigat11].

2.3 Outras Técnicas de Visualização *Off-Screen*

Esta secção aborda outras técnicas de visualização *off-screen*, recentemente utilizadas em novos contextos de visualização, como em ambientes de visualização em Realidade Aumentada.

2.3.1 Setas 2D

Henze apresentou um estudo onde refere a possibilidade de representar a visualização de objectos fora do ecrã no contexto da realidade aumentada [Henze10a]. Quando o utilizador aponta o seu dispositivo para um mapa real é realizado o reconhecimento da sua localização e dos pontos de interesse que estão fora do ecrã e assinalada a sua existência através da técnica de setas (Figura 2.12).



Figura 2.12 Técnica de setas para a visualização de objectos fora do ecrã sobre o contexto de realidade aumentada [Henze10a].

2.3.2 Scene from top

A técnica de Scene from top consiste na visualização de um esquema representativo do mundo visto de cima pelo utilizador [Schinke10]. O centro corresponde à posição do utilizador, enquanto um triângulo isósceles com a ponta no centro corresponde ao campo de visão do utilizador. Em torno da representação do ecrã é possível visualizar os pontos de interesse em redor do utilizador (Figura 2.13 (a)).

2.3.3 Mini-Map

A técnica de Mini-Map é amplamente utilizada em jogos sendo já uma técnica bastante antiga e conhecida por outros nomes como *Overview+Detail* [Burigat11]. Segundo o contexto de visualização 3D proposto por Schinke *et al.*, o utilizador vê a imagem do mundo real, no ecrã e sobreposta a esta, uma pequena janela utilizando a técnica de Scene from top, previamente descrita (Figura 2.13 (b)) [Schinke10].

2.3.4 Setas 3D

Introduzida por Burigat *et al.*, a técnica de setas 3D consiste na utilização de setas em 3 dimensões, que apontam sobre a vista do mundo real, ou sobre a sua representação para os objectos fora do ecrã [Burigat98]. Estas apresentam a direcção do objecto fora do ecrã apontando para o mesmo, enquanto a distância pode ser fornecida, tal como na técnica de Stretched Arrows (alterando o comprimento consoante a distância), através de informação textual sobre a mesma, ou através da utilização de códigos de cor (Figura 2.13 (c)). Esta técnica é frequentemente utilizada em jogos de computador [CrazyTaxi].

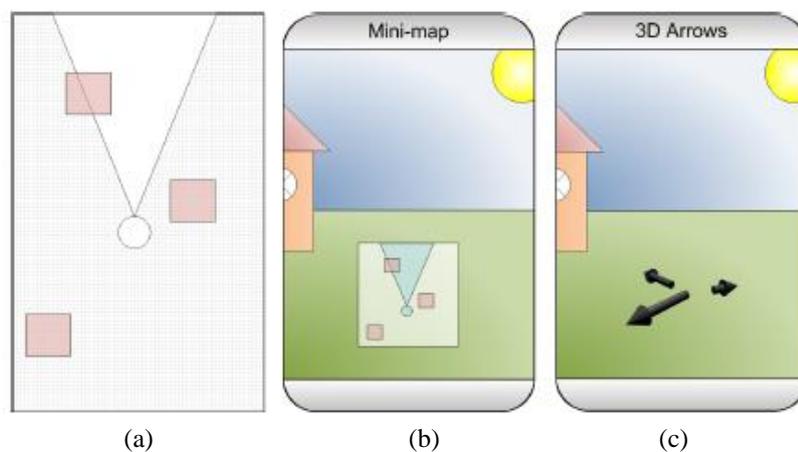


Figura 2.13 Técnicas de Visualização *Off-Screen* para visualização em 3D [Schinke10]. (a) Scene from top. (b) Mini-Maps. (c) 3D Arrows.

2.4 Estudos Comparativos das Técnicas de Visualização *Off-Screen*

Esta secção apresenta os estudos comparativos mais relevantes das várias técnicas de visualização *off-screen* apresentadas anteriormente, com o intuito de recolher as principais vantagens, desvantagens e características de cada uma delas, de forma a perceber quais são as melhores técnicas de visualização *off-screen*. Esta análise serviu de base à escolha da primeira técnica a adaptar para representar o conceito de relevância.

2.4.1 Halo e Setas

Baudisch apresentou um estudo comparativo entre o Halo e uma variante da técnica de setas [Baudisch03]. Esta variante melhora a técnica original, fornecendo informação relativamente à distância, através da utilização de informação textual dentro da seta.

Comparando esta variante com a técnica do Halo, ambas as técnicas de visualização *off-screen* possuem representação da direcção e da distância aos objectos.

As tarefas propostas neste estudo foram as seguintes: localizar num mapa a posição estimada de um objecto fora do ecrã representado por uma das técnicas (*Locate*); determinar qual o objecto fora do ecrã mais próximo da área visível (*Closest*); ordenar os objectos fora do ecrã consoante a sua distância da área visível (*Traverse*); e determinar qual o ponto de interesse do tipo ‘hospital’ que estava mais longe dos pontos de interesse do tipo/categoria ‘trânsito’ (*Avoid*).

Concluiu-se que, apesar de existir uma maior precisão quando se usam interfaces com setas, a navegação foi mais rápida utilizando o Halo. Este estudo permitiu detectar 2 problemas associados à técnica do Halo. Em primeiro lugar, os arcos do Halo tendem a ser cortados quando se encontram nos cantos do ecrã, o que geralmente leva os utilizadores a cometerem mais erros. Este problema pode ser minimizado caso se desenhem os cantos da *intrusion border* curvos, permitindo assim um maior espaço para os arcos serem desenhados. Em segundo lugar, quando há muitos arcos, pode haver sobreposição, conduzindo os utilizadores a não distinguirem a que objecto pertence o arco que estão a visualizar.

2.4.2 Hopping

Irani *et al.* utilizaram a técnica do Halo combinado com um mecanismo de “teleporte”, para a criação de um método de navegação para objectos fora do ecrã, denominado Hopping [Irani06].

Neste mecanismo, a técnica do Halo foi modificada para que os arcos fossem ovais, ao invés de circunferências, com a intenção de minimizar o problema de sobreposição dos arcos (Figura 2.14 (a)). Por outro lado, esta técnica é composta por várias fases. Inicialmente, o utilizador desenha um círculo no ecrã e, enquanto isso, um segmento de recta é traçado a partir do centro do círculo, passando pela localização que o utilizador está a tocar e estendendo-se para fora da área visível no ecrã (Figura 2.14 (b)). Quando esse segmento cruza os arcos dos Halos situados nas margens do ecrã vai ser desenhado, sobre o círculo a representação de um *proxy* (Figura 2.14 (c)). Um *proxy* consiste num pequeno símbolo representativo de um ponto de interesse fora do ecrã (representado pelo Halo intersectado pelo segmento de recta) e que, quando seleccionado, permite que o mapa seja centrado nesse ponto de interesse (Figura 2.14 (d)).

Esta técnica de navegação foi comparada com técnicas de arrastamento e mudança de escala num conjunto de tarefas que consistia na selecção de 10 alvos específicos, identificáveis dos restantes. A avaliação permitiu concluir que esta técnica de navegação é mais rápida e preferida pela maior parte dos utilizadores envolvidos nos testes realizados. Adicionalmente, foi reconhecida a importância e a utilidade da técnica do Halo, embora tenha sido detectada uma limitação, mais uma vez, relacionada com o número de pontos de interesse no ambiente, que leva à criação de demasiados *proxies*, potencialmente sobrepostos uns aos outros originando uma visualização confusa e sujeita a erros.

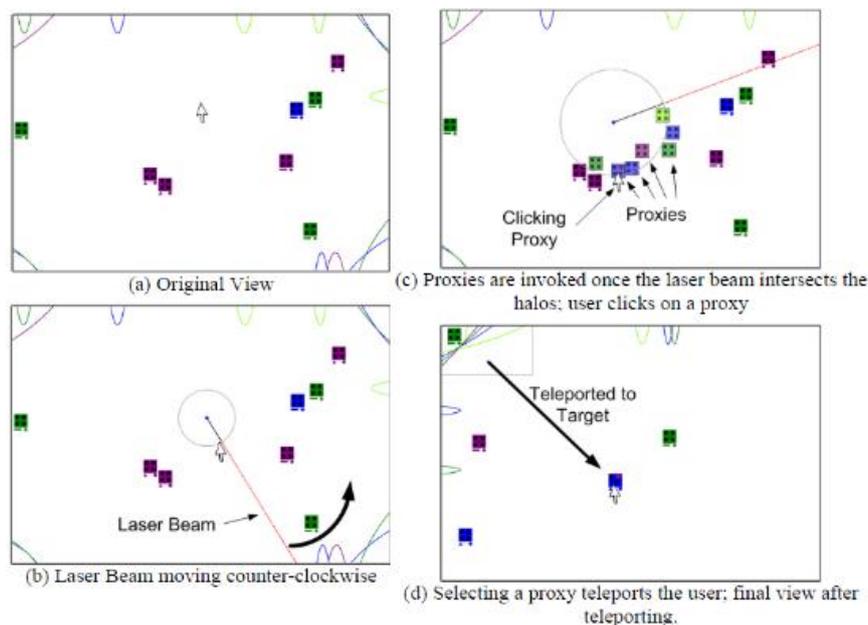


Figura 2.14 Utilização da técnica de Hopping [Irani06].

2.4.3 Halo, Scaled Arrows e Stretched Arrows

Burigat *et al.* compararam a utilização de interfaces que usam o Halo com interfaces que utilizam as técnicas Scaled e Scaled Arrows [Burigat06]. Para isso, consideraram as tarefas do estudo do Halo [Baudisch03] (*Locate* e *Traverse*, denominada de *Order* neste estudo) e adicionou uma nova para determinar o par de pontos de interesse mais próximo um do outro (*Estimate*).

De acordo com os resultados obtidos, em tarefas de localização de objectos fora do ecrã (*Locate*), o Halo foi o que apresentou melhores resultados. Contudo, nas tarefas para estimar os pontos mais próximos uns dos outros (*Estimate*), o Halo e as Scaled Arrows obtiveram resultados mais favoráveis. Globalmente, a utilização de setas permitiu aos utilizadores ordenar os objectos fora do ecrã de acordo com a sua distância mais rapidamente e com maior precisão, enquanto a utilização do Halo permitiu aos

utilizadores identificarem mais correctamente a localização dos objectos fora do ecrã. Concluiu-se que, de um modo geral, a técnica de Scaled Arrows obteve melhores resultados em relação à técnica de Stretched Arrows.

Henze *e tal.* propuseram uma experiência com testes de usabilidade em larga escala, através da disponibilização de uma aplicação de testes gratuita no Android Market [Henze10a]. No final do trabalho, apresentaram os resultados de um estudo comparativo feito com as técnicas de Halo, Scaled Arrows e Stretched Arrows [Henze10b]. Contudo, as técnicas de setas utilizadas tinham uma representação da distância directamente proporcional ao seu tamanho e comprimento, ou seja, quanto maior ou mais comprida for a seta, mais distante está o objecto que representa, portanto, diferente do que foi originalmente proposto [Burigat06]. O estudo consistiu num jogo em que o utilizador tinha de encontrar vários objectos, para somar a maior pontuação possível num determinado intervalo de tempo. Os vários objectos estavam divididos por cores, cada uma correspondendo a uma pontuação. Em cada nível, o ecrã possui uma das 3 técnicas referidas, com 10, 20 ou 30 objectos distribuídos pela área de jogo.

De acordo com os resultados, a técnica do Halo foi a que obteve melhores resultados com menos pontos de interesse. No entanto, a técnica de Scaled Arrows obteve melhores resultados com mais pontos de interesse, sendo essa diferença de resultados mais significativa. Porém, foi admitido que o elevado número de resultados obtidos, através da utilização de um jogo disponível na Internet, pode ter influenciado a precisão dos resultados. Há que notar que, neste estudo, para além da utilização de setas com uma representação da distância diferente, houve a utilização da representação da pontuação/valor dos objectos da área de trabalho. A pontuação de cada objecto pode ser associada à sua relevância, sendo que os objectos com maior pontuação seriam considerados como objectos mais relevantes. Contudo, os autores não referem esse aspecto neste trabalho.

2.4.4 EdgeRadar e Halo

O EdgeRadar foi testado e comparado com o Halo num estudo que permitiu concluir que na primeira técnica os utilizadores conseguiam descobrir objectos fora do ecrã em movimento mais rapidamente e com menor número de erros do que na técnica do Halo [Gustafson07]. Contudo, o Halo foi preferido por alguns utilizadores quando o número de objectos fora do ecrã não era suficientemente grande para perturbar a visualização.

2.4.5 Wedge e Halo

Para validar a técnica de Wedge foi efectuada uma comparação com a técnica do Halo [Gustafson08a], utilizando 3 das 4 tarefas propostas na comparação do Halo em relação à técnica de Setas [Baudisch03], *Locate*, *Avoid* e *Closest*. De um modo geral, a utilização da técnica de Wedge apresentou melhores resultados em relação ao Halo em termos de precisão. O autor justifica os resultados obtidos, não só pela forma como as pernas da Wedge apontam para a localização do objecto fora do ecrã, como também, pela inexistência de sobreposições de Wedges, que permitiu aos utilizadores separar e analisar cada Wedge. No entanto, concluiu-se que as técnicas são equivalentes na representação da distância de objectos fora do ecrã.

2.4.6 Scene from top, Mini-Map e 3D Arrows

Schinke *et al.* apresentaram um estudo comparativo de 3 técnicas de visualização *off-screen* em realidade aumentada, Scene from top, Mini-Map e Setas 3D [Schinke10]. Neste trabalho foi pedido aos utilizadores para procurar os pontos de interesse em seu redor e para memorizar a localização de pontos a partir das informações dadas pelas técnicas, tendo de identificar esses pontos no mundo. De acordo com os resultados, concluiu-se que a técnica de setas 3D é a que permite aos utilizadores estimar melhor a posição de objectos fora do ecrã em comparação com as duas técnicas restantes.

2.4.7 Wedge, Scaled Arrows e Mini-Map

Burigat *et al.* realizaram um teste comparativo entre várias técnicas de visualização *off-screen*, nomeadamente, a técnica de Wedge, a técnica de Scaled Arrows e a técnica de Mini-Map, chamada neste estudo de Overview+Detail [Burigat11]. À semelhança do estudo anterior de Burigat [Burigat06], foram consideradas as mesmas tarefas, *Locate*, *Estimate* (neste estudo chamada de *Cluster*), *Closest* e *Order*.

De acordo com os resultados obtidos, na tarefa de proximidade (*Closest*) não houve diferenças significativas. Na tarefa de ordenação (*Order*) a técnica de Mini-Map/Overview+Detail foi a que obteve os resultados mais lentos, mas foi a que obteve melhores resultados na tarefa de estimativa (*Cluster/Estimate*). Finalmente, na tarefa de localização (*Locate*) a técnica de Scaled Arrows foi a que obteve piores resultados nos cenários com mais pontos de interesse, devido à sobreposição de setas. Concluiu-se que a técnica de Mini-Map é mais útil que as restantes técnicas quando é necessária a configuração espacial dos objectos fora do ecrã. Contudo, a técnica de Wedge apresenta resultados mais eficazes quando o factor mais importante em análise é

a distância. Finalmente, a técnica de Scaled Arrows apresenta problemas de usabilidade quando há sobreposição de simbologia. Apesar destas diferenças, todas as técnicas foram consideradas eficientes na representação de objectos fora do ecrã.

2.4.8 Comparação de Técnicas de Visualização *Off-screen*

Gustafson elaborou um estudo comparativo de diversas técnicas de visualização *off-screen*. Para tal, considerou 7 atributos determinantes para avaliar a qualidade e a utilidade de técnicas de visualização *off-screen* [Gustafson08b]:

- Não obstrução (*unobtrusiveness*): consiste em evitar uma intrusão demasiado elevada no ecrã, pois, se é importante saber o que está fora do ecrã, tão importante é saber o que está na área visível;
- Capacidade de Posicionamento (*positioning ability*): consiste em obter a precisão na determinação da posição do objecto fora do ecrã;
- Capacidade de classificação/distinção (*ranking ability*): consiste na capacidade de distinguir quais os objectos fora do ecrã estão mais distantes que outros;
- Escalabilidade (*scalability*): consiste capacidade de ordenar os objectos fora do ecrã de acordo com uma determinada escala, normalmente relacionada com a distância;
- Propagação Homogénea (*Even spread*): consiste em garantir que a representação dos objectos fora do ecrã é ortogonal ao ecrã;
- Distinção (*distinctness*): consiste em garantir que os componentes gráficos da técnica de visualização de objectos fora do ecrã não se sobrepõem uns aos outros e, se tal acontecer, que sejam distintos uns dos outros;
- Continuidade (*continuity*): consiste em garantir que a transição de um objecto fora do ecrã para dentro da área visível seja fluida, de modo a que o utilizador não perca a noção de localização quando o ponto passa a estar visível no ecrã.

A Tabela 2.1 lista os resultados obtidos neste estudo. Cada atributo foi subjectivamente pontuado por Gustafson numa escala de 0 a 4 marcas. Nesta classificação, 0 marcas significa que a técnica é completamente inadequada; uma marca significa que a técnica tem alguns atributos que suportam a característica, mas de forma ineficaz; duas marcas significam que tem um suporte adequado para essa característica; 3 significam um suporte muito bom e, finalmente, 4 significam que a técnica é excepcional nesse aspecto.

	unobtrusive	positioning	ranking	scalable
<i>Overview+detail</i>	✓	✓✓	✓✓	✓✓✓
<i>Distortion</i>	✓	✓	✓✓	✓✓
<i>Simple Arrows</i>	✓✓✓	N/A	N/A	✓✓✓
<i>Scaled Arrows</i>	✓✓✓	✓	✓✓✓	✓✓✓
<i>City Lights</i>	✓✓✓✓	N/A	✓	✓✓
<i>EdgeRadar</i>	✓✓✓	✓	✓✓	✓✓✓
<i>Halo</i>	✓✓✓	✓✓	✓✓	✓
	spread	distinct	continuity	
<i>Overview+detail</i>	✓✓✓	✓✓✓	✓	
<i>Distortion</i>	✓✓	✓✓✓	✓✓✓	
<i>Simple Arrows</i>	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	
<i>Scaled Arrows</i>	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	
<i>City Lights</i>	✓	✓	✓✓✓	
<i>EdgeRadar</i>	✓	✓✓✓	✓✓✓	
<i>Halo</i>	✓	✓✓	✓✓✓	

Tabela 2.1 Desempenho das várias técnicas de acordo com atributo [Gustafson08b].

A análise desta tabela permite concluir que as diferentes técnicas apresentam deficiências em algumas das características estudadas para a representação de objectos fora da área visível. Além disso, a representação da relevância não foi estudada.

2.5 Sumário e Discussão

Neste capítulo foram apresentadas as técnicas, estudos e trabalhos mais representativos da área da representação da relevância e da representação de objectos fora do ecrã (visualização *off-screen*). A Tabela 2.2 compara as diversas técnicas de visualização *off-screen* segundo os seguintes requisitos considerados fundamentais no contexto deste trabalho: direcção, distância e relevância. Para cada um destes requisitos é indicado se a técnica o suporta e colocado um pequeno comentário sobre como é realizada a concretização do atributo em análise.

O requisito **direcção** consiste, neste trabalho, em verificar se através dos símbolos utilizados para representar os objectos fora do ecrã, é possível obter informação de forma precisa da direcção que deve ser considerada para encontrar os objectos.

O requisito **distância** consiste em verificar se, através das representações usadas, é possível estimar a distância a que um objecto está da área visível no ecrã. A principal vantagem da verificação deste requisito é a possibilidade de comparar a distância a que os vários objectos fora do ecrã se encontram. Desta forma, é possível auxiliar o utilizador em operações de análise e navegação, nomeadamente, explorar o ponto que lhe está mais próximo ou ordenar os pontos por ordem de distância. Importa também realçar que a distância aos objectos deve ser considerada na determinação da relevância dos mesmos [Reichenbacher07].

Finalmente, o requisito **relevância** consiste em verificar que é possível obter informação relativamente à relevância de um objecto fora do ecrã, de acordo com o contexto de utilização do mapa. À semelhança das técnicas de visualização de objectos na área visível com representação da relevância, a sua representação em técnicas de visualização *off-screen* permitirá uma interacção mais simples e rápida para as tarefas de pesquisa de pontos de interesse com maior relevância.

Técnica	Direcção	Distância	Relevância
Setas	Sim: ponta da seta.	Parcialmente: transparência, cores ou informação textual.	Não
City Lights	Parcialmente: posição do rectângulo.	Parcialmente: transparência, cores ou informação textual.	Não
Halo	Sim: posição.	Sim: posição, tamanho e transparência.	Não.
Scaled Arrows	Sim: ponta da seta.	Parcialmente: mapeamento do tamanho da seta.	Não
Stretched Arrows	Sim: ponta da seta.	Parcialmente: mapeamento do comprimento da seta.	Não.
EdgeRadar	Indirectamente: localização da representação do ponto.	Parcialmente: mapeamento da distância da representação do ponto.	Não.
Wedge	Sim: forma da Wedge.	Sim: tamanho das pernas.	Não.
3D arrows	Sim: ponta da seta.	Parcialmente: cor, informação numérica ou comprimento da seta.	Não.
Scene from top	Indirectamente: localização da representação do ponto.	Parcialmente: mapeamento da distância da representação do ponto.	Não.
Mini-Map	Indirectamente: localização da representação do ponto.	Parcialmente: mapeamento da distância da representação do ponto.	Não.

Tabela 2.2 Comparação das várias técnicas de acordo com os requisitos considerados fundamentais.

Da análise da Tabela 2.2 constata-se que embora o conjunto de técnicas analisadas seja diversificado, o conjunto de requisitos não se verifica na totalidade em qualquer uma delas, ainda que algumas satisfaçam pelo menos um deles. Assim, é possível retirar as seguintes conclusões:

- **Direcção:** Todas as técnicas apresentadas possuem, de alguma forma, atributos que fornecem informação relativamente à direcção do objecto, sendo as técnicas de setas, Halo e Wedge mais eficazes para cumprir tal objectivo. No entanto, esta característica pode ser optimizada em técnicas, como o Halo, tal como é proposto no Capítulo 3;
- **Distância:** Poucas técnicas fornecem informação adequada sobre a distância aos objectos localizados fora do ecrã. As técnicas Scaled Arrows, Stretched Arrows, Halo e Wedge são as que melhor cumprem este requisito pois, através da própria forma e/ou dimensão da representação utilizada, permitem uma análise e mapeamento mais eficazes, por parte do utilizador. Entre estas 4, o Halo e o Wedge são provavelmente as melhores técnicas, uma vez que através da posição do elemento gráfico utilizado, permitem uma melhor estimativa da localização do objecto fora do ecrã, o que auxilia também na análise da distância. Apesar de existirem limitações na representação da distância, este atributo não é o foco deste trabalho, tendo sido estudado para suportar a análise da relevância;
- **Relevância:** Nenhuma técnica avaliada possui qualquer tipo de atributo para a representação da relevância dos objectos fora do ecrã. Originalmente, na sua apresentação, o Halo, as Scaled e Stretched Arrows não têm a representação da relevância. Contudo, se a pontuação dada aos objectos do jogo apresentado por Henze *et al.* [Henze10b] for usada para esse fim, existe uma representação, indirecta, da relevância nestas técnicas. Contudo, trata-se apenas de uma análise realizada no contexto deste projecto, já que o próprio estudo não apresenta qualquer referência ao conceito de relevância, nem é dada nenhuma sugestão que tal tenha sido pensado nesse contexto.

Como referido anteriormente, o objectivo deste trabalho é explorar representações da relevância de objectos fora da área visível no ecrã de dispositivos móveis. Por este motivo, há a necessidade de conceber uma técnica ou melhorar as já existentes para que englobem a representação da relevância. Por simplicidade, optou-se por iniciar este

estudo com a técnica de visualização do Halo. Os próximos capítulos descrevem as diferentes etapas realizadas para atingir esse objectivo.

No Capítulo 3 são descritas as fases de concepção da técnica do HaloDot, uma variante da técnica do Halo que representa a localização de objectos fora do ecrã, tendo em consideração a sua relevância, lidando ainda com o problema da sobreposição e optimização da noção de direcção. Esta fase do projecto envolveu a recolha dos vários requisitos, não só para a representação da relevância, mas também para a optimização do Halo original. Posteriormente, procedeu-se à fase de criação de protótipos, que implementam as várias alterações à técnica do Halo e as opções de desenho que se pretendem avaliar. Finalmente, através da realização de testes de usabilidade, foram validadas as diversas alternativas de desenho e efectuadas as correcções e refinamento dos aspectos de representação assinalados pelos utilizadores.

No Capítulo 4, é descrito o estudo comparativo realizado entre o HaloDot e outras duas técnicas de visualização *off-screen* com adaptações para a representação da relevância, a técnica de Scaled Arrows e Mini-Map.

Capítulo 3

Desenho e Validação da Técnica HaloDot

Este capítulo descreve a concepção e avaliação da técnica do HaloDot, cujo objectivo é representar a relevância de objectos localizados fora da área visível no ecrã. Nas próximas secções são descritas as várias etapas, desde as fases de análise de requisitos até à avaliação das diversas opções de desenho propostas.

3.1 Análise e Desenho do HaloDot

Para resolver o problema da representação da relevância em técnicas de visualização *off-screen*, começou-se por analisar as técnicas já existentes. Após comparadas as várias técnicas, foi escolhida a técnica do Halo para iniciar este estudo pelas seguintes razões:

- em comparação com as outras técnicas, tem uma das representações mais simples, uma circunferência;
- juntamente com a técnica de Wedge é a que apresenta melhor a informação relativamente aos conceitos de distância e direcção;
- apesar do problema de sobreposição existente na técnica do Halo, as técnicas de Setas, Scaled e Stretched Arrows apresentam o mesmo problema;
- no momento em que este projecto teve início, ainda não era conhecido nenhum estudo particularmente relevante sobre a indicação de uma técnica que apresentasse características mais vantajosas em relação à técnica do Halo, ou seja, ainda não eram conhecidos os estudos de Henze *et al.* [Henze10b] nem de Burigat *et al.* [Burigat11].

Apesar das diversas vantagens apresentadas pelo Halo e de acordo com as suas limitações, já apresentadas no Capítulo 2, foi necessário estudar as modificações a efectuar para que esta técnica representasse a relevância dos objectos fora do ecrã. Adicionalmente, decidiu-se melhorar algumas das limitações encontradas, tal como a

representação da direcção. Para tal, concebeu-se a técnica do HaloDot, uma variante do Halo, que representa objectos fora do ecrã tendo em consideração a relevância dos mesmos e, ainda, dando informação adicional sobre a direcção ao objecto e lidando com o problema da sobreposição de Halos.

Nas próximas secções, para cada problema já identificado, são descritas as soluções propostas aplicadas à técnica do Halo.

3.1.1 HaloDot: Optimização da Representação da Direcção

Como já referido, o Halo é uma técnica que consiste em desenhar uma circunferência com centro no ponto de interesse fora do ecrã, com raio suficientemente grande para que seja visível nas margens do ecrã, ou seja, o espaço visível. A partir da porção visível do arco, o utilizador pode inferir a localização do ponto de interesse (Figura 3.1 (a)). Apesar de o arco já fornecer informação relativamente à distância e à direcção de onde o ponto de interesse se encontra, estudos anteriores concluíram que, apesar de a utilização do Halo tornar a interacção mais rápida, esta é pouco precisa, em comparação com outras técnicas, como as setas [Baudisch03, Burigat06].

Por esse motivo, concebeu-se o HaloDot, de modo a otimizar algumas características da técnica do Halo. Uma vez que a representação de distância já é dada pelo tamanho do arco e pela transparência, decidiu-se otimizar a representação da direcção, fornecida na técnica do Halo pela posição do arco. Para isso, foi proposta uma solução baseada no desenho de um ponto no arco, que consiste no ponto de intersecção entre o arco do Halo e a *intrusion border* (Figura 3.1 (b)). Deste modo, é fornecida uma informação adicional relativa à direcção, uma vez que o utilizador, com o auxílio deste ponto, pode inferir o raio da circunferência e conseqüentemente o centro do arco. Desta forma, o utilizador pode mover o mapa na direcção do ponto de interesse fora do ecrã.

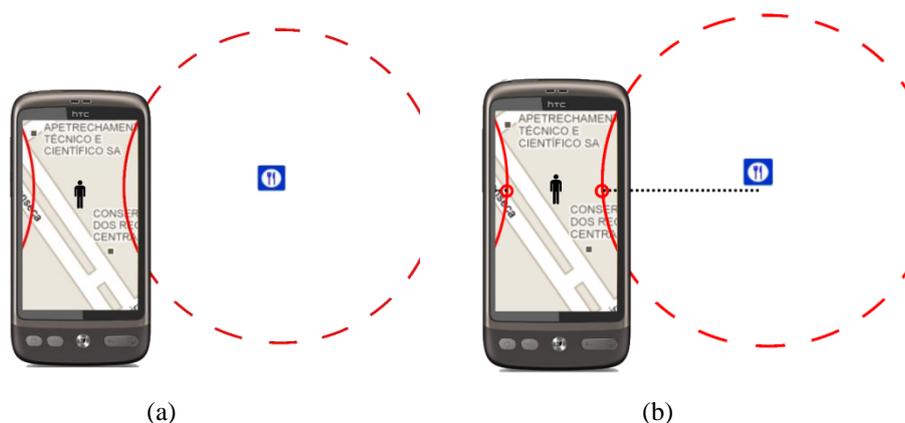


Figura 3.1 Transição da técnica de (a) Halo para (b) HaloDot.

3.1.2 HaloDot: Representação da Relevância

Considere-se o cenário apresentado no capítulo Introdução: o utilizador, localizado na zona representada pelo centro da Figura 3.2 (a), pretende encontrar restaurantes, preferencialmente italianos. Suponha-se que os resultados da sua pesquisa são os restaurantes 1, italiano, e 2, japonês, situados fora do ecrã. Apesar de estarem à mesma distância, o restaurante 1 é mais relevante que o restaurante 2, uma vez que é italiano, satisfazendo melhor as preferências do utilizador. Como é possível ver na Figura 3.2 (a), a técnica do Halo não permite distinguir qual dos objectos é mais relevante.

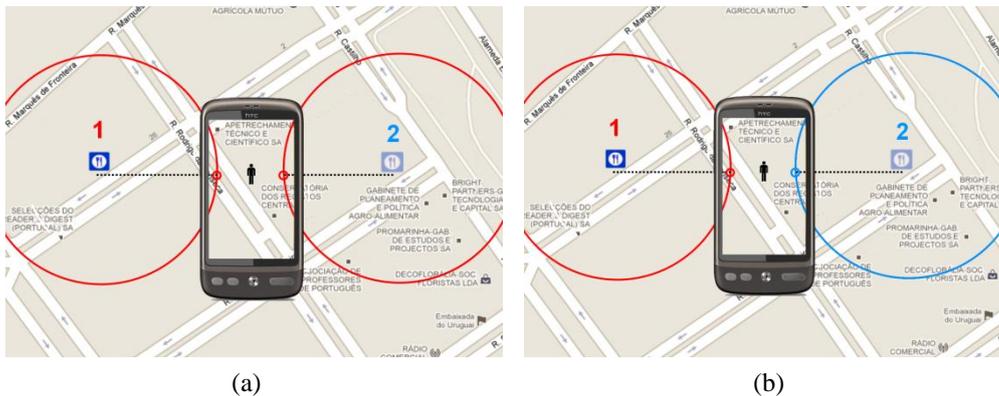


Figura 3.2 Técnica do HaloDot. (a) Sem representação da relevância. (b) Com representação da relevância através da utilização da cor.

De forma a representar a relevância na técnica do HaloDot, foram analisados diversos atributos:

- Tamanho do arco;
- Cor do arco;
- Espessura do arco;
- Transparência do arco;
- Tamanho do ponto;
- Cor do ponto;
- Espessura do ponto;
- Transparência do ponto;
- Forma do ponto.

Decidiu-se não separar os atributos do ponto do HaloDot dos atributos do seu arco. Por exemplo, se o arco e o ponto tivessem cores diferentes, independentemente do significado de cada uma, poderia tornar a interacção confusa e levar o utilizador a

cometer erros. Por este motivo, foi realizada a junção entre os atributos do ponto e os atributos do arco considerados semelhantes. Por exemplo, os atributos cor do arco e cor do ponto são considerados semelhantes, e por isso passam a ser definidos com um único atributo, cor do HaloDot. Esta junção permitiu a redução do número de atributos para os seguintes:

- Tamanho do HaloDot;
- Cor do HaloDot;
- Espessura do HaloDot;
- Transparência do HaloDot;
- Forma do ponto.

O atributo tamanho do arco e o atributo transparência não foram considerados como alternativa de desenho uma vez que já são utilizados na representação da distância.

O atributo espessura também não foi considerado, uma vez que, de acordo com as experiências efectuadas, se revelou ser muito intrusivo. A técnica do Halo já é considerada intrusiva e no caso de se utilizar a espessura do HaloDot haveria a possibilidade de desenhar HaloDots que cobrissem ainda mais o espaço do ecrã.

A forma do ponto também não foi considerada porque, embora visível, o ponto é um elemento gráfico de pequenas dimensões. Deste modo, pontos com formas diferentes podem ser confusos e imperceptíveis para o utilizador.

Com base nos estudos referidos na secção 2.1 sobre a utilização da cor para a representação de vários significados [Silva11] e a capacidade deste atributo em despertar a atenção dos utilizadores [Wolfe04], decidiu-se utilizar a cor para representar a relevância dos vários objectos fora do ecrã. Utilizando uma analogia de "quente-frio", foi optado representar os pontos mais relevantes com HaloDots vermelhos (cor quente), os pontos menos relevantes com HaloDots azuis (cor fria) e os pontos com uma relevância intermédia com HaloDots roxos (cor tépida), uma vez que esta cor se situa aproximadamente entre o vermelho e o azul na escala RGB (Red, Green, Blue). Na medida em que os seres humanos têm uma percepção métrica reduzida relativamente à variação de cores, simplificou-se esta representação para apenas 3 cores [Mackinlay86]. Assim, e de acordo com os valores de relevância dos pontos de interesse serão desenhados HaloDots de cores diferentes.

A Figura 3.2 (b) mostra a utilização desta representação aplicada no cenário previamente descrito. O objecto mais relevante é representado com um HaloDot vermelho, enquanto o menos relevante é representado com um HaloDot azul.

Contudo, a solução da representação da relevância através da cor apresentou um problema secundário. Em testes informais realizados com utilizadores, concluiu-se que a visibilidade dos objectos mais relevantes poderia ficar comprometida quando comparada com outros menos relevantes.

No cenário anterior, suponha-se que o restaurante mais relevante, o italiano, está mais longe do utilizador que o restaurante menos relevante, o japonês. O Halo original utiliza a transparência para representar a distância, originando Halos mais transparentes para objectos mais distantes. Aplicando esta característica ao cenário anterior, concluiu-se que o objecto mais relevante fica com um HaloDot mais transparente, isto é, menos visível que o objecto menos relevante (Figura 3.3 (a)).

Assumindo que um objecto é tanto mais relevante quanto mais visível [Reichenbacher07] e se a transparência do Halo/HaloDot estiver apenas associada à noção de distância, pode induzir o utilizador em erro. De facto, o objecto menos relevante teria um arco mais visível, podendo levar o utilizador a escolher o objecto errado. Para evitar esta situação, decidiu-se associar a transparência também à relevância, considerando um nível máximo e mínimo de transparência, de acordo com a relevância (cor) do objecto. Deste modo, um objecto mais relevante será sempre mais visível que um objecto menos relevante, independentemente da sua distância (Figura 3.3 (b)).

Considerando que o valor da transparência varia entre 0 (invisível) e 255 (visível), a Tabela 3.1 apresenta a distribuição dos intervalos de transparência e da cor, tendo em conta a designação da relevância dos pontos de interesse.

Relevância	Cor	Transparência
Elevada	Vermelho	[190,255]
Intermédia	Roxo	[64, 189]
Baixa	Azul	[0,63]

Tabela 3.1 Distribuição da cor e transparência de acordo com a relevância dos pontos de interesse

A Figura 3.4 mostra em detalhe a utilização da transparência juntamente com a cor. Para a representação da relevância existem 3 cores e estas podem ter vários níveis de transparência, consoante a distância ao objecto representado. Contudo, os níveis de transparência mínimos de cada cor serão sempre maiores que os níveis de transparência máximos do objecto com uma cor diferente e que represente uma menor relevância.

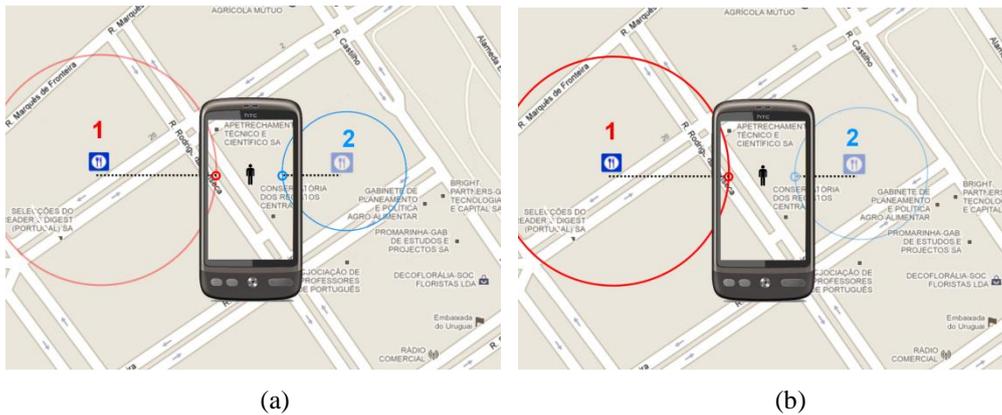


Figura 3.3 Técnica do HaloDot com representação da relevância. (a) Com transparência original do HaloDot. (b) Com transparência associada à distância e relevância.



Figura 3.4 Cor e Transparência usadas para exprimir a relevância dos objectos.

3.1.3 HaloDot: Redução da Sobreposição

Uma das principais limitações da técnica do Halo é a sobreposição de arcos que cria visualizações confusas. Este problema é particularmente relevante na representação dos objectos fora do ecrã situados nos cantos. Embora, no HaloDot, este problema seja minimizado com a representação do ponto de intersecção e com a utilização de cores, quando o número de objectos fora do ecrã é elevado, a visualização obtida permanece confusa.

A resolução deste problema implica a redução do número de HaloDots no ecrã. Como referido anteriormente, ocorre um problema semelhante quando existem vários pontos de interesse próximos entre si, havendo o risco de os ícones que representam esses pontos se sobreporem e, à semelhança do Halo, tornarem a visualização da informação desses pontos difícil. Baseado nos trabalhos apresentados anteriormente sobre sobreposição de simbologia em dispositivos móveis [Pombinho08, Pombinho09],

foi considerada a utilização de um algoritmo de agregação para a resolução do problema de sobreposição dos arcos dos vários HaloDots. Desta forma, um HaloDot passará a representar uma área com um ou mais pontos de interesse.

Algoritmo de Agregação

O algoritmo de agregação utilizado considera a existência de uma grelha hipotética, que se sobrepõe ao mapa, baseada em coordenadas do mundo, ou seja, a grelha move-se de acordo com os movimentos do mapa. Esta grelha vai dividir o mapa em várias células (Figura 3.5). Se mais do que um ponto de interesse estiver contido numa célula, apenas um HaloDot vai ser desenhado, para todos esses pontos. Isto significa que, no pior dos casos, serão desenhados tantos HaloDots quantas células.

Para definir a grelha consideram-se 2 pontos que correspondem às coordenadas dos extremos opostos do rectângulo que delimita o espaço de resultados, isto é, a área no mapa onde se encontram os pontos de interesse. Adicionalmente, considera-se também um valor correspondente ao tamanho das células. Este atributo é configurável de modo a testar qual o tamanho adequado para evitar sobreposições (detalhado na secção 3.2). Para cada ponto de interesse, verifica-se se o ponto está dentro ou fora do ecrã. Se estiver fora, e de acordo com os valores acima considerados, são calculadas as coordenadas da célula a que esse ponto pertence e é verificado se existe uma referência para a célula encontrada. Uma referência consiste numa estrutura de dados representativa da existência de uma célula com pontos de interesse. Se existir uma referência, a informação desse ponto é adicionada ao registo da célula, caso contrário, cria-se uma referência para a célula encontrada e adiciona-se a informação do ponto de interesse actual. No final desta etapa existirá uma referência por cada HaloDot a ser desenhado no ecrã com as informações necessárias para o seu desenho, nomeadamente, coordenada do centro do HaloDot, relevância do HaloDot e número de pontos de interesse representados.



Figura 3.5 Grelha hipotética sobre o mapa.

Contudo, a utilização deste algoritmo de agregação do HaloDot levanta dois problemas adicionais. Por um lado, é importante definir quais os atributos a utilizar para a representação da relevância de um HaloDot agregado. Por outro, é necessário determinar qual o ponto de interesse a ser utilizado como centro do HaloDot agregado.

Relevância do HaloDot Agregado

Para o primeiro problema foram identificadas duas possíveis soluções: o HaloDot representar a relevância do ponto mais relevante, ou representar a relevância média de todos os pontos de interesse. Foi escolhida a primeira opção, uma vez que, para o objectivo em causa, a procura de pontos mais relevantes, é a que fornece informação mais útil e precisa ao utilizador. A segunda opção poderia induzir o utilizador em erro, pois se um ponto de interesse com relevância elevada estivesse rodeado por pontos com uma relevância baixa ou quase nula, corresponderia a uma representação da relevância média muito baixa.

Representação do Centro do HaloDot

Para o problema da escolha do ponto de interesse a ser utilizado como centro do HaloDot agregado foram também identificadas duas possíveis soluções: o centro do HaloDot representar o ponto de interesse mais relevante da agregação ou representar o ponto médio de todos os pontos. Na primeira solução, o utilizador é conduzido para o ponto mais relevante, ou seja, o ponto com maiores probabilidades de satisfazer a sua pesquisa. A segunda opção é provavelmente mais intuitiva, na medida em que quando os pontos se tornam visíveis, a mudança do centro do HaloDot não ocorre de forma tão brusca.

Apesar de terem sido realizadas experiências informais com utilizadores, não foi possível decidir entre nenhuma destas opções. Por esse motivo, optou-se por avaliar este aspecto nos testes de usabilidade descritos na secção 3.3.

Agregação das Células dos Cantos

Apesar de a agregação do HaloDot reduzir o número de arcos a serem desenhados no ecrã, a existência de HaloDots nos cantos do ecrã, quando o seu número é elevado, continuou a provocar um problema na visualização e interacção. Por isso, à semelhança do que é considerado na técnica do EdgeRadar, em que os cantos representam áreas fora do ecrã maiores que as áreas das margens, foi decidido agregar todos os HaloDots que se situem nos cantos do ecrã. Consequentemente, isto implica que existirão células maiores nos cantos do que aquelas que estão ordenadas ortogonalmente em relação às margens do ecrã, uma vez que os arcos situados nos cantos do ecrã representam uma área geográfica maior (Figura 3.6). Por outro lado, isto implica também, que no máximo

será desenhado apenas um HaloDot por cada canto do ecrã. Embora o número de agregações se altere, quando o mapa é arrastado e os cantos representam áreas maiores do que as margens, o número de HaloDots no ecrã é bastante reduzido, em comparação com uma situação sem agregação, diminuindo bastante a sobreposição e otimizando a interação.



Figura 3.6 Representação da grelha com agregação dos cantos numa só célula para agregação de HaloDots.

Representação do Número de Pontos de Interesse

Uma vez que um HaloDot pode representar um ou vários pontos de interesse, surge a necessidade de disponibilizar informação adequada relativamente ao número de pontos de interesse representados por um HaloDot. De facto, é importante que o utilizador seja capaz de distinguir quando um elemento gráfico representa um ou mais pontos de interesse [Pombinho08]. Este tipo de informação poderá auxiliar o utilizador a tomar uma decisão enquanto realiza a sua pesquisa de pontos de interesse.

Para resolver este problema foram consideradas duas opções de desenho. Na primeira considerou-se a alteração da espessura do arco do HaloDot e/ou do ponto de intersecção do HaloDot consoante o número de pontos de interesse representados, ou seja, quanto maior o número de pontos de interesse mais espesso seria o HaloDot. Contudo, esta solução, pelas mesmas razões pelas quais este atributo foi excluído para a representação da relevância, provou ser bastante intrusiva e ineficiente.

Na segunda solução, adicionou-se uma representação textual, próxima do ponto de intersecção do HaloDot, que mostra o número de pontos de interesse representados por este. Esta informação tem a mesma cor/transparência que o arco do HaloDot com um tamanho que facilita a legibilidade, mas suficientemente pequeno para que não seja demasiado intrusivo. Após algumas experiências, optou-se por utilizar o tamanho de texto 15 para um dispositivo móvel de resolução 480x800 píxeis. O tamanho utilizado está dependente da resolução do dispositivo móvel utilizado.

Foi decidido optar pela segunda solução porque, através de experiências informais elaborados, revelou ser a opção menos intrusiva e de mais fácil compreensão.

Adicionalmente, foi colocada a possibilidade de não introduzir a informação numérica quando existisse apenas um ponto de interesse. Esta opção foi proposta com o intuito de reduzir a intrusão que os números podem causar e apoiada no facto de que por definição, um HaloDot implica a existência de, pelo menos, um ponto de interesse. Não tendo sido possível chegar a nenhuma conclusão sobre a utilidade desta proposta nos testes informais, foi decidido avaliar esta opção nos testes de usabilidade, apresentados na secção 3.3.

Sobreposição da Informação Textual

Apesar da existência da informação textual facilitar a identificação dos vários HaloDots, existe o risco da sobreposição da informação numérica. De facto, se dois ou mais HaloDots tiverem centros cujas coordenadas têm valores de latitude ou longitude próximos, os pontos de intersecção poder-se-ão sobrepor e, conseqüentemente, o mesmo pode acontecer com a informação numérica. Isto tornará a leitura dos números, confusa, se não mesmo, impossível.

Para resolver este problema, foi considerada a opção de afastamento dos números quando houvesse colisões. Contudo, esta solução revelou-se confusa para o utilizador através de testes informais. De facto, se os pontos não estão todos à mesma distância, ou a uma distância semelhante do HaloDot a que correspondem é complicado identificar a que HaloDot pertence o número.

A segunda opção de desenho envolve a agregação dos HaloDots cujas informações textuais colidiram. Nesta opção de desenho foram ainda consideradas duas formas distintas. A primeira, é baseada na proximidade do ponto de intersecção entre dois HaloDots e envolve a sua agregação caso exista a sobreposição dos números e/ou dos pontos de intersecção. A segunda consiste em agregar todos os HaloDots que estejam na mesma faixa, ou seja, HaloDots que estejam em células alinhadas ortogonalmente ou na mesma direcção, em relação às margens do ecrã (Figura 3.7). Por uma simplificação de linguagem, ao longo deste documento, este tipo de agregação será denominado de agregação por faixas. Embora a primeira solução seja mais precisa, mesmo que isso signifique um maior número de HaloDots, a segunda solução permite uma maior redução do número de HaloDots no ecrã.

À semelhança do problema do centro do HaloDot e apesar da realização de experiências informais, não foi possível definir qual a melhor opção. Por isso, optou-se também por analisar qual a melhor solução para este problema nos testes de usabilidade.



Figura 3.7 Representação da grelha para a agregação de HaloDots com o método de agregação por faixas.

A Figura 3.8 mostra a utilização da técnica do Halo e a do HaloDot com todas as opções de desenho previamente descritas (direcção, cor, agregação, utilização da informação numérica) com 100 de pontos de interesse no mapa, no mesmo local de visualização.

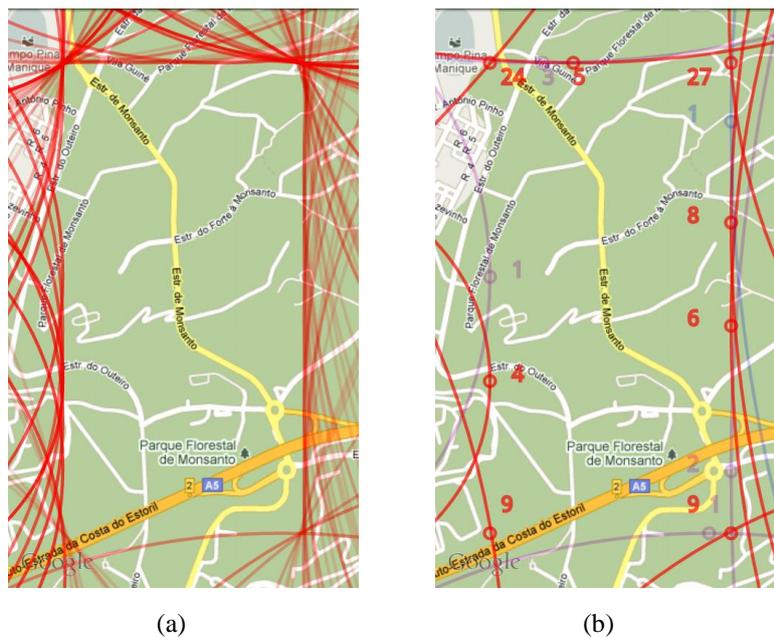


Figura 3.8 Utilização da técnica do Halo e do HaloDot com as várias opções de desenho (a) Halo. (b) HaloDot.

3.2 Construção de Protótipos

Para a implementação desta nova técnica de visualização *off-screen* foram construídos vários protótipos de forma a avaliar todas as opções de desenho propostas.

Numa primeira fase foram criados, aproximadamente, 18 protótipos, ao longo das várias fases de desenvolvimento da técnica do HaloDot, de forma a testar as diversas opções identificadas para a sua representação. Contudo, apenas alguns deles foram

considerados para os testes de usabilidade com utilizadores, na medida em que determinadas opções de desenho foram tomadas através de experiências informais.

Estes protótipos foram construídos na plataforma de código aberto Android SDK 2.2 [Android SDK], para serem utilizados num HTC Desire, com Sistema Operativo Android 2.2, com um processador de 1GHz, uma resolução de 480x800 e um ecrã de 3.7 polegadas. Os protótipos utilizavam o ecrã em toda a sua dimensão e o Google Maps [Google Maps]. Sobre o Google Maps foram desenhados os vários pontos de interesse, assim como as representações gráficas das técnicas de Halo e HaloDot. Os protótipos permitem operações de arrastamento, mudança de escala e obtenção de informação relativamente aos pontos de interesse disponibilizados no mapa, através do toque na representação gráfica do ponto de interesse.

Os protótipos foram construídos de modo a que a configuração de determinados parâmetros fosse simples, de forma a facilitar a configuração dos testes de usabilidade. Os principais parâmetros de configuração disponíveis são:

- **Ficheiro XML:** Ficheiro que contém os vários pontos de interesse a serem apresentados no mapa. Este ficheiro, para além do nome, categoria e coordenadas, fornece a relevância dos vários pontos de interesse, numa escala de relevância entre 0 e 1 [Pombinho09];
- **Relevância Mínima:** Valor, entre 0 e 1, que corresponde à relevância mínima dos pontos disponibilizados no ecrã. Os pontos pertencentes ao ficheiro XML com uma relevância inferior a este valor, não serão apresentados no ecrã. Este parâmetro foi incluído de forma a simular o resultado de uma pesquisa efectuada pelo utilizador onde apenas se visualiza os pontos de interesse com uma determinada relevância;
- **Número de Pontos de Interesse:** Número máximo de pontos de interesse a serem apresentados no mapa. Este parâmetro pode variar de acordo com o número de pontos de interesse disponíveis no ficheiro XML e foi incluído com o intuito de facilitar a configuração das tarefas que envolvem diferentes números de pontos de interesse;
- **Tamanho da *Intrusion Border*:** Tamanho da área do ecrã utilizada para o desenho de Halos ou HaloDots. Este parâmetro foi utilizado para validar determinadas opções de desenho nos testes informais. Para definir este tamanho é utilizado um valor que varia entre 1 e 1/3 da dimensão da largura do ecrã (no caso do dispositivo utilizado, 160 píxeis);
- **Factor de Distância:** Este valor encontra-se associado ao cálculo da transparência nas técnicas de Halo e HaloDot. Sabendo que, quanto mais distante um ponto de interesse, mais transparente é o arco do Halo/HaloDot, existe a necessidade de estabelecer um valor de distância que corresponda a uma transparência máxima.

Este parâmetro assume valores entre 1 e 2000 píxeis e revelou-se consideravelmente útil para o estudo da visibilidade/transparência dos vários Halos e HaloDots;

- **Tamanho das Células:** Valor correspondente à dimensão do lado das células da grelha hipotética, apresentada na secção 3.1.3. Quanto maior for este valor, maior a agregação de HaloDots. Este parâmetro assume valores entre 1 e 320 píxeis.

Para alguns protótipos específicos, nomeadamente os usados nos testes de usabilidade, referidos na secção 3.3, existem outros atributos possíveis de serem configurados:

- **Seleção de Agrupamento:** Permite seleccionar se é pretendido visualizar o mapa em que os HaloDots seguem uma estratégia de agregação por células alinhadas ortogonalmente em relação às margens do ecrã ou por proximidade das informações textuais;
- **Distância para agregação:** Este valor está relacionado com o atributo acima referido, quando é seleccionada uma estratégia de agregação por proximidade. Este valor corresponde à distância máxima que as informações textuais dos HaloDots necessitam de estar, para que estes sejam agregados. Este parâmetro assume valores entre 0 e 320 píxeis;
- **Apresentação do número de pontos:** Permite configurar se a informação textual no HaloDot está sempre disponível, nunca ou apenas quando o número de pontos representados é superior a um.

3.3 Avaliação do HaloDot

Nesta secção é apresentado o processo de avaliação da técnica do HaloDot, sendo explicadas as várias fases dos testes de usabilidade realizados, desde os seus objectivos, tarefas realizadas, até aos resultados e conclusões obtidas.

3.3.1 Objectivos

Os testes de usabilidade planeados têm como objectivo avaliar se as opções de desenho propostas ajudam os utilizadores na pesquisa de pontos de interesse tendo em conta a sua relevância. Deste modo, pretende-se avaliar o seguinte conjunto de características:

- Representação da relevância, através da utilização da cor e transparência;
- Utilidade do ponto de intersecção nas tarefas de navegação;

- Eficácia e utilidade dos métodos de agregação propostos para o HaloDot, em comparação com a técnica do Halo.

Por outro lado, para além da validação das propostas efectuadas, pretendeu-se também identificar quais as melhores alternativas de desenho do HaloDot nomeadamente:

- A agregação dos HaloDots baseada no arranjo ortogonal das células, ou na proximidade do ponto de intersecção;
- Visualizar o número do HaloDot apenas quando a agregação é superior a um ou visualizar o número do HaloDot sempre, independentemente do número;
- O centro do HaloDot representa o ponto médio ou o ponto mais relevante.

3.3.2 Tarefas

O estudo envolve a realização de 5 tarefas, cada uma com um conjunto de subtarefas (ver Anexo B). Nas duas primeiras tarefas, foram apresentadas as três técnicas de visualização: sem nenhum símbolo indicativo de pontos fora do ecrã; a técnica do Halo original; e a técnica do HaloDot. Embora as tarefas tenham sido todas realizadas na mesma ordem, as configurações consideradas em cada uma delas foram alteradas, nomeadamente, a localização dos objectos fora do ecrã e a sua relevância, de forma a evitar qualquer tipo de aprendizagem, relativamente à posição dos objectos. O cenário principal utilizado nos testes de usabilidade foi a pesquisa de restaurantes numa aplicação turística de pontos de interesse.

Primeira Tarefa

A primeira tarefa foi desenhada com o objectivo de familiarizar os utilizadores com os vários tipos de técnicas e de perceber se alguns atributos do HaloDot eram perceptíveis mesmo sem a consideração do conceito de relevância.

Para tal, o utilizador teve de identificar 3 pontos de interesse, correspondentes a 3 restaurantes. Para realizar esta tarefa, o utilizador teve de encontrar e seleccionar o símbolo representativo de cada ponto. As variáveis dependentes medidas foram o tempo para completar a tarefa e uma classificação relativa à dificuldade em realizar a tarefa, numa escala de Likert de 1 a 5. No final, foi pedido aos utilizadores para identificar a técnica de visualização preferida e se perceberam o significado de algumas das características do HaloDot, nomeadamente, a sua informação textual.

Nesta tarefa foram utilizados quatro protótipos, um para cada tipo de técnica de visualização: um sem técnica de visualização *off-screen* (Figura 3.9 (a)), outro com a técnica do Halo (Figura 3.9 (b)) e dois com a técnica do HaloDot (Figura 3.9 (c)). Nestes dois últimos, um deles tinha o centro dos HaloDots no ponto mais relevante e outro tinha o centro dos HaloDots no ponto médio. A utilização dos protótipos com o

HaloDot foi alternada, isto é, o utilizador 1 utilizou o protótipo do HaloDot cujo centro era o ponto médio, o utilizador 2 usou o protótipo do HaloDot cujo centro era o ponto mais relevante, e assim sucessivamente. Deste modo é garantido que 50% dos utilizadores utilizaram maioritariamente a técnica do HaloDot com o centro no ponto médio, enquanto os restantes 50% utilizaram a técnica do HaloDot com o centro no ponto mais relevante. Esta medida foi tomada, com o objectivo de testar se um dos tipos de visualização conduzia a melhores resultados que o outro.

Em cada protótipo, apesar de os ficheiros XML com os pontos de interesse terem sido diferentes, o número de pontos de interesse manteve-se (3 pontos de interesse). No caso das técnicas de Halo e HaloDot foram utilizados os mesmos valores para a *intrusion border* (50 píxeis) e factor de distância (300). Para a técnica do HaloDot, independentemente do centro do HaloDot, foi utilizado o método de agregação por faixas e a opção de mostrar sempre a representação do número de pontos de interesse da agregação.

A Figura 3.9 mostra a situação inicial nesta tarefa.



Figura 3.9 Vista da primeira tarefa. (a) Sem Halos. (b) Com a técnica do Halo. (c) Com a técnica do HaloDot.

Segunda Tarefa

Esta tarefa teve como objectivo introduzir o conceito de relevância dos pontos de interesse e perceber qual das técnicas utilizadas auxilia melhor o utilizador a encontrar os pontos mais relevantes. Para tal, o utilizador teve de encontrar o ponto de interesse mais relevante para cada técnica de visualização.

Nesta tarefa e no protótipo sem a utilização de uma técnica de visualização *off-screen*, o utilizador teve de encontrar o ponto de interesse correspondente ao restaurante "O restaurante japonês" (Figura 3.10 (a)). Com a técnica do Halo, o utilizador teve de encontrar o ponto de interesse, "O restaurante indiano" (Figura 3.10 (b)). Finalmente, com a técnica do HaloDot, os utilizadores tiveram de encontrar o ponto de interesse "O restaurante italiano" (Figura 3.10 (c)).

Em comparação com a tarefa anterior, o número de objectos no mapa foi superior (20) e apenas um deles tinha uma relevância elevada que correspondia ao objecto que o utilizador tinha de identificar e aquele que era representado com um HaloDot vermelho (quando aplicável).

As variáveis medidas nesta tarefa foram o tempo para a sua realização e uma classificação relativa à dificuldade de interacção com as técnicas de visualização, numa escala de Likert de 1 a 5. Adicionalmente, os utilizadores foram questionados sobre a técnica de visualização preferida e se perceberam o significado de algumas características do HaloDot, nomeadamente, a cor e a transparência como representação da relevância, e também se, quando aplicável, se o HaloDot vermelho era o que mais chamava a atenção do utilizador.

De um modo geral, as configurações dos protótipos utilizados foram iguais às da tarefa anterior. A principal diferença consistiu nos ficheiros XML utilizados, que tinham para cada uma das técnicas de visualização, pontos de interesse diferentes e com diferentes relevâncias.

A Figura 3.10 mostra a situação inicial na segunda tarefa.

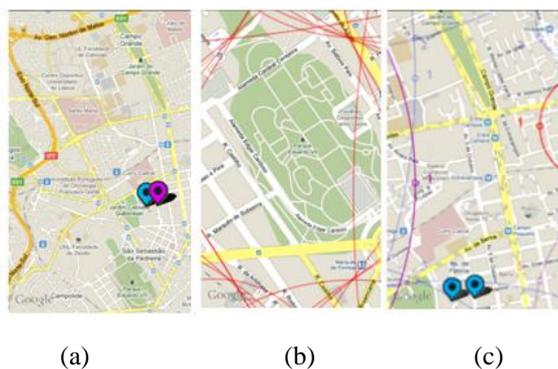


Figura 3.10 Vista da segunda tarefa. (a) Sem Halos. (b) Com a técnica do Halo. (c) Com a técnica do HaloDot.

Terceira Tarefa

Esta tarefa teve como objectivo comparar duas situações de utilização do HaloDot na pesquisa de pontos de interesse com um número diferente de pontos com relevância elevada no mapa.

Na primeira situação, o utilizador teve de procurar o ponto de interesse "O restaurante italiano" de entre os 20 pontos de interesse disponíveis no mapa em que apenas esse tinha uma relevância elevada (Figura 3.11 (a)).

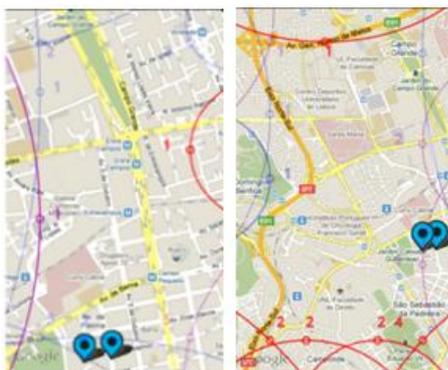
Na segunda situação, o número de objectos com elevada relevância era maior (5 pontos), o que corresponde a um maior número de HaloDots vermelhos (Figura 3.11 (b)). Nesta tarefa, o utilizador tinha de encontrar o ponto de interesse "O restaurante mexicano" que correspondia a um dos pontos com maior relevância.

Nesta tarefa foram medidas as variáveis: tempo de conclusão da tarefa e classificação da dificuldade numa escala de Likert de 1 a 5. Adicionalmente, procurou-se perceber quais os critérios utilizados numa situação em que o utilizador tinha de escolher entre vários pontos de interesse relevantes. Ou seja, quais os critérios eleitos na escolha de um HaloDot, numa situação em que o utilizador vê no ecrã mais do que um HaloDot vermelho.

Antes do início desta tarefa é explicado em detalhe cada um dos atributos do HaloDot, no caso do utilizador ainda não ter percebido o seu significado nas tarefas anteriores.

Assim como nas duas últimas tarefas, os protótipos utilizados tiveram configurações semelhantes, sendo a principal diferença o ficheiro XML utilizado, isto é, com um número de pontos de interesse diferente e com valores de relevância diferentes.

A Figura 3.11 mostra a comparação entre a situação inicial com que os utilizadores são expostos quando só têm um ponto de interesse com relevância elevada no ecrã (Figura 3.11 (a)), com a situação em que têm vários pontos de interesse com uma relevância elevada (Figura 3.11 (b)).



(a)

(b)

Figura 3.11 Vista da terceira tarefa. (a) Só com um ponto de interesse muito relevante. (b) Com vários pontos de interesse muito relevantes.

Quarta Tarefa

Na quarta tarefa pretendeu-se validar a utilidade e eficácia da agregação de HaloDots. Para tal, foi pedido aos utilizadores para explorarem livremente o mapa livremente, três vezes, respectivamente com 10, 50 e 120 pontos de interesse. Esta tarefa não foi cronometrada, sendo apenas perguntado ao utilizador a sua opinião numa escala de Likert de 1 a 5, relativamente à dificuldade em utilizar a aplicação, quando se aumenta o número de pontos de interesse.

Foram utilizados dois protótipos que implementam a técnica do HaloDot. Num deles os HaloDots têm como centro o ponto médio da agregação e no outro, os

HaloDots têm como centro o ponto mais relevante. A utilização destes protótipos foi alternada consoante os utilizadores, isto é, um utilizador realiza a tarefa com um dos protótipos, enquanto outro utilizador realiza com o outro, e assim sucessivamente. O ficheiro XML utilizado com os pontos de interesse era o mesmo, tendo sido o número de pontos de interesse apresentados no ecrã alterado a partir do parâmetro de configuração “Número de Pontos de Interesse”.

Quinta Tarefa

Na última tarefa pretendeu-se comparar as diferentes alternativas de desenho do HaloDot:

- o centro do HaloDot;
- a presença da informação textual relativa ao número de pontos de interesse (mostrar o número sempre ou apenas quando é superior a um);
- e o método de agregação preferido (agregação por proximidade ou agregação por faixas).

Para tal, foram apresentadas e explicadas detalhadamente aos utilizadores as várias opções. De seguida, foi dada a oportunidade aos utilizadores de trabalharem livremente com os protótipos. No final, foram questionados sobre quais as melhores opções.

Os protótipos utilizados nesta tarefa foram os mesmos da quarta tarefa. Na avaliação da opção sobre o centro do HaloDot, os utilizadores tiveram contacto com os dois protótipos, um de cada vez, podendo trabalhar com eles livremente. Na representação do número de pontos e sobre o método de agregação preferido, foram alterados os atributos “Apresentação do Número de Pontos” e “Método de Agregação”, respectivamente, no protótipo preferido pelo utilizador. Embora os pontos de interesse utilizados nas várias situações fossem os mesmos, o número destes no ecrã, poderia variar a pedido do utilizador, deste modo o utilizador poderia observar cada situação com qualquer quantidade de pontos de interesse, que o auxiliasse a dar melhor a sua opinião.

Todas as tarefas que envolveram o registo de tempo implicavam a definição do início e fim da tarefa por parte dos utilizadores. Para tal, antes de começar a tarefa, o utilizador tinha de seleccionar a opção “Início da Tarefa”. Após esta selecção, o utilizador recebia a mensagem, “Início” numa caixa de texto sobre o ecrã e internamente era iniciada a contagem do tempo. Terminada a tarefa o utilizador recebia a mensagem, “Tarefa Concluída” numa caixa de texto sobre o ecrã.

Tendo em conta os vários objectivos deste estudo, assim como as tarefas propostas, foram criadas as seguintes hipóteses:

1. É expectável que os utilizadores não tenham dificuldades em identificar a relevância dos objectos fora do ecrã com a técnica do HaloDot e que sejam mais rápidos a encontrar esses objectos, após terem conhecimento sobre o significado da relação cor/relevância.
2. A opção de agregação é útil na medida em que reduz o número de HaloDots desenhados no ecrã. A opção preferida é a opção de agregação por faixas, uma vez que isso significa existirem menos HaloDots desenhados no ecrã.
3. É expectável que a opção de desenho do HaloDot com o centro no ponto mais relevante seja a preferida, uma vez que é esse o ponto que tem maiores probabilidades de satisfazer a pesquisa do utilizador.
4. Relativamente às duas opções de desenho, apresentar sempre o número de pontos de interesse no HaloDot ou apenas quando este for superior a um, é expectável que os utilizadores prefiram a primeira, por considerarem menos confusa a visualização de um mapa com todos os HaloDots com informação numérica, em comparação com uma situação de visualização em que apenas alguns HaloDots têm uma representação numérica.

3.3.3 Resultados

Os testes realizados tiveram a participação de 16 voluntários distribuídos equilibradamente quer em género (9 homens e 7 mulheres), quer em experiência profissional (10 da área de informática e 6 de outras áreas científicas e humanidades). As idades variaram entre 21 e 51 anos (média = 27 e desvio padrão = 9.2). Todos os utilizadores já tinham utilizado aplicações georreferenciadas, tal como o Google Maps, para planearem percursos ou simplesmente encontrarem pontos de interesse. Desses, 7 utilizadores já tinham utilizado aplicações de informação georreferenciada em dispositivos móveis e um deles usa-as diariamente. Todos estavam familiarizados com operações de *panning e zooming*, assim como algumas técnicas de visualização *off-screen*, como setas ou Mini-Map, devido à sua utilização em jogos, mas nenhum conhecia a técnica do Halo. No Anexo C é apresentado, com maior detalhe, o conjunto de tabelas com os dados e resultados obtidos nas diferentes tarefas.

A Figura 3.12 representa a média dos tempos obtidos nas três primeiras tarefas. Na primeira tarefa (Figura 3.12 (a)), embora não tenham sido identificadas diferenças em termos de interacção entre o Halo e o HaloDot, foi observado que os tempos médios obtidos na utilização do Halo e do HaloDot foram muito inferiores aos obtidos na utilização sem técnica de visualização *off-screen*. Nesta tarefa, poucos utilizadores manifestaram terem identificado o ponto de intersecção. Contudo, a maioria identificou a existência da informação numérica (14 utilizadores). Destes 14, apenas um utilizador não percebeu o significado da informação numérica.

Na segunda tarefa (Figura 3.12 (b)) foram observadas diferenças significativas relativamente aos tempos médios de execução consoante o tipo de técnica de visualização. Como esperado, a utilização do HaloDot permitiu aos utilizadores encontrar mais depressa o ponto mais relevante, isto é, o ponto "O restaurante italiano". Contudo, foi observada uma situação inesperada. A média dos tempos obtidos com a técnica do Halo original foi não só superior à do HaloDot, mas também à da utilização sem nenhuma técnica de visualização *off-screen*. De acordo com os comentários dos utilizadores, isto pode ser explicado pelo facto de a sobreposição dos vários Halos tornar a interacção muito mais confusa e tornar esta técnica uma barreira à interacção ao invés de um auxílio. Por outro lado, embora apenas 31% dos utilizadores tenham percepcionado o significado da cor dos HaloDots, 75% referiu que os HaloDots vermelhos permitiram realçar o interesse por esses pontos de interesse. Ao contrário da primeira tarefa, a existência do ponto de intersecção mostrou ser útil para alguns utilizadores, uma vez que, de acordo com os comentários, permite identificar melhor os vários arcos e auxiliar o utilizador na direcção que estes deveriam seguir, para encontrar o objecto fora do ecrã.

Na terceira tarefa (Figura 3.12 (c)), após receberem explicações detalhadas sobre os atributos do HaloDot, os utilizadores conseguiram ser mais rápidos a encontrar o ponto com maior relevância ("O restaurante mexicano"), numa situação com vários HaloDots vermelhos, comparativamente à situação com apenas um HaloDot vermelho e sem lhes terem sido explicados os vários atributos desta técnica. Concluiu-se, por isso, que a aprendizagem sobre o significado da cor foi determinante, independentemente dos critérios utilizados para procurar o ponto de interesse mais relevante.

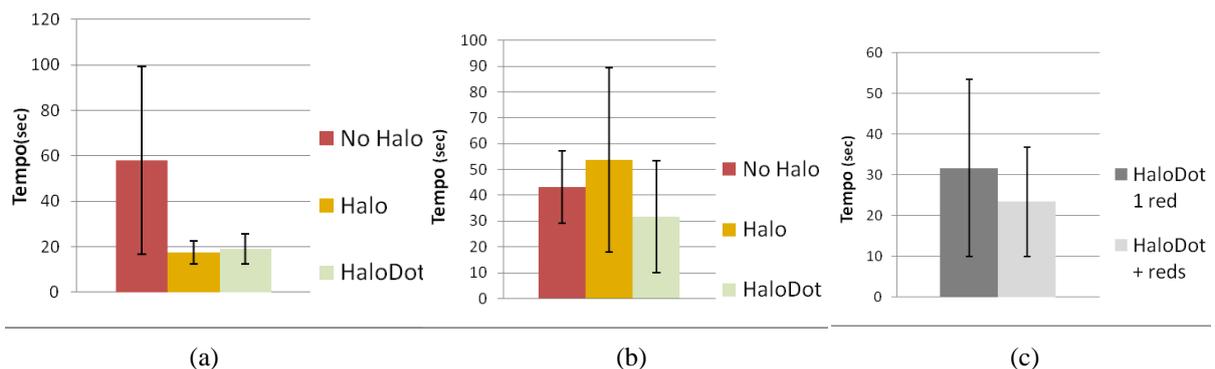


Figura 3.12 Tempos médios, com barras de erro, das 3 primeiras tarefas. (a) Primeira tarefa. (b) Segunda tarefa. (c) Terceira tarefa.

Dentro dos vários critérios utilizados pelos participantes para decidir qual o HaloDot vermelho escolhido para prosseguir na tarefa, os mais utilizados foram a cor e a distância ao ponto de interesse, isto é, o tamanho do arco e o maior número. Segundo os comentários recolhidos, a distância foi usada como critério, por permitir encontrar

pontos de interesse relevantes mais rapidamente. Por outro lado, o maior número foi utilizado porque, em princípio, um número maior equivale a uma maior probabilidade de encontrar o ponto mais relevante, já que existem mais pontos por onde se escolher.

Os resultados da segunda e terceira tarefa permitem validar e confirmar a hipótese 1.

Na quarta tarefa, apesar do aumento do número de pontos de interesse, 93% dos utilizadores consideraram a utilização do protótipo usável e embora a dificuldade tenha aumentado consideravelmente, a agregação foi comentada como sendo bastante útil. Este facto comprova a hipótese 2.

Na última tarefa, 75% dos utilizadores deram preferência à agregação por faixas, uma vez que permite que um menor número de HaloDots seja desenhado no ecrã. Relativamente ao centro do HaloDot, não houve nenhuma diferença conclusiva relativamente aos tempos médios. Por esse motivo, esses resultados não foram discriminados nos gráficos apresentados. Apesar disso, 75% dos participantes preferiu a opção que representa o ponto mais relevante, uma vez que permite aos utilizadores encontrarem mais rapidamente o ponto de interesse com maior relevância. Finalmente, 62% dos utilizadores preferiu que fosse sempre fornecida informação relativamente ao número de pontos de interesse representados pelo HaloDot. De acordo com os comentários obtidos, esta opção deve-se ao facto de, a existência do número em todos os HaloDots é mais coerente do que se existir apenas em alguns. Além disso, o risco de o utilizador ficar confuso é menor. As preferências dos utilizadores nesta tarefa comprovam as hipóteses 3 e 4.

Um dos principais problemas identificados nestas tarefas foi a utilização da mesma cor na informação textual e no arco do HaloDot. Deste modo, os utilizadores interpretaram que o número de uma determinada cor indicava o número de pontos de interesse presentes nesse arco com a relevância dessa cor (quando na realidade este indica o número total de pontos representados, enquanto a cor representa a cor do ponto mais relevante dessa agregação). Para resolver este problema, foi sugerido usar uma cor neutra para o número, como cinzento ou preto. Adicionalmente, foi também proposto que ao invés de usar um ponto, no ponto de intersecção, se usassem outras formas indicativas da direcção, nomeadamente setas.

De um modo geral, os utilizadores preferiram o HaloDot ao Halo original. As principais razões para isso foram a utilização da agregação, que reduz a sobreposição de HaloDots e, conseqüentemente, permite uma melhor visualização e ainda a utilização da cor e da transparência, que para além de permitirem a visualização da relevância dos pontos de interesse fora do ecrã auxiliam o utilizador a identificarem melhor os vários HaloDots no ecrã.

3.3.4 Discussão dos Resultados

Como referido na secção anterior, a técnica do HaloDot resolve alguns dos problemas presentes na técnica do Halo, fornecendo ainda informação sobre a relevância dos objectos fora do ecrã. Foi também possível concluir que os atributos escolhidos para a representação da relevância dos objectos são apropriados. Contudo, foram realizadas alterações ao HaloDot de acordo com as várias sugestões fornecidas pelos utilizadores.

Um dos principais problemas identificados pelos utilizadores está relacionado com a cor da representação numérica dos pontos de interesse. Assim, decidiu-se alterar a cor deste atributo para preto, como sugerido, uma vez que esta é uma cor neutra, pois não é usada para a representação da relevância ou de qualquer outro conceito.

Aplicaram-se também outras sugestões, nomeadamente, o tipo de agregação de HaloDots por faixas, dado que este método permite a existência de um menor número de HaloDots no ecrã. Por outro lado, foi também decidido seguir a opção de desenho em que a representação numérica está sempre disponível, independentemente da quantidade de pontos representada pelo HaloDot. Finalmente, foi escolhido utilizar a representação em que o centro do HaloDot é o ponto mais relevante da agregação.

Um outro problema identificado foi a dificuldade dos utilizadores diferenciarem a transparência entre dois HaloDots da mesma cor. Para resolver este problema separou-se o conceito de distância do conceito de transparência e a transparência é utilizada apenas para representar a relevância do HaloDot. Assim, no protótipo final a transparência é apenas utilizada para destacar a relevância dos objectos no mapa e garantir que um objecto mais relevante, independentemente da sua distância, seja sempre mais visível que um objecto menos relevante. No entanto, é importante referir que os níveis de transparência são fixos para cada cor, ou seja, não é possível distinguir a relevância de dois objectos representados com arcos da mesma cor. Isto acontece pela mesma razão pela qual se diferenciou a transparência da distância. Assim, em comparação com a escala de transparências apresentada na secção 3.1.2, um ponto de interesse vermelho terá um nível de transparência de 255, um ponto roxo terá um nível de transparência de 170 e um ponto azul terá um nível de transparência de 85. Estes valores foram obtidos através de testes informais, com o objectivo de encontrar 3 níveis de transparência visíveis, e ainda assim, distinguíveis.

Finalmente, de acordo com as sugestões dos utilizadores, outra alteração à técnica do HaloDot foi a substituição do ponto de intersecção por uma seta, de forma a melhorar a noção de direcção fornecida por esta técnica.

A Figura 3.13 mostra a técnica do HaloDot após as várias alterações referidas anteriormente.

Capítulo 4

Comparação de Técnicas de Visualização

Off-Screen com Representação da Relevância

No capítulo anterior foi apresentada a técnica do HaloDot para visualização *off-screen* com representação da relevância, minimização da sobreposição e optimização da noção de direcção. Estas características foram obtidas através da utilização de um código de cores e transparência, de um método de agregação e da utilização de uma seta, no ponto de intersecção entre o arco da técnica do HaloDot e a *intrusion border*.

De modo a comparar as optimizações propostas para a representação da relevância, foi decidido realizar uma comparação entre o HaloDot, a técnica de Scaled Arrows e a técnica de Mini-Map. Neste capítulo são descritas as fases de análise, desenho, prototipagem e, por fim, os testes de usabilidade efectuados.

4.1 Análise e Desenho das Técnicas

4.1.1 Técnica de Scaled Arrows

De acordo com os resultados obtidos no estudo de Henze *et al.* [Henze10b], numa situação com vários pontos de interesse, a técnica de Scaled Arrows apresenta um desempenho superior às técnicas de Halo e Stretched Arrows. Por outro lado, de acordo com o estudo de Burigat *et al.* [Burigat11], esta técnica na presença de muitos pontos de interesse apresenta o problema de sobreposição de setas, à semelhança da técnica do Halo. Adicionalmente, como já foi referido, a técnica de setas e as suas variantes são das técnicas de visualização *off-screen* mais utilizadas. Por estes motivos, decidiu-se replicar a utilização de cor e transparência para representar a relevância nesta técnica e fazer a comparação com a técnica do HaloDot.

Representação da Distância

Relativamente à representação da distância foi escolhido adoptar a interpretação proposta por Burigat [Burigat06], ou seja, objectos mais próximos correspondem a setas maiores, em detrimento da utilizada no estudo de Henze *et al.* [Henze10b], em que

objectos mais distantes correspondem setas maiores. Esta decisão foi suportada por dois motivos: o estudo de Burigat é o primeiro com referência à técnica em questão e assumiu-se que, por essa razão, teria a representação correcta; e porque, tal como sugerido por Reichenbacher, objectos mais relevantes estão mais próximos e são representados com símbolos maiores [Reichenbacher07]. Caso contrário, haveria o risco de, ao representar objectos mais distantes com símbolos maiores, o utilizador ignorar os símbolos mais pequenos, que são os mais próximos e os mais relevantes.

Forma da Seta

A forma da seta foi outro detalhe tido em consideração. Embora não haja conhecimento de estudos relativamente à melhor forma de utilizar setas, para indicar objectos localizados fora da área visível no ecrã, os que utilizam esta família de técnicas apresentam, geralmente, tipos de setas diferentes. Embora as diferenças possam não ser muitas, estas podem ser bastante significativas no contexto de visualização em dispositivos móveis, pois, como referido anteriormente, uma das principais limitações dos dispositivos móveis consiste no tamanho reduzido do ecrã. Logo, quanto mais intrusiva uma seta for, menos espaço disponível para a visualização existe no ecrã.

A Figura 4.1 apresenta alguns tipos de setas utilizados para a representação de objectos fora do ecrã em vários contextos. O tipo de seta adoptado é aquele que, comparado com os outros, é o menos intrusivo, ou seja, o símbolo mais à direita na Figura 4.1. Este tipo de seta foi baseado em alguns jogos de vídeo bem conhecidos [Prototype, Assassin's Creed II].



Figura 4.1 Tipos de setas para representação de objectos fora do ecrã.

Representação da Relevância

Para a representação da relevância, à semelhança do que foi feito com a técnica do HaloDot, as várias Scaled Arrows são também coloridas e são-lhes atribuídos diferentes níveis de transparência, consoante a relevância dos pontos que representam.

Redução da Sobreposição

À semelhança da técnica do HaloDot, esta técnica também apresenta problemas de sobreposição de setas, quando o número de pontos de interesse é grande. Para resolver este problema, aplicou-se um método de agregação semelhante ao aplicado no HaloDot (Secção 3.1.3). Inicialmente, é aplicada uma agregação baseada na disposição das

Nesta técnica é comum colocar a janela com o contexto, ou seja, o mapa mais pequeno, na zona inferior do ecrã. Uma vez que o dispositivo utilizado para a prototipagem é um *smartphone* e é bastante comum neste tipo de dispositivos a zona inferior do ecrã ser utilizada para apresentar diversos tipos de funcionalidades, tais como, menus, teclado, ou mesmo os controlos de mudança de escala dos mapas, optou-se por utilizar a técnica de Mini-Map na zona superior do ecrã. Caso contrário, poderia não só, ser confuso para o utilizador, como podê-lo-ia levar a cometer erros, devido à existência de várias funcionalidades, próximas umas das outras, num pequeno espaço do ecrã.

Representação da Distância

Como referido no Capítulo 2, a distância dos pontos de interesse à área visível no ecrã é obtida através do mapeamento da distância da representação do ponto no Mini-Map.

Representação da Relevância

Relativamente à representação dos pontos de interesse no Mini-Map, esta corresponde a reduções nas representações usadas para os pontos de interesse visíveis no ecrã. Tal como explicado anteriormente, a cor e a transparência destas representações dependem da relevância dos pontos de interesse.

Prevenção da Sobreposição

Ao contrário das duas técnicas anteriores, não foi desenvolvido nenhum método de agregação de pontos de interesse. Se a agregação de símbolos fosse apenas feita na representação do Mini-Map, a vista obtida nesta técnica seria diferente daquela que o utilizador veria no mapa principal e, logo, poderia levar o utilizador a cometer erros. Por isso, de modo a existir coerência entre a vista dos pontos no mapa e a vista fornecida pelo Mini-Map, se houvesse agregação esta teria de ocorrer para todos os pontos, nas duas vistas. Optou-se por não realizar essa agregação, uma vez que não foi feita nenhuma agregação de pontos de interesse nas técnicas anteriores.

A Figura 4.4 mostra a técnica de Mini-Map utilizada nesta série de testes.

4.2 Construção de Protótipos

À semelhança do que foi realizado no Capítulo 3, foi criado um conjunto de protótipos para testar e avaliar as técnicas modificadas e compará-las com a técnica do HaloDot.



Figura 4.4 Técnica de Mini-Map com a aplicação das representações propostas.

Estes protótipos foram construídos na plataforma de código aberto Android SDK 2.2 [Android SDK], para serem utilizados num HTC Desire, com Sistema Operativo Android 2.2, com um processador de 1GHz e uma resolução de 480x800. Os protótipos utilizavam o ecrã em toda a sua dimensão, usando o Google Maps [Google Maps], onde por cima desta vista foram inseridos os vários pontos de interesse, assim como as representações gráficas das técnicas do HaloDot, Scaled Arrows e Mini-Map. Estes permitiam operações de arrastamento, mudança de escala e obtenção de informação relativamente aos pontos de interesse disponibilizados no mapa, através do toque na representação gráfica do ponto de interesse, dentro do ecrã.

Ao longo das várias etapas, para a criação das técnicas apresentadas, foram criados aproximadamente 11 protótipos. Contudo, uma vez que as técnicas estudadas são diferentes umas das outras, embora os protótipos sejam muito semelhantes, em termos de funcionalidades e execução, existem certos pormenores, importantes, que os distinguem e que são descritos nas próximas secções.

4.2.1 Técnica do HaloDot

De um modo geral, os protótipos criados para o estudo comparativo foram bastante semelhantes aos usados nos testes de usabilidade anteriores. A principal diferença consistiu na remoção de algumas opções de configuração, nomeadamente a selecção de agrupamento, distância para agregação e apresentação do número de pontos.

4.2.2 Técnica de Scaled Arrows

Os protótipos para as diferentes técnicas são bastante semelhantes. As principais diferenças a serem referidas, relativamente aos protótipos desenvolvidos que utilizam a técnica de Scaled Arrows referem-se aos atributos de configuração utilizados. Para além

da possibilidade de escolher o ficheiro XML, que contém as informações relativas aos pontos de interesse, o valor de relevância mínima, o número de pontos de interesse no mapa, o valor de factor de distância e o tamanho das células, foram ainda disponibilizados os seguintes parâmetros de configuração:

- **Distância para agregação:** Este valor corresponde à distância máxima que as setas necessitam de estar, umas das outras, para que sejam agrupadas. Este parâmetro adopta valores entre 1 e 320 píxeis e adopta o valor 50 por omissão;
- **Tamanho máximo das setas:** Valor utilizado para o cálculo da dimensão máxima das setas. Este valor garante que não sejam desenhadas setas demasiado grandes. Este parâmetro adopta por omissão o valor 70, com valores disponíveis entre 1 e 160;
- **Tamanho mínimo das setas:** Valor utilizado para o cálculo da dimensão mínima das setas. Este valor garante que não sejam desenhadas setas demasiado pequenas e não visíveis pelo utilizador. Este valor varia entre 1 e 80, adoptando 20 como o valor por omissão.

Estes parâmetros foram criados com o intuito de facilitar o processo de configuração durante os testes de usabilidade e a análise de vários tamanhos de setas, nos testes informais realizados. Por outro lado, os atributos utilizados na configuração das propriedades do HaloDot foram removidos, nomeadamente, o tamanho da *intrusion border*.

4.2.3 Técnica de Mini-Map

Na construção de protótipos da técnica de Mini-Map e devido a limitações na API do Google Maps, foi necessário recorrer à utilização de um segundo servidor de mapas para a apresentação e manipulação das características do Mini-Map. Este segundo servidor foi o OpenStreetMaps [OpenStreetMap], utilizando a API de código aberto OsmDroid [OsmDroid]. Apesar de serem servidores de mapas e API diferentes, são bastante semelhantes do ponto de vista de funcionalidades, na medida em que a API OsmDroid é baseada na API do GoogleMaps.

Tendo em conta a inexistência de agregações na técnica de Mini-Map, grande parte dos atributos de configuração não foram considerados nos protótipos que utilizam esta técnica. Assim, foram apenas considerados os seguintes atributos de configuração: Ficheiro XML, Relevância Mínima e Número de Pontos de Interesse.

4.3 Testes de Usabilidade

Com o objectivo de comparar, analisar e perceber que técnicas se adequam melhor para a representação de pontos fora do ecrã tendo em consideração a relevância desses pontos, foi efectuado um estudo de usabilidade com as 3 técnicas de visualização *off-screen* com representação da relevância: HaloDot, Scaled Arrows e Mini-Map (ver Anexo D). As próximas secções descrevem as tarefas, hipóteses e resultados obtidos nestes testes de usabilidade.

4.3.1 Tarefas

Estes novos testes consistiram em três tarefas, repetidas para cada uma das técnicas, de forma aleatória, para evitar qualquer tipo de aprendizagem por parte dos utilizadores. No final de cada tarefa foi pedido aos utilizadores para expressarem as suas opiniões sobre as técnicas, indicarem qual a técnica que preferiram e classificá-las, numa escala de Likert de 1 a 5, relativamente à facilidade de utilização e percepção. Descrevem-se em seguida as tarefas consideradas:

Tarefa 1 – Habituação

A primeira tarefa teve como objectivo apresentar ao utilizador as 3 técnicas de visualização *off-screen* utilizadas, de modo a que este se habituasse aos vários atributos e, caso necessário, esclarecer qualquer dúvida existente.

Para isso, foram apresentadas as 3 técnicas ao utilizador e foi-lhe explicado o significado de cada atributo de cada técnica. Foi apresentado ao utilizador um protótipo de cada técnica, de modo a possibilitar a sua habituação e satisfazer qualquer dúvida.

Em todos os protótipos eram possíveis operações de arrastamento e mudança de escala. Foram disponibilizados 30 pontos de interesse no mapa que representavam estabelecimentos comerciais, da zona de Lisboa. No protótipo do HaloDot foi utilizada uma *intrusion border* com um de valor 50 píxeis, um factor de distância com um valor de 300 píxeis e um valor para a dimensão das células de 150 píxeis. No protótipo das Scaled Arrows foi utilizado um factor de distância de 700 píxeis, tamanho das células de 150 píxeis, distância para agregação de 50 píxeis, tamanho mínimo das setas 20 píxeis e tamanho máximo das setas 80 píxeis. Apesar da existência destes valores por omissão, foi dada a possibilidade de alterar estes valores, caso existisse essa necessidade.

Tarefa 2 – Análise

A segunda tarefa teve como objectivo averiguar qual a técnica de visualização *off-screen* que melhor representa a distância ao ponto de interesse em simultâneo com a sua relevância.

Para tal, considerou-se a tarefa de análise, em que o utilizador teve de seleccionar a representação do ponto de interesse que estivesse mais próximo e fosse mais relevante, ou seja, o utilizador tem de clicar sobre a seta, arco ou ponto em miniatura que representa o ponto vermelho mais próximo.

Esta tarefa foi realizada para as três técnicas de visualização e segundo três configurações diferentes. Na primeira configuração havia 10 pontos de interesse, 3 dos quais com elevada relevância, isto é, uma relevância igual ou superior a 0.8 e sem a existência de agregações (por exemplo, Figura 4.5 (a)). Na segunda configuração, a situação era semelhante, mas com 20 pontos de interesse no mapa, 6 deles com relevância elevada (por exemplo, a Figura 4.5 (b)). Finalmente, a última configuração era idêntica à anterior, mas com duas diferenças fundamentais: existiam agregações entre setas e arcos e, não foi usada a técnica de Mini-Map, uma vez que esta não considera a existência de agregações (por exemplo, a Figura 4.5 (c)).

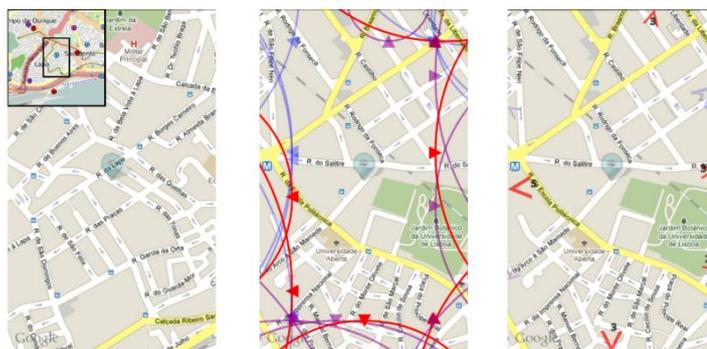


Figura 4.5 Imagens utilizadas nas tarefas de Análise. (a) Mini-Map com 10 pontos de interesse, 3 com relevância elevada. (b) HaloDot com 20 pontos de interesse, 6 com relevância elevada e sem agregações. (c) Scaled Arrows com 20 pontos de interesse, 6 com relevância elevada e com agregações.

As variáveis recolhidas na tarefa de análise foram: o tempo que os utilizadores levaram a realizar cada configuração da tarefa, com cada uma das técnicas, a classificação das várias técnicas, numa escala de Likert de 1 a 5 e o número de erros cometido, ou seja, o número de opções incorrectas tomadas, tal como, a escolha de uma seta que não correspondesse ao ponto de interesse mais próximo e mais relevante.

Foi utilizado um protótipo que permite a apresentação de várias imagens estáticas no dispositivo e que representavam uma determinada situação de visualização de um mapa com pontos de interesse localizados fora do ecrã. Estas imagens consistiam em *screenshots* dos protótipos anteriores, mas com diferentes ficheiros XML, isto é, os

pontos de interesse apresentados eram diferentes. A Figura 4.5 apresenta alguns exemplos das imagens utilizadas nesta tarefa.

Tarefa 3 – Navegação

Na última tarefa pretendeu-se averiguar qual a técnica que melhor auxilia o utilizador a encontrar os pontos de interesse fora do ecrã mais rápida e eficientemente. Para tal, os utilizadores tiveram de encontrar e seleccionar todos os pontos de interesse com uma relevância elevada (relevância igual ou superior a 0.8), ou seja, todos os pontos vermelhos.

Nesta tarefa foram comparadas as três técnicas de visualização *off-screen* de acordo com quatro configurações diferentes. Na primeira, os utilizadores tiveram de encontrar 3 pontos com relevância elevada, em 10 pontos de interesse no total; na segunda configuração, 6 em 20; na terceira, 6 em 40; na quarta, 10 em 40. As variáveis medidas foram: o tempo para a realização da tarefa para cada configuração utilizada; o número de erros cometidos, ou seja, o número de pontos de interesse com baixa e média relevância seleccionados; e a classificação das várias técnicas, numa escala de Likert 1 a 5.

Foram utilizados 3 protótipos, um para cada técnica e nos quais foram inibidas as operações de mudança de escala. Deste modo, o utilizador baseava-se apenas na observação da técnica de visualização *off-screen* para encontrar os pontos de interesse. No caso da técnica de Mini-Map garantiu-se que, no início de cada tarefa, todos os pontos de interesse fossem visíveis no Mini-Map.

À medida que o utilizador seleccionava os pontos correctos (vermelhos) a aplicação informava quantos pontos faltavam para terminar a tarefa, ou avisava que o utilizador já tinha seleccionado aquele ponto de interesse. Foi ponderado eliminar o ponto ou atribuir-lhe uma cor diferente quando o utilizador o seleccionasse, contudo, esta ideia não foi considerada, porque a maioria das aplicações e estudos analisados não o realiza. Adicionalmente, esta tarefa permite perceber que técnicas necessitam de uma maior carga cognitiva para serem utilizadas, já que o utilizador tem de memorizar que pontos já foram seleccionados, ou que locais já foram explorados.

À excepção dos ficheiros XML utilizados, todos os restantes parâmetros, por exemplo, *intrusion border* e tamanho das células foram iguais aos da tarefa de Habituação. Antes de iniciarem as tarefas, os utilizadores teriam de seleccionar a opção “Início da Tarefa”, no menu da aplicação/protótipo, sendo também informados quando a tarefa terminava, através de uma janela de texto no ecrã.

Tendo em conta os vários objectivos deste estudo, assim como as tarefas propostas, foram formuladas as seguintes hipóteses:

1. É expectável que a técnica de Mini-Map seja a preferida pelos utilizadores, não só pela sua popularidade em jogos e aplicações, como o Google Maps, mas também por permitir ter uma vista com os pontos de interesse sobre um mapa. De facto, esta visão evita a necessidade de traduzir atributos de formas como setas e arcos para adquirir informação sobre a localização dos pontos de interesse;
2. Independentemente da quantidade total de pontos de interesse no mapa, é expectável que a representação da relevância permita que os utilizadores encontrem os pontos de interesse como uma relevância elevada facilmente;
3. Apesar de visíveis, é expectável que setas e arcos que representam pontos de interesse com média e baixa relevância não prejudiquem a interacção do utilizador e a sua procura por pontos de interesse com uma relevância elevada.

4.3.2 Análise dos Resultados

Para a realização destes testes de usabilidade, houve a participação de 19 voluntários, distribuídos equilibradamente por género (11 homens, 8 mulheres) e área profissional (12 da área de informática, 7 de outras áreas de ciências e humanidades). As idades dos utilizadores variam entre 21 e 49 anos (Média = 27; Desvio Padrão = 8,132). Dos 19 utilizadores, 16 deles já estavam habituados a aplicações de informação georreferenciada, principalmente Google Maps, ou Google Earth, e usam estas aplicações ocasionalmente para a localização de pontos de interesse ou planear percursos. Por outro lado, apenas 9 utilizadores estavam habituados a aplicações de informação georreferenciada em dispositivos móveis, nomeadamente aplicações como o NDrive ou o Google Maps. Destes utilizadores, 8 estavam familiarizados com técnicas de visualização *off-screen*, nomeadamente, com as técnicas de setas e Mini-Map, uma vez que são usualmente utilizadas em videojogos. No Anexo E são apresentados detalhadamente os resultados obtidos.

Como se pode observar na Figura 4.6, no final da tarefa de Habituação, a maioria dos utilizadores (65%) preferiu a técnica de Mini-Map. As principais razões apontadas foram as seguintes: ser "visualmente mais agradável" e o facto de permitir a recolha de uma quantidade considerável de informação relativamente à quantidade, distância e distribuição dos pontos de interesse em redor da área visível no ecrã. Desta forma, a técnica de Mini-Map foi considerada mais rápida, precisa e intuitiva em relação à interacção. Destes utilizadores, 15% preferiu a técnica de Mini-Map também pelo facto de já estarem habituados a ela em jogos de vídeo.

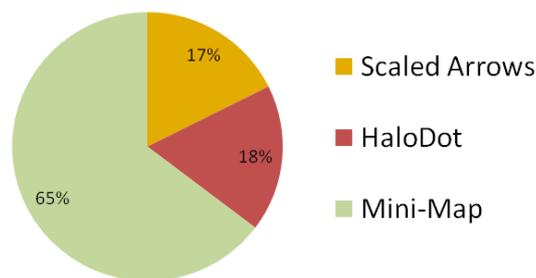


Figura 4.6 Preferências dos utilizadores na tarefa de Habituação.

Na tarefa de Análise, como se pode observar pelos gráficos da Figura 4.7 e da Figura 4.8, a técnica de Scaled Arrows foi, não só a técnica que obteve tempos mais rápidos de execução e com menor disparidade de resultados, como foi a técnica que reuniu uma maior preferência dos utilizadores (79%, 60% e 95%, na primeira, segunda e terceira configurações, respectivamente). Segundo as opiniões expressas, esta técnica permite, através da análise do tamanho das várias setas uma melhor comparação da distância dos vários pontos representados. Por outro lado, a técnica do HaloDot apresentou alguns problemas quando existiam arcos nos cantos do ecrã. De facto, esta situação provocou a ilusão de parecerem mais pequenos do que eram na realidade e conduziu alguns utilizadores a escolherem o HaloDot errado. Finalmente, a técnica de Mini-Map, embora tenha sido aquela que apresentou um menor número de erros cometidos, cerca de 26% dos utilizadores comentaram a sua dificuldade na comparação da distância entre 2 pontos que estejam nas proximidades da área visível no ecrã.

Nesta tarefa foram cometidos 7 erros com a técnica de Scaled Arrows, 6 dos quais cometidos pelo mesmo utilizador que confundiu os conceitos de distância na técnica de Scaled Arrows, com os da técnica do HaloDot. Nas configurações que utilizavam o HaloDot foram cometidos 19 erros, 9 deles por 1 utilizador, diferente do que cometeu os erros com as Scaled Arrows e que comentou não ser capaz de comparar as dimensões dos arcos das margens, com as dos arcos situados nos cantos do ecrã. Finalmente, a utilização da técnica de Mini-Map conduziu apenas a 1 erro.

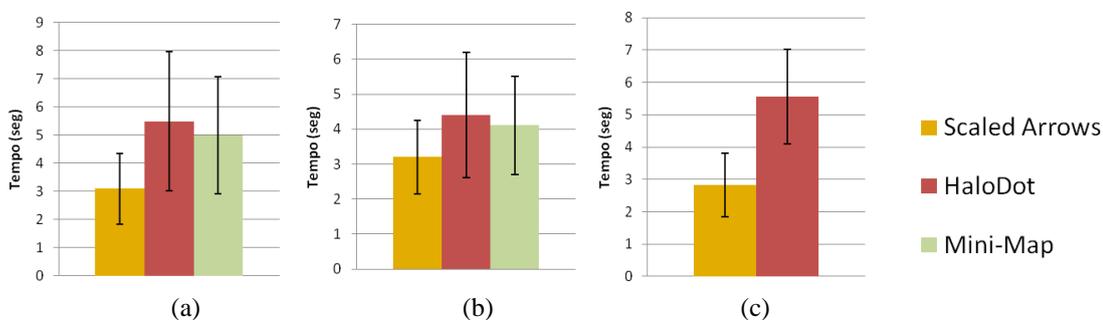


Figura 4.7 Tempos médios de execução, com barras de erro, da tarefa de Análise. (a) Com 3 pontos de interesse relevantes em 10 pontos no total e sem agregações (b) Com 6 pontos de interesse relevantes em 20 pontos no total e sem agregações (c) Com 6 pontos de interesse relevantes em 20 pontos no total e com agregações.

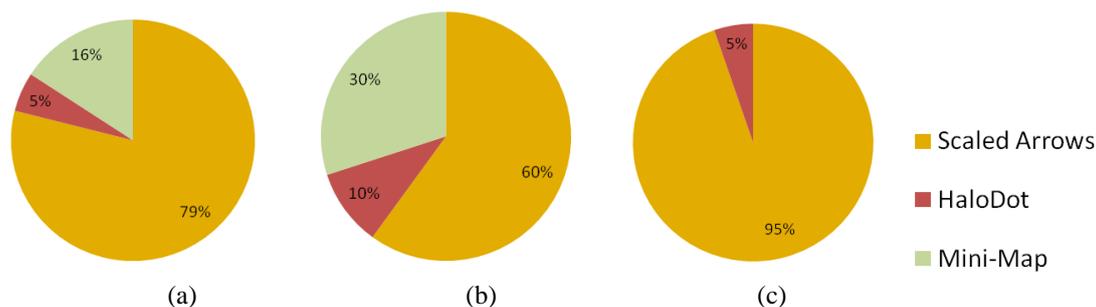


Figura 4.8 Preferências na tarefa de Análise. (a) Com 3 pontos de interesse relevantes em 10 pontos no total e sem agregações (b) Com 6 pontos de interesse relevantes em 20 pontos no total e sem agregações (c) Com 6 pontos de interesse relevantes em 20 pontos no total e com agregações.

Na tarefa de Navegação as preferências dividiram-se entre as técnicas de Mini-Map e Scaled Arrows (Figura 4.10). Este facto confirma, parcialmente, a primeira hipótese.

Como é possível observar nos gráficos da Figura 4.9, os tempos de execução nesta tarefa foram relativamente semelhantes, para as 3 técnicas, principalmente nas 3 primeiras configurações utilizadas (Figura 4.9 (a), (b) e (c)). É interessante verificar que os tempos obtidos na segunda e na terceira configuração são bastante semelhantes (Figura 4.9 (b) e (c)). Ambas as configurações têm o mesmo número de pontos com relevância elevada (igual ou superior a 0.8), contudo o número total de pontos de interesse na terceira (40) é o dobro do número de pontos presentes na segunda (20).

Adicionalmente, os utilizadores consideraram que os objectos com uma relevância reduzida não interferiram com a visualização, sendo, no entanto, visíveis. De acordo com estes factos, é possível concluir que a representação da relevância dos vários objectos fora do ecrã é apropriada, permitindo ao utilizador não só identificar a relevância aproximada dos vários pontos de interesse, como filtrar e abstrair a sua atenção dos menos relevantes. Estes resultados vão ao encontro da segunda e terceira hipóteses propostas.

A última configuração (10 pontos com relevância elevada em 40) foi a que apresentou resultados mais variados (Figura 4.9 (d)). O motivo pelo qual se justificam estes resultados está relacionado com o facto de, aproximadamente, 63% dos utilizadores, na sequência da execução da tarefa, perdeu a noção dos objectos que já tinha seleccionado, em pelo menos uma das técnicas. Comparando as 3 técnicas, é possível concluir que esta situação foi mais prejudicial para a técnica do HaloDot, na medida em que os utilizadores conseguiram concluir a tarefa mais facilmente com as técnicas de Mini-Map e Scaled Arrows.

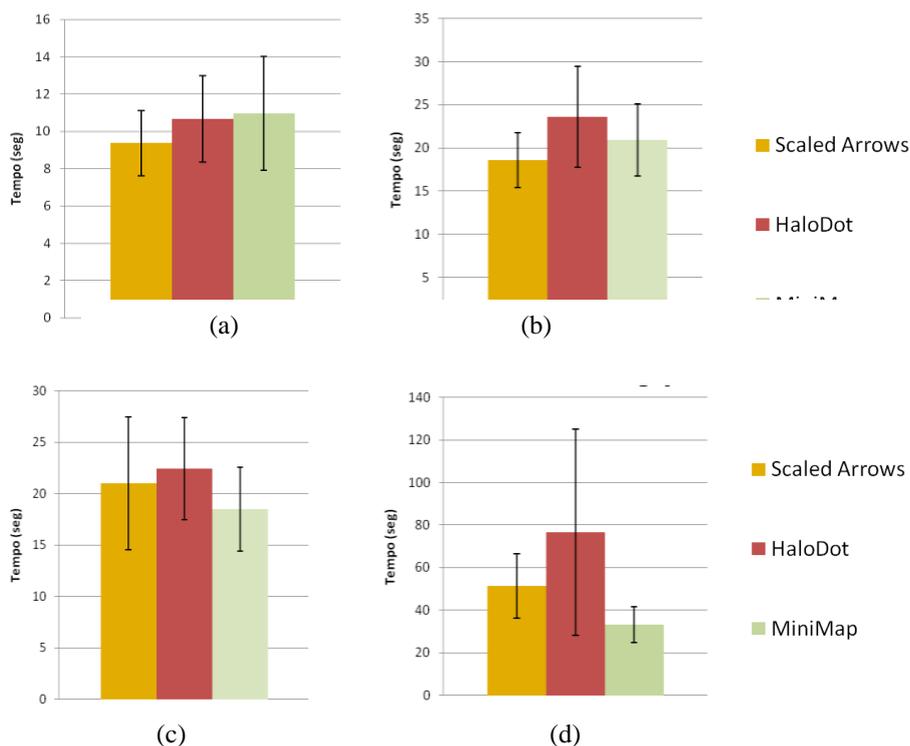


Figura 4.9 Tempos médios de execução, com barras de erro, da tarefa de Navegação. (a) 3 pontos com relevância elevada em 10. (b) 6 pontos com relevância elevada em 20. (c) 6 pontos com relevância elevada em 20. (d) 10 pontos com relevância elevada em 40.

Uma possível justificação desta ocorrência prende-se com o facto de os utilizadores focarem a sua atenção nas pistas dadas pelas técnicas de tal forma que acabaram por ignorar o aparecimento de um ponto com relevância elevada no mapa, associado a uma outra agregação. Esta situação é particularmente importante na medida em que significa que os utilizadores deram, por vezes, mais relevância a objectos fora do ecrã do que a objectos visíveis no ecrã, logo, mais relevantes.

Por outro lado, esta situação pode ser explicada pelas características visuais de cada uma das técnicas. Apesar da aplicação de métodos de agregação, a técnica do HaloDot continua a ser considerada bastante intrusiva, levando a uma cobertura considerável do ecrã. Adicionalmente, a constante alteração de tamanho dos vários HaloDots foi comentada, por aproximadamente 32% dos utilizadores, como uma distracção. Considerando estes dois factores, é perceptível que o aparecimento de um novo símbolo no mapa passe despercebido, independentemente da relevância apresentada por esse símbolo. Em comparação, as técnicas de Scaled Arrows e Mini-Map são muito menos intrusivas. Na primeira, mesmo com as constantes agregações e desagregações de setas, permite que o aparecimento de um novo símbolo no ecrã seja mais perceptível do que na técnica do HaloDot. Por outro lado, a técnica de Mini-Map permite a recolha de uma quantidade considerável de informação em relativamente pouco tempo, sendo fácil

detectar que pontos relevantes estão próximos do ecrã e prever quando é que estes se tornarão visíveis.

Nesta tarefa não foram cometidos quaisquer erros de navegação, ou seja, nenhum utilizador seleccionou um ponto com relevância reduzida. Este facto ajuda a suportar a segunda hipótese.

Globalmente, a técnica de Scaled Arrows (Figura 4.10) foi preferida relativamente à técnica do HaloDot. À excepção de um utilizador que considerou a forma da seta “muito mais agressiva que o HaloDot”, não foram feitos quaisquer comentários negativos relativamente à técnica de Scaled Arrows. Apesar deste comentário, o mesmo utilizador considerou esta técnica mais útil e usável que o HaloDot.

Tendo em conta os comentários dos utilizadores, a técnica do HaloDot foi considerada como extremamente intrusiva, confusa e/ou com bastantes distrações, em comparação com as técnicas de Scaled Arrows e Mini-Map.

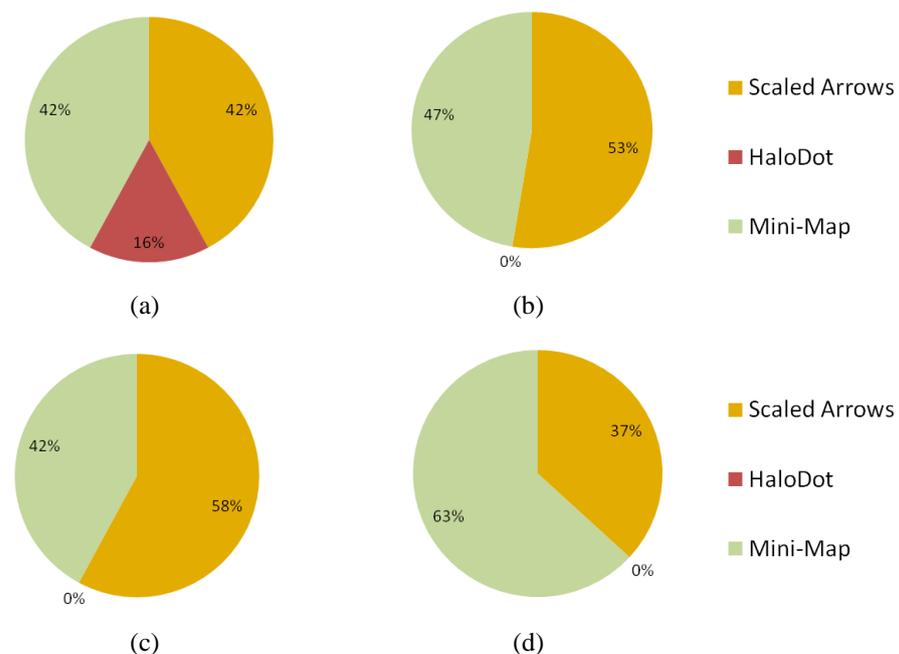


Figura 4.10 Preferências dos utilizadores na tarefa de Navegação. (a) 3 pontos com relevância elevada em 10. (b) 6 pontos com relevância elevada em 20. (c) 6 pontos com relevância elevada em 40. (d) 10 pontos com relevância elevada em 40.

Apesar de a técnica de Mini-Map ter sido uma das técnicas preferidas dos utilizadores, apresentou alguns aspectos menos positivos. Em primeiro lugar, alguns utilizadores comentaram o facto de terem de dividir a sua atenção constantemente entre dois mapas enquanto navegavam. Contudo, este problema foi minimizado à medida que alguns utilizadores se habituavam à técnica. Em segundo lugar, o facto de o mapa cobrir

parte do espaço visível no ecrã conduz a situações em que, embora o ponto de interesse procurado esteja dentro da área visível no ecrã, não o está, na medida em que tem o Mini-Map por cima. Finalmente, uma outra desvantagem apontada relaciona-se com o facto de o Mini-Map estar limitado a mostrar uma porção do espaço fora do ecrã, o que significa que podem existir situações em que o Mini-Map não esteja a mostrar todos os pontos de interesse existentes no mapa. Apesar de este estudo ter considerado que os pontos visíveis no Mini-Map, no início da tarefa, correspondiam a todos os pontos de interesse existentes no mapa principal, não só tal pode não acontecer com outras aplicações, como durante a tarefa de navegação os utilizadores não mantiveram o mapa centrado no mesmo local e ao arrastarem o mapa para uma determinada direcção, acabaram por se deparar com este problema. Consequentemente, esta situação poderá conduzir o utilizador a perder noção dos pontos existentes no mapa. Por outro lado, em comparação, as técnicas de HaloDot e Scaled Arrows apontam sempre para a localização de todos os pontos de interesse, independentemente da sua distância ao centro do ecrã.

4.4 Sumário e Discussão

Para a representação da relevância de pontos de interesse situados fora da área visível no ecrã foi escolhida uma combinação dos atributos cor e transparência. Os resultados dos testes efectuados permitem concluir que é um método de representação eficiente pois, não só permite a identificação da relevância dos pontos de interesse, num valor aproximado, como, através da utilização da transparência, permite ao utilizador abstrair-se dos resultados menos relevantes, reduzindo a carga cognitiva necessária para analisar um mapa com vários pontos de interesse. Estas conclusões não implicam, contudo, que outras representações, tão ou mais eficientes não possam vir a ser analisadas no futuro.

Adicionalmente, a agregação da representação de pontos de interesse utilizada no HaloDot e Scaled Arrows, reduz consideravelmente o problema da sobreposição da representação dos pontos. Juntamente com a representação da relevância, este método permite, também, uma filtragem dos resultados a serem visualizados no ecrã e, logo, uma menor carga cognitiva por parte do utilizador.

Da análise dos resultados obtidos através dos testes de usabilidade é possível concluir que a escolha de técnicas de representação de objectos fora da área visível no ecrã está dependente de, pelo menos, três factores principais:

- **Número de pontos de interesse a representar:** Quando existem poucos pontos de interesse no mapa, pelo menos até uma quantidade entre 10 e 20 pontos, a

eficiência e utilidade das várias técnicas é relativamente semelhante. Por outro lado, à medida que o número de pontos aumenta, técnicas menos intrusivas, como as Scaled Arrows, ou técnicas que permitam a recolha de grandes quantidades de informação sem grande esforço para os utilizadores, como o Mini-Map, tornam-se mais eficazes e simples de utilizar, ou simplesmente obtêm a preferência de um número maior de utilizadores.

- **Distância dos pontos de interesse:** É necessário ter em consideração a distância dos pontos de interesse a representar. Tendo este factor em consideração é possível decidir que técnica utilizar. Se o cenário de visualização corresponder a uma situação em que todos os pontos de interesse vão estar próximos da área visível no ecrã, a técnica de Mini-Map é a mais eficaz. Por outro lado, se os pontos de interesse puderem estar de tal forma distantes da área visível no ecrã, que não é possível garantir que todos os pontos de interesse sejam visíveis no Mini-Map, a técnica de Scaled Arrows é mais eficaz, na medida em que aponta para a localização de todos os pontos de interesse do mapa.
- **Simbologia utilizada na representação de pontos fora do ecrã:** Nos testes de usabilidade foi utilizada uma simbologia genérica para a representação dos pontos de interesse, dentro ou fora do ecrã, baseada naquela que é utilizada na aplicação de GoogleMaps, independentemente da categoria dos pontos de interesse. Assim, se for necessário considerar a existência de uma simbologia distinta e de acordo com diferentes categorias para os pontos de interesse disponíveis no mapa, algumas técnicas, como o Mini-Map, podem apresentar resultados menos positivos. De facto, pode-se tornar complicado distinguir a simbologia utilizada num mapa de pequenas dimensões, por atributos que não a cor ou a transparência. Em comparação, é expectável que seja mais fácil encontrar uma simbologia alternativa nas técnicas de HaloDot ou Scaled Arrows.

Adicionalmente, embora uma técnica de visualização *off-screen* tenha de ser o menos intrusiva possível, deve ser também o menos distractiva possível, de forma a evitar, que os utilizadores foquem a sua atenção demasiado na simbologia representativa do espaço fora no ecrã de tal forma que ignorem os pontos de interesse que vão surgindo dentro do ecrã, mais relevantes que os exteriores, como aconteceu nos testes de usabilidade com a técnica do HaloDot.

Capítulo 5

Conclusões e Trabalho Futuro

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais sobre o trabalho realizado, os respectivos resultados e o possível trabalho futuro que possa constituir uma continuidade ou melhoria a esta dissertação.

5.1 Conclusões

Apesar dos recentes desenvolvimentos na área dos serviços móveis que utilizam informação geográfica e nos de geovisualização móvel, constata-se que ainda existem diversos desafios por investigar na área da visualização de informação em dispositivos móveis, nomeadamente, a sinalização de objectos fora da área visível no ecrã. Têm sido propostas algumas técnicas para este efeito, contudo nenhuma delas explora a relevância dos objectos. Neste contexto, o objectivo desta dissertação foi demonstrar que as técnicas de visualização *off-screen* já existentes podem ser enriquecidas com a sinalização da relevância dos objectos existentes fora da área visível no ecrã.

De modo a concretizar este objectivo, foram estudadas as várias propostas existentes para a representação de objectos fora do ecrã e analisados vários estudos sobre a definição e representação da relevância. Constatou-se que a maioria das técnicas de visualização *off-screen* propostas ainda não fornecem a representação da relevância e algumas apresentam problemas de sobreposição de representações. Neste trabalho foram propostas soluções de representação da relevância de objectos fora do ecrã, lidando, adicionalmente, com a problemática da sobreposição de representações. Para tal, foi proposta a técnica do HaloDot [Gonçalves11a], que consiste numa variante da técnica do Halo com uma representação optimizada da direcção (através da utilização de setas), com representação da relevância (através da utilização de um código de cores e transparência) e com um algoritmo de agregação, de forma a evitar o problema da sobreposição.

De forma a validar as diversas opções de desenho das extensões propostas, foram concretizados diversos protótipos e realizados 2 testes de usabilidade. O primeiro, envolveu 16 utilizadores e foi efectuado com o objectivo de validar as diferentes opções de desenho na técnica do HaloDot [Gonçalves11b]. O segundo, envolveu 19 utilizadores e teve como objectivo a comparação entre as técnicas de HaloDot com as técnicas de Scaled Arrows e Mini-Map com representação da relevância de objectos fora do ecrã.

Os resultados dos testes efectuados permitiram concluir que a combinação do código de cores com níveis de transparência é um método de representação eficiente pois, não só permite a identificação da relevância dos pontos de interesse, como, através da utilização da transparência, permite ao utilizador abstrair-se dos resultados menos relevantes, reduzindo a carga cognitiva necessária para analisar um mapa com vários pontos de interesse. A utilização de um código de cores, juntamente com a optimização da noção de direcção possibilitou aos utilizadores uma maior facilidade na navegação e exploração de pontos de interesse. Por outro lado, o método de agregação permitiu aos utilizadores navegarem na aplicação mais facilmente com um maior número de pontos de interesse disponível. Adicionalmente, a combinação do código de cores com níveis de transparência, ajudou também os utilizadores a prestarem mais atenção a áreas com pontos mais relevantes [Gonçalves11b].

Finalmente, foi possível identificar a necessidade de considerar, pelo menos, 3 factores antes de se decidir que técnica de visualização *off-screen* usar, sendo estes: número de pontos de interesse a serem exibidos na área de trabalho; proximidade dos pontos de interesse da área visível no ecrã; e simbologia utilizada na representação dos pontos de interesse.

5.2 Trabalho Futuro

O trabalho desenvolvido proporcionou o alargamento do conhecimento sobre técnicas de visualização *off-screen* e permitiu ainda comparar técnicas de visualização *off-screen* com representação da relevância.

A realização dos objectivos propostos e a obtenção dos vários resultados deixa ainda em aberto um conjunto de aspectos que sobressaem da experiência do trabalho realizado e que permitem delinear uma linha de evolução. Passam-se a identificar alguns aspectos susceptíveis de conduzir a uma investigação futura.

A primeira possibilidade é efectuar estudos comparativos entre as técnicas aqui analisadas e outras mencionadas no trabalho relacionado, nomeadamente, a técnica de Wedge. A aplicação da representação da relevância à técnica de Wedge pode suscitar

questões interessantes na medida em que esta técnica já possui um algoritmo para evitar a sobreposição de simbologia. Analisar os resultados obtidos da combinação desta característica com o algoritmo de agregação proposto neste trabalho e avaliá-la com as restantes técnicas é um trabalho de continuidade interessante.

A técnica de Mini-Map é passível de ser otimizada nos aspectos que se revelaram menos positivos no teste comparativo. Como observado nos resultados deste estudo, esta técnica obteve resultados bastante positivos, contudo foram detectadas, pelos utilizadores, uma série de limitações, como a não visualização de pontos de interesse fora da área do Mini-Map, a sobreposição do Mini-Map sobre o mapa principal, que se pode sobrepor a pontos de interesse e a divisão da atenção do utilizador por 2 mapas. Estas limitações uma vez ultrapassadas, ou minimizadas, poderão tornar esta técnica ainda mais útil. Utilizando uma técnica pouco intrusiva, como a técnica de City Lights, poderá ser possível adicionar informação no Mini-Map, relativamente à existência de pontos fora da sua área de visualização, sem perturbar a interacção. Por outro lado, dando a possibilidade de remover o Mini-Map, torná-lo mais transparente ou fornecer alguma informação que realce a existência de um ponto de interesse sobreposto pelo Mini-Map podem também permitir uma optimização desta técnica. Relativamente à problemática da divisão da atenção do utilizador, a habituação do utilizador à técnica é expectável de ser a principal solução para este problema.

O estudo comparativo efectuado focou-se essencialmente na visualização *off-screen*. Um trabalho interessante e importante a realizar será analisar esta problemática juntamente com a da visualização da relevância de objectos visíveis no ecrã. A problemática da sobreposição de símbolos, ou mesmo da simbologia utilizada, pode ser interessante, já que haveria a necessidade de recorrer a métodos que fossem coerentes para os 2 tipos de visualização. Isto é, um dos focos deste projecto foi a agregação de HaloDots ou Scaled Arrows, contudo, os estudos que foram usados para a obtenção deste método estavam relacionados com a agregação dos próprios pontos de interesse. Deste modo, seria um desafio interessante perceber até que ponto estes 2 tipos de agregações podem ser combinadas, ou mesmo se um tipo prejudica o outro.

Finalmente, uma outra área de evolução futura relaciona-se com a aplicação dos métodos de representação da relevância propostos neste trabalho em ambientes 3D. De facto, a aplicação da representação da relevância de objectos fora do ecrã em ambientes tridimensionais, por exemplo, na área dos videojogos é um assunto em aberto e que poderá motivar uma investigação futura.

Anexo A

Plano de Trabalhos

Tarefa	Estimado	Realizado
Familiarização com técnicas de visualização <i>off-screen</i>	1 Mês	1 Mês
Familiarização com estudos sobre relevância em aplicações georreferenciadas	1 Mês	1 Mês
Desenho e concretização de técnicas de visualização <i>off-screen</i> com representação da relevância	6 Meses	6 Meses
Proposta de métodos para representação da relevância em objectos <i>off-screen</i>	1 Mês	1 Mês
Concretização das propostas feitas	1 Mês	2 Meses
Avaliação das propostas	1 Mês	1,5 Meses
Proposta de outras soluções para a representação da relevância de objectos <i>off-screen</i>	1 Mês	0,5 Meses
Concretização das propostas feitas	1 Mês	0,5 Meses
Comparação das várias propostas	1 Mês	0,5 Meses
Escrita da dissertação	1 Mês	1 Mês

Apesar de o projecto ter começado dia 15 de Setembro de 2010, com data final estimada de 15 de Junho de 2011, não foi possível entregar este documento na data prevista. Esta situação deve-se ao facto de ter havido a necessidade de participar em determinadas tarefas que não estavam previstas anteriormente, nomeadamente, a escrita dos 2 artigos referidos na secção de contribuições, a participação numa equipa de programação para o teste de uma API de visualização de pontos de interesse em Realidade Aumentada, chamada RUBI e a participação na escrita do artigo relativamente a esta API, com a referência:

- Pedro Silva, Paulo Pombinho, Ana Paula Afonso, Tiago Goncalves, Rubi: An Open Source Android Platform for Mobile Augmented Reality Applications. Workshop on Mobile Augmented Reality: Design Issues and Opportunities, MobileHCI 11, the 13th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services September, 2011 (aceite para publicação).

Anexo B

Plano de Avaliação: Validação do HaloDot

Questionários utilizados nos testes de usabilidade feitos para validar a técnica de HaloDot.

Perfil

Nome: _____

Sexo: M F

Idade: _____

Nível _____ de _____ Ensino:

Se tem ou frequenta um curso superior, indique qual: _____

Ocupação: _____

Pré-Questionário

Está familiarizado com aplicações que lhe permitam ter conhecimento da existência de objectos/itens fora da área visível no ecrã?

Se sim:

Como é que tal é indicado?

Que aplicações?

Com que frequência as usa?

Ocasionalmente: Uma vez por semana:
Várias vezes por semana: Diariamente:

Já utilizou aplicações de pesquisa de informação georreferenciada? _____

Se sim:

Com que objectivos?

Com que frequência as usa?

Ocasionalmente: Uma vez por semana:
Várias vezes por semana: Diariamente:

Qual a aplicação que mais usa?

Porquê ?

Já utilizou aplicações de pesquisa de informação georreferenciada em dispositivos móveis?

Se sim:

Com que objectivos?

Com que frequência as usa?

Ocasionalmente: Uma vez por semana:
Várias vezes por semana: Diariamente:

Qual a aplicação que mais usa?

Porquê ?

Tarefas

Tarefa 1:

O utilizador situa-se algures no concelho de Lisboa e, usando a sua aplicação no seu dispositivo móvel, faz uma pesquisa por estabelecimentos comerciais, ou outros, de acordo com uma série de parâmetros.

A aplicação devolve, logo de seguida, os resultados no mapa, estando alguns *off-screen*.

Tarefa 1.1:

Foi realizada uma pesquisa com a aplicação e esta devolveu alguns resultados, contudo eles não estão visíveis no ecrã. Encontre esses pontos e clique no símbolo de cada um, um por um.

Questões:

Facilidade em realizar a tarefa: 1 2 3 4 5

Principais dificuldades:

Tarefa 1.2:

Repita a tarefa anterior, tendo em conta os novos pontos no mapa.

Questões:

Facilidade em realizar a tarefa: 1 2 3 4 5

Facilidade em relação à anterior: + difícil Igual + fácil

Utilizou os Halos para realizar a tarefa: Sim Não

Principais dificuldades:

Tarefa 1.3:

Repita a tarefa anterior, tendo em conta os novos pontos no mapa.

Questões:

Facilidade em realizar a tarefa: 1 2 3 4 5

Facilidade em relação à anterior: + Difícil Igual + Fácil

Utilizou os Halos para realizar a tarefa: Sim Não

Notou alguma diferença em relação à tarefa anterior: Sim Não

Que diferenças:

Tarefa 2:

O utilizador situa-se algures no concelho de Lisboa e, usando a sua aplicação do seu dispositivo móvel, faz uma pesquisa por restaurantes, de acordo com uma série de parâmetros.

A aplicação devolve, logo de seguida, os resultados no mapa, estando alguns *off-screen*.

Tarefa 2.1:

Foi dada como especial preferência restaurantes japoneses.

Tendo em conta os resultados obtidos, encontre “O RESTAURANTE JAPONÊS”.

Questões:

Facilidade em realizar a tarefa: 1 2 3 4 5

Tarefa 2.2:

Foi dada como especial preferência restaurantes indianos.

Tendo em conta os resultados obtidos, encontre “O RESTAURANTE INDIANO”.

Questões:

Facilidade em realizar a tarefa: 1 2 3 4 5

Facilidade em realizar a tarefa em comparação com a anterior:

+ Difícil Igual + Fácil

Tarefa 2.3:

Foi dada como especial preferência restaurantes italianos.

Tendo em conta os resultados obtidos, encontre “O RESTAURANTE ITALIANO”.

Questões:

Facilidade em realizar a tarefa: 1 2 3 4 5

Facilidade em realizar a tarefa em comparação com a anterior:

+ Difícil Igual + Fácil

Percebeu que o vermelho era o mais relevante: Sim Não

Concordância com as cores: 1 2 3 4 5

Sugestões para outras:

Tarefa 3:

Este cenário é semelhante ao anterior.

Tarefa 3.1:

Foi dada como especial preferência restaurantes mexicanos.

Tendo em conta os resultados obtidos, encontre “O RESTAURANTE MEXICANO”.

Questões:

Facilidade em realizar a tarefa: 1 2 3 4 5

Dificuldade sentida com mais HaloDots da mesma cor:

1 2 3 4 5

Critérios usados:

Tarefa 4:

O utilizador situa-se no centro do concelho de Lisboa e, usando a sua aplicação do seu dispositivo móvel, faz uma pesquisa por todos os estabelecimentos comerciais à sua volta, num raio suficientemente grande que cobra todo o concelho.

Tarefa 4.1.

Trabalhe livremente com o mapa, nas diferentes condições que lhe serão apresentadas, arrastando-o, fazendo zoom in e zoom out, observando o que passa com as indicações gráficas dos pontos que vão para fora do ecrã. É livre de trabalhar com o mapa como bem entender.

Questões:

Facilidade em realizar a tarefa: 1 2 3 4 5

Percebeu a função do número: Sim Não Já tinha percebido

Dificuldade sentidas quando o número de pontos aumentou:

1 2 3 4 5

Que dificuldades:

Tarefa 5:

Cenário semelhante à situação anterior.

Tarefa 5.1.

Repita a tarefa anterior, de acordo com as novas condições.

Questões:

Preferência entre:

Centro no ponto médio ou no ponto mais relevante.

Numero sempre ou só quando houver mais do que um ponto.

Agregação por células ou faixas.

Anexo C

Resultados da Validação do HaloDot

Os resultados dos testes de usabilidade realizados para a validação da técnica de HaloDot encontram-se no conjunto de tabelas seguintes.

Estas têm os resultados das várias tarefas em milissegundos. Contudo as médias foram calculadas em segundos.

Para o cálculo dos outliers, primeiro foram calculados o primeiro (1Q) e o terceiro (3Q) quartis. Depois, foi calculado o intervalo entre os quartis ($IQR = 3Q - 1Q$). Seguidamente, foram calculados os limites inferior e superior para identificar os outliers, designados respectivamente por, outlier mínimo e outlier máximo, através das expressões:

$$\text{Outlier Mínimo} = 1Q - (1.5 * IQR)$$

$$\text{Outlier Máximo} = 3Q + (1.5 * IQR)$$

Por fim, foram cortados os valores inferiores ao outlier mínimo e os valores superiores ao outlier máximo[MathWorld].

Resultados da 1ª Tarefa

Utilizador/Tarefas	T1.1 - No Halo	T1.2 - Halo	T1.3 - HaloDot
A	43556	14959	16800
B	101398	16217	26236
C	39301	21902	15829
D	147094	15356	14947
E	26088	11709	18891
F	110209	45922	29470
G	56920	25193	26624
H	40388	23760	24278
I	49234	14052	30954
J	27221	12644	13276
K	50255	26314	15046

L	20133	18587	10159
M	119678	14552	16819
N	330989	17721	21930
O	9491	10060	13356
P	28580	20685	11434
	T1.1 - No Halo	T1.2 - Halo	T1.3 - HaloDot
Média	75,03	19,35	19,13
Desvio Padrão	79,10	8,58	6,59

Calculo dos outliers

1º Quartil	28240,25	14653,75	15241,75
3º Quartil	108006,25	23295,5	25746,5
IQR	79766	8641,75	10504,75
Outlier min	-91,40875	1,691125	-0,515375
Outlier max	227,65525	36,258125	41,503625

Resultados Filtrados

Utilizador/Tarefas	T1.1 - No Halo	T1.2 - Halo	T1.3 - HaloDot
A	43556	14959	16800
B	101398	16217	26236
C	39301	21902	15829
D	147094	15356	14947
E	26088	11709	18891
F	110209		29470
G	56920	25193	26624
H	40388	23760	24278
I	49234	14052	30954
J	27221	12644	13276
K	50255	26314	15046
L	20133	18587	10159
M	119678	14552	16819
N		17721	21930
O	9491	10060	13356
P	28580	20685	11434
	T1.1 - No Halo	T1.2 - Halo	T1.3 - HaloDot
Média	57,97	17,58	19,13
Desvio Padrão	41,38	5,02	6,59

Resultados das 2ª e 3ª Tarefas

Utilizador/Tarefas	T2.1 - No Halo	T2.2 - Halo	T2.3 - HaloDot	T3 - HaloDot
A	40914	39724	31407	48542
B	51754	25213	10403	14724
C	48943	21147	4916	16657
D	49113	37742	6469	18829

E	38522	22552	70093	8759
F	101539	80243	39584	32910
G	34304	55851	58179	14978
H	32932	58785	13083	33398
I	155540	126276	6382	9236
J	37632	23797	44565	39861
K	77884	35970	41383	12489
L	27917	18342	60789	20799
M	55585	99274	21864	32610
N	54174	107794	8917	46464
O	25064	88310	40152	12554
P	31022	17915	49075	12470
	T2.1 - No Halo	T2.2 - Halo	T2.3 - HaloDot	T3 - HaloDot
Média	53,93	53,68	31,70	23,46
Desvio Padrão	33,42	35,81	21,80	13,42

Calculo dos Outliers

1º Quartil	33961	24151	9288,5	14787,5
3º Quartil	55232,25	74878,5	43769,5	33276
IQR	21271,25	50727,5	34481	18488,5
Outlier min	2,054125	-51,94025	-42,433	-12,94525
Outlier max	87,139125	150,96975	95,491	61,00875

Resultados Filtrados

Utilizador/Tarefas	T2.1 - No Halo	T2.2 - Halo	T2.3 - HaloDot	T3 - HaloDot
A	48943	21147	4916	16657
B	49113	37742	6469	18829
C	38522	22552	70093	8759
D		80243	39584	32910
E	34304	55851	58179	14978
F	32932	58785	13083	33398
G		126276	6382	9236
H	37632	23797	44565	39861
I	77884	35970	41383	12489
J	27917	18342	60789	20799
K	55585	99274	21864	32610
L	54174	107794	8917	46464
M	25064	88310	40152	12554
N	31022	17915	49075	12470
O	9491	10060	13356	31574
P	28580	20685	11434	72334
	T2.1 - No Halo	T2.2 - Halo	T2.3 - HaloDot	T3 - HaloDot
Média	39,37	51,55	30,64	26,00

Desvio Padrão	16,73	37,55	22,22	17,02
---------------	-------	-------	-------	-------

Preferências

Utilizador	Ponto médio	Ponto mais relevante	Nº Sempre	Nº se > 1	Células	Faixas
A	0	1	0	1	0	1
B	0	1	1	0	0	1
C	0	1	1	0	0	1
D	0	1	1	0	1	0
E	0	1	1	0	0	1
F	0	1	1	0	0	1
G	1	0	1	0	0	1
H	0	0	1	0	0	1
I	0	1	0	1	0	1
J	0	1	0	1	0	0
K	1	0	0	0	0	1
L	0	1	1	0	1	0
M	0	1	0	1	0	1
N	0	1	1	0	0	1
O	1	0	0	1	0	0
P	0	1	1	0	0	1
	Ponto médio	Ponto mais relevante	Nº Sempre	Nº se > 1	Células	Faixas
Total:	3	12	10	5	2	12

Critérios utilizados com HaloDot

Utilizador	Critério 1	Critério 2	Critério 3
A	Cor		
B	Cor		
C	Cor	Maior nº	
D	Cor	Maior nº	Varrimento
E	Cor	Maior nº	
F	Cor		
G	Cor	Menor nº	
H	Cor	Distância	
I	Cor	Maior nº	
J	Cor	Varrimento	
K	Cor	Maior nº	
L	Cor	Maior nº	Varrimento
M	Cor		
N	Cor	Menor nº	
O	Cor		
P	Cor		

Observações Gerais:

Cor
Cenário 1: Utilizador percebe o significado da cor
Cenário 2: Utilizador não percebe o significado da cor, mas o vermelho chama-lhe a atenção
Cenário 3: Utilizador não percebe.
Cor confundida com Categoria ou Distância
Outras cores: Laranja
Cor do número pode atrapalhar (sugestão: numero se de outra cor).
Sugestão de usar uma distribuição de cores diferente: Azul: [0,50] Laranja: [51,79] Vermelho: [80,100]
Sugestão: Legenda
Transparência
Transparência associada à relevância ajuda.
Contudo quando associada a alguma coisa foi apenas à distância.
Sugestão: arcos ficarem completamente transparentes quando ponto está muito distante - só o "dot" ficar visível
Sugestão: usar apenas a transparência para a representação da relevância. Transparência ou mudança de tons.
Sugestão: Aplicar transparência nos símbolos de acordo com a relevância.
Dot/Ponto de Intersecção
Ajuda a identificar o número e arco.
Sugestão: Substituir por uma Seta.

Agregação + Número
Número não levanta dificuldades
Questão: "Porque é que passo de um arco para 2 ao mudar de zoom?" --> mostrar grelha?
Menos HaloDots = Melhor
Com muitos HaloDots a interação começa a ser prejudicada. Em outros casos não levanta grandes problemas.

Geral
HaloDot melhor que o Halo.
Nas tarefas com mais Halos algumas pessoas acharam que estes atrapalhavam mais que ajudavam.
Sugestão para a utilização de Setas ao invés de Halos.
Sugestão de Carregar no Halo/Seta e ir directamente para um ponto.

Experiência
Problemáticas on-screen (símbolos, sobreposição de símbolos)

Experiência dos Utilizadores

Utilizadores	Geo-Ref	Mobile Geo-Ref
A	1	0

B	1	0
C	1	1
D	1	0
E	1	1
F	1	1
G	1	0
H	1	1
I	1	0
J	1	1
K	1	0
L	1	0
M	1	1
N	1	1
O	1	1
P	0	0
Total:	15	8

Anexo D

Plano de Avaliação: Comparação de Técnicas de Visualização *Off-Screen* com Representação da Relevância

Questionários utilizados para a Comparação de Técnicas de Visualização *Off-Screen* com consideração de Relevância

Nota: Perfil e Pré-Questionários são iguais aos do Anexo B.

Tarefas

Habituação:

Após as explicações dadas sobre as várias técnicas, utilize os 3 protótipos e navegue livremente pelo mapa. Trabalhe com cada uma das aplicações até se sentir familiarizado com as 3 técnicas de visualização *off-screen*.

Técnica preferida: _____

Porquê: _____

Análise:

Para cada imagem apresentada, clique no ponto do Mini-Map, Seta ou Arco que corresponda ao ponto de interesse mais próximo e mais relevante no menor tempo possível.

Antes de começar a tarefa, seleccione Menu e depois Start Task.

Tarefa 1:

Nesta tarefa existem 10 pontos de interesse localizados fora do ecrã. 3 desses pontos têm uma relevância elevada e não existem agregações de setas ou arcos.

Técnica Preferida: _____

Porquê? _____

Scaled Arrows:

Classificação: _____

Observações: _____

HaloDot:

Classificação: _____

Observações: _____

MiniMap:

Classificação: _____

Observações: _____

Tarefa 2:

Nesta tarefa existem 20 pontos de interesse localizados fora do ecrã. 6 desses pontos têm uma relevância elevada e não existem agregações de setas ou arcos.

Técnica Preferida: _____

Porquê? _____

Scaled Arrows:

Classificação: _____

Observações: _____

HaloDot:

Classificação: _____

Observações: _____

MiniMap:

Classificação: _____

Observações: _____

Tarefa 3:

Nesta tarefa existem 20 pontos de interesse localizados fora do ecrã. 6 desses pontos têm uma relevância elevada e existem agregações de setas e arcos.

Técnica Preferida: _____

Porquê? _____

Scaled Arrows:

Classificação: _____

Observações: _____

HaloDot:

Classificação: _____

Observações: _____

Navegação:

Para cada situação apresentada, encontre e selecione todos os pontos de interesse como uma relevância elevada no menor tempo possível.

Tarefa 1:

Nesta tarefa existem 10 pontos de interesse localizados no mapa. 3 desses pontos têm uma relevância elevada.

Técnica Preferida: _____

Porquê? _____

Scaled Arrows:

Classificação: _____

Observações: _____

HaloDot:

Classificação: _____

Observações: _____

MiniMap:

Classificação: _____

Observações: _____

Tarefa 2:

Nesta tarefa existem 20 pontos de interesse localizados no mapa. 6 desses pontos têm uma relevância elevada.

Técnica Preferida: _____

Porquê? _____

Scaled Arrows:

Classificação: _____

Observações: _____

HaloDot:

Classificação: _____

Observações: _____

MiniMap:

Classificação: _____

Observações: _____

Tarefa 3:

Nesta tarefa existem 40 pontos de interesse localizados no mapa. 6 desses pontos têm uma relevância elevada.

Técnica Preferida: _____

Porquê? _____

Scaled Arrows:

Classificação: _____

Observações: _____

HaloDot:

Classificação: _____

Observações: _____

MiniMap:

Classificação: _____

Observações: _____

Tarefa 4:

Nesta tarefa existem 40 pontos de interesse localizados no mapa. 10 desses pontos têm uma relevância elevada.

Técnica Preferida: _____

Porquê? _____

Scaled Arrows:

Classificação: _____

Observações: _____

HaloDot:

Classificação: _____

Observações: _____

MiniMap:

Classificação: _____

Observações: _____

Anexo E

Resultados da Comparação de Técnicas de Visualização *Off-Screen* com Representação da Relevância

Os resultados dos testes de usabilidade para a comparação de técnicas de visualização *off-screen* com representação da relevância encontram-se no seguinte conjunto de tabelas.

Os resultados dos testes de usabilidade realizados para a validação da técnica de HaloDot encontram-se no conjunto de tabelas seguintes.

Estas têm os resultados das várias tarefas em milissegundos. Contudo as médias foram calculadas em segundos.

Para o cálculo dos outliers, primeiro foram calculados o primeiro (1Q) e o terceiro (3Q) quartis. Depois, foi calculado o intervalo entre os quartis ($IQR = 3Q - 1Q$). Seguidamente, foram calculados os limites inferior e superior para identificar os outliers, designados respectivamente por, outlier mínimo e outlier máximo, através das expressões:

$$\text{Outlier Mínimo} = 1Q - (1.5 * IQR)$$

$$\text{Outlier Máximo} = 3Q + (1.5 * IQR)$$

Por fim, foram cortados os valores inferiores ao outlier mínimo e os valores superiores ao outlier máximo[MathWorld]

Legenda:

SA = Scaled Arrows

HD = HaloDot

MM = Mini-Map

Nas seguintes tabelas, as tarefas estão nomeadas como <técnica><nº da tarefa>.

Tarefa de Habituação – Preferências

Utilizador	SA 1	HD 1	MM 1
A	3	2	4
B	4	3	3
C	3	3	4

D	5	4	5
E	3	4	5
F	5	3	4
G	4	1	4
H	3	4	5
I	3	4	2
J	4	5	5
K	4	4	5
L	3	4	3
M	3	3	4
N	5	4	4
O	3	3	5
P	5	4	5
Q	3	4	5
R	4	4	4
S	3	4	2

Tarefa de Análise – Tempos

Utilizador	SA 1	HD 1	MM 1	SA 2	HD 2	MM 2	SA 3	HD 3
A	906	2046	2263	1894	2879	4287	2929	4654
B	10083	2692	3017	3256	2023	989	1280	7739
C	9194	11231	2042	1959	1743	3071	1509	4145
D	2284	3987	5235	4238	3895	6682	1969	23213
E	1370	6550	4133	2149	2799	2674	5242	4996
F	4244	3707	3047	11674	21274	15280	4811	5574
G	4900	12147	14640	23870	7079	8617	26738	7983
H	2081	6229	7929	2920	6090	4791	2564	3044
I	2799	4493	7019	2483	4155	5068	3291	5094
J	2797	6783	8228	2211	10610	2668	1888	6889
K	2944	8797	8835	3688	3733	8156	2779	6523
L	3682	25756	4977	5090	6358	5469	4868	5408
M	5811	7349	10833	4434	6183	6049	5809	8155
N	3023	11423	11984	4287	12396	5358	3545	9890
O	4030	22324	7732	4573	12924	6956	4135	14467
P	2839	11088	4035	2529	8316	4294	2755	6495
Q	5984	4346	4926	4872	4926	4298	3393	8117
R	5328	5128	11862	2565	3302	3291	2772	3622
S	5439	3676	5366	6858	6519	5225	4884	5778
	SA 1	HD 1	MM 1	SA 2	HD 2	MM 2	SA 3	HD 3
Médias	4,196737	8,408	6,742263	5,028947	6,694947	5,432789	4,587421	7,462421

Cálculo dos Outliers

1o Quartil	2798	4166,5	4084	2506	3517,5	3789	2659,5	5045
3o Quartil	5383,5	11159,5	8531,5	4722,5	7697,5	6365,5	4839,5	8050
IQR	2585,5	6993	4447,5	2216,5	4180	2576,5	2180	3005

Outlier min	-1080,25	-6323	-2587,25	-818,75	-2752,5	-75,75	-610,5	537,5
Outlier max	5383,5	11159,5	8531,5	4722,5	7697,5	6365,5	4839,5	8050

Tempos Análise - Filtrado

Utilizador	SA 1	HD 1	MM 1	SA 2	HD 2	MM 2	SA 3	HD 3
A	906	2046	2263	1894	2879	4287	2929	4654
B		2692	3017	3256	2023	989	1280	7739
C			2042	1959	1743	3071	1509	4145
D	2284	3987	5235	4238	3895		1969	
E	1370	6550	4133	2149	2799	2674		4996
F	4244	3707	3047				4811	5574
G	4900				7079			7983
H	2081	6229	7929	2920	6090	4791	2564	3044
I	2799	4493	7019	2483	4155	5068	3291	5094
J	2797	6783	8228	2211		2668	1888	6889
K	2944	8797		3688	3733		2779	6523
L	3682		4977		6358	5469		5408
M		7349		4434	6183	6049		
N	3023			4287		5358	3545	
O	4030		7732	4573			4135	
P	2839	11088	4035	2529		4294	2755	6495
Q		4346	4926	4872	4926	4298	3393	
R	5328	5128		2565	3302	3291	2772	3622
S		3676	5366		6519	5225		5778
	SA 1	HD 1	MM 1	SA 2	HD 2	MM 2	SA 3	HD 3
Média	3,087643	5,490786	4,996357	3,203867	4,406	4,109429	2,83	5,567429
Desvio Padrão	1,255932	2,479512	2,082982	1,051459	1,783779	1,401147	0,98201	1,459749

Tarefa de Análise – Preferências

Utilizador	SA 1	HD 1	MM 1	SA 2	HD 2	MM 2	SA 3	HD 3
A	4	1	3	4	2	3	4	2
B	4	3	3	4	3	3	4	3
C	4	2	3	4	4	3	4	3
D	5	4	3	4	5	3	5	3
E	4	4	4	5	4	4	5	4
F	5	3	4	5	1	4	5	1
G	3	2	4	2	2	3	2	3
H	3	4	5	4	5	2	5	4
I	5	4	3	5	4	3	5	4
J	5	4	5	5	4	5	5	3
K	5	4	4	5	4	4	5	4
L	4	3	4	4	4	4	4	3

M	4	2	3	3	3	4	4	3
N	5	4	4	5	4	4	5	4
O	4	2	4	4	1	5	4	1
P	5	4	4	5	4	4	5	4
Q	5	5	3	5	5	3	5	5
R	5	3	4	4	3	5	5	4
S	2	4	3	3	3	4	4	3

Tarefa de Navegação – Tempos

Tempos das Configurações 1 e 2

Utilizador	SA 1	HD 1	MM 1	SA 2	HD 2	MM 2
A	11811	9540	13309	20813	44032	17797
B	7071	8138	7619	13549	12733	12660
C	11518	11181	6999	14494	17915	68957
D	6943	9740	7575	18964	20139	19579
E	9018	11059	19131	17100	18994	20010
F	27461	25396	23281	52735	50797	48162
G	10330	13660	9915	16744	35732	20570
H	11634	7795	12129	33617	32893	19717
I	9790	11453	9787	20807	28810	32599
J	9953	8149	7486	17275	34106	17717
K	6773	7175	10403	17907	19281	24357
L	46699	14368	13499	21994	25476	26859
M	8877	15034	11995	25162	21105	20352
N	18514	13572	17319	26763	31461	27758
O	10760	20809	37155	26870	27260	32806
P	8156	11799	33015	18225	21163	22905
Q	19522	14512	14530	26816	36513	29186
R	8575	11606	10839	15609	23121	20532
S	12903	18256	29377	21313	29682	30027
	SA 1	HD 1	MM 1	SA 2	HD 2	MM 2
Médias	13,49	12,80	15,55	22,46	27,96	26,98

Cálculo dos Outliers

1o Quartil	8726	9640	9851	17187,5	20622	19863,5
3o Quartil	12357	14440	18225	25962,5	33499,5	29606,5
IQR	3631	4800	8374	8775	12877,5	9743
Outlier min	3279,5	2440	-2710	4025	1305,75	5249
Outlier max	12357	14440	18225	25962,5	33499,5	29606,5

Tempos das Configu. 1 e 2 – Filtrado

User	SA 1	HD 1	MM 1	SA 2	HD 2	MM 2
A	11811	9540	13309	20813		17797
B	7071	8138	7619	13549	12733	12660
C	11518	11181	6999	14494	17915	
D	6943	9740	7575	18964	20139	19579

E	9018	11059		17100	18994	20010
F						
G	10330	13660	9915	16744		20570
H	11634	7795	12129		32893	19717
I	9790	11453	9787	20807	28810	
J	9953	8149	7486	17275		17717
K	6773	7175	10403	17907	19281	24357
L		14368	13499	21994	25476	26859
M	8877		11995	25162	21105	20352
N		13572	17319		31461	
O	10760				27260	
P	8156	11799		18225	21163	22905
Q			14530			29186
R	8575	11606	10839	15609	23121	20532
S				21313	29682	
	SA 1	HD 1	MM 1	SA 2	HD 2	MM 2
Média	9,37	10,66	10,96	18,57	23,57	20,94
Desvio Padrão	1,74	2,31	3,05	3,18	5,84	4,21

Tempos das Configurações 3 e 4

Utilizador	...	SA 3	HD 3	MM 3	SA 4	HD 4	MM 4
A	...	23761	26372	24888	37748	37357	39111
B	...	12449	17550	11865	73727	45998	38455
C	...	16567	21012	15231	29017	50037	23127
D	...	16697	20719	22423	24339	64584	27151
E	...	17906	23769	20813	74958	30264	25892
F	...	43240	83763	43686	264781	285095	67384
G	...	16441	15626	13330	151426	93119	49721
H	...	26325	18791	17412	40867	101260	30778
I	...	37587	20763	20952	104811	167152	29471
J	...	25085	35246	16953	55668	160065	23625
K	...	17207	17525	15924	51484	48236	24955
L	...	280528	51697	24044	59596	243868	160814
M	...	32555	30555	132382	52413	82308	53780
N	...	32126	28231	27307	191157	181436	41589
O	...	25225	25312	24665	245582	411924	153500
P	...	18266	29898	17928	59950	32228	28584
Q	...	64884	34284	22280	60214	449288	42752
R	...	13780	17560	14719	41356	25474	38783
S	...	33834	44920	81735	57452	136083	101082
	...	SA 3	HD 3	MM 3	SA 4	HD 4	MM 4
Médias	...	39,71	29,66	29,92	88,24	139,25	52,66
	...						
1o Quartil	...	16952	19755	16438,5	46420	47117	27867,5

3o Quartil	...	33194,5	32419,5	24776,5	89884,5	174294	51750,5
IQR	...	16242,5	12664,5	8338	43464,5	127177	23883

Cálculo dos Ouliers

Outlier min	...	-7411,75	758,25	3931,5	-18776,75	-143648,5	-7957
Outlier max	...	33194,5	32419,5	24776,5	89884,5	174294	51750,5

Tempos das Config 3 e 4 - Filtrado

User	...	SA 3	HD 3	MM 3	SA 4	HD 4	MM 4
A	...	23761	26372		37748	37357	39111
B	...	12449	17550	11865	73727	45998	38455
C	...	16567	21012	15231	29017	50037	23127
D	...	16697	20719	22423	24339	64584	27151
E	...	17906	23769	20813	74958	30264	25892
F	...						
G	...	16441	15626	13330		93119	49721
H	...	26325	18791	17412	40867	101260	30778
I	...		20763	20952		167152	29471
J	...	25085		16953	55668	160065	23625
K	...	17207	17525	15924	51484	48236	24955
L	...			24044	59596		
M	...	32555	30555		52413	82308	
N	...	32126	28231				41589
O	...	25225	25312	24665			
P	...	18266	29898	17928	59950	32228	28584
Q	...			22280	60214		42752
R	...	13780	17560	14719	41356	25474	38783
S	...				57452	136083	
	...	SA 3	HD 3	MM 3	SA 4	HD 4	MM 4
Média	...	21,03	22,41	18,47	51,34	76,73	33,14
Desvio Padrão	...	6,47	4,96	4,08	15,09	48,42	8,41

Tarefas Navegação – Preferências

User	SA 1	HD 1	MM 1	SA 2	HD 2	MM 2	SA 3	HD 3	MM 3	SA 4	HD 4	MM 4
A	3	4	2	3	2	4	4	2	4	3	2	3
B	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3
C	4	3	5	5	4	3	4	3	4	4	2	5
D	5	5	5	5	4	3	5	4	3	4	3	5
E	5	4	3	5	4	3	5	3	3	5	4	4
F	5	1	3	5	2	3	5	1	3	4	2	4
G	4	5	1	2	2	3	3	2	3	1	1	3
H	2	2	5	2	2	5	2	2	5	2	2	5
I	5	4	2	5	4	2	3	4	4	3	2	5
J	5	4	5	4	3	5	5	4	5	5	3	5
K	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4	4	5
L	3	3	4	3	3	4	2	3	4	2	2	4

M	3	2	4	3	3	4	4	4	3	3	3	4
N	5	4	4	5	4	5	5	5	5	5	4	5
O	3	2	5	3	2	5	3	2	5	3	1	5
P	4	5	5	5	4	5	5	4	5	4	4	5
Q	4	4	5	3	3	5	3	3	5	3	2	4
R	4	4	5	5	3	4	5	3	4	4	4	4
S	4	3	2	4	3	2	4	2	3	3	2	4

Observações Gerais

Pessoas ignoram objectos on-screen por estarem focados em na representação <i>off-screen</i> . Principalmente com o HaloDot.
Não acontece tanto com as setas por serem menos intrusivas, logo o aparecimento de pontos <i>on-screen</i> é mais visível.
Grande parte dos utilizadores perderam-se nas últimas duas tarefas, por terem de memorizar quais os pontos que já tinham seleccionado.
Embora se tenham também perdido com setas, os utilizadores a quem isso aconteceu encontraram melhor os pontos que com o HaloDot.
Pessoas acharam o HaloDot muito confuso, com muitos pontos. A constante alteração dos arcos foi confuso para alguns utilizadores.
Os cantos do HaloDot tornaram-se um problema para a avaliação do tamanho dos arcos nas tarefas de análise.
Problemas com o Mini-Map: pontos fora do Mini-Map; pontos pequenos; dificuldade em comparar a distância de pontos.
Cores + Transparência funcionam bem: Tudo é visível, azuis e roxos não atrapalham
Tempos de navegação próximos em tarefa 2 e 3 -> comprovam teoria da relevância

Erros

Utilizador	SA 1	SA 2	SA 3	HD 1	HD 2	HD 3	MM 1	MM 2	Observações
A	0	0	0	0	0	0	0	0	
B	1	0	0	0	0	0	0	0	
C	0	0	0	1	0	0	0	0	
D	0	0	0	0	0	1	0	0	
E	0	0	0	1	0	0	0	0	
F	0	0	0	0	0	0	0	0	
G	0	2	4	0	0	0	0	0	Confundiu os conceitos do HaloDot com Scaled Arrows
H	0	0	0	0	0	0	0	0	
I	0	0	0	0	0	0	0	0	
J	0	0	0	0	0	3	0	0	
K	0	0	0	0	0	0	0	1	
L	0	0	0	0	0	0	0	0	
M	0	0	0	0	0	0	0	0	
N	0	0	0	0	1	0	0	0	
O	0	0	0	2	4	3	0	0	Não conseguiu comparar o tamanho dos arcos

P	0	0	0	1	1	1	0	0
Q	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0
Total:	1	2	4	5	6	8	0	1

Experiência dos Utilizadores

Utilizador	Ocupação/Área	Geo-Ref	Mobile Geo-Ref
A	Informática	1	1
B	Informática	1	1
C	Informática	1	1
D	Informática	1	1
E	Informática	1	0
F	Informática	1	0
G	Informática	1	1
H	Adminstrador	1	0
I	Bio-Informatica	1	1
J	Informática	1	1
K	Geografia	1	0
L	Informática	1	1
M	Informática	1	0
N	F. Publica	1	1
O	Gestão	1	0
P	Humanidades	0	0
Q	Informática		
R	Informática	1	0
S	Biologia	0	0
Total		16	9

Bibliografia

- [Android SDK] <http://developer.android.com/sdk/index.html> (acedido em 28-5-2011).
- [Assassin's Creed II] <http://assassinscreed.uk.ubi.com/assassins-creed-2/> (acedido em 28-5-2011).
- [Basili96] V. R. Basili: The Role of Experimentation in Software Engineering: Past, Current, and Future. *Proceedings of the 18th international conference on Software engineering (ICSE'96)*, pp.442-449 (1996).
- [Baudisch03] P. Baudisch, R. Rosenholtz : Halo: a Technique for Visualizing Off-screen Locations. *Proceedings of the ACM CHI Conference on Human Factors in Computer Systems*, pp.481-488 (2003).
- [Burigat06] S. Burigat, L. Chittaro, S. Gabrielli : *Visualizing Locations of Off-screen Objects on Mobile Devices: A Comparative Evaluation of Three Approaches*, Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services (MobileHCI'06), pp.239-246 (2006).
- [Burigat07] Burigat S., Chittaro L.: Navigational in 3D virtual environments: Effects of user experience and location-pointing navigation aids. *International Journal of Human-Computer Studies*, Volume 65 Issue 1, pp. 945-958 (2007).
- [Burigat11] Burigat S., Chittaro L.: Visualizing references to off-screen content on mobile devices: A comparison of Arrows, Wedge and Overview + Detail. *Interacting with Computers*, 23, pp.156-166 (2011).
- [Cockburn03] Cockburn A., Savage J.: Comparing Speed-Dependent Automatic Zooming with Traditional Scroll, Pan and Zoom Methods. *People and Computers XVII: British Computer Society Conference on Human Computer Interaction*, pp 87-102 (2003).
- [CrazyTaxi] http://en.wikipedia.org/wiki/Crazy_Taxi (acedido em 28-5-

- 2011).
- [Ekman02] I. Ekman, P. Lankoski : What should it do? Key issues in navigation interface design for small screen devices, *CHI '02 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 622-623 (2002).
- [Gonçalves11a] T. Gonçalves, A. Afonso, M.B. Carmo, P. Pombinho: HaloDot: Visualization of the Relevance of Off-Screen Objects. *Proceedings of SIACG 2011, Simpósio Ibero-Americano de Computação Gráfica*, pp. 117-120 (2011).
- [Gonçalves11b] T. Gonçalves, A. Afonso, M.B. Carmo, P. Pombinho: Evaluation of HaloDot: Visualization of Relevance of Off-Screen Objects with Over Cluttering Prevention on Mobile Devices. *Interact2011*, aceite para publicação, (2011).
- [Google Maps] <http://code.google.com/intl/pt-PT/android/add-ons/google-apis/maps-overview.html> (acedido em 25-5-2011).
- [GoogleEarth] <http://earth.google.com/intl/pt/> (acedido em 28-5-2011).
- [Gustafson07] S. G. Gustafson, P. P. Irani : Comparing Visualizations for Tracking Off-screen Moving Targets, *CHI '07 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp.2399-2404 (2007).
- [Gustafson08a] S. Gustafson, P. Baudisch, C. Gutwin, P. Irani : Wedge: Clutter-Free Visualization of Off-screen Locations, *CHI '08 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 787-796 (2008).
- [Gustafson08b] S. Gustafson: Visualizing off-screen locations on small mobile displays, MSc thesis, University of Manitoba (2008).
- [Henze10a] N. Henze, S. Boll : Evaluation of an Off-screen Visualization for Magic Lens and Dynamic Peephole Interfaces, *Proceedings of the 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services (MobileHCI'10)*, pp. 191-194 (2010).
- [Henze10b] N. Henze, B. Poppinga, S. Boll: Experiments in the wild: Public Evaluation of Off-Screen Visualizations in the Android Market. *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries (NordiCHI 2010)*, pp.675-678 (2010).
- [Irani06b] P. Irani, C. Gutwin, X. D. Yang: Improving Selection of Off-Screen Targets with Hopping. *CHI'06 Proceedings of the*

- SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*, pp.299-308 (2006).
- [Mackinlay86] Mackinlay, J. : Automating the design of graphical presentations of relational information. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, pp. 110-141 (1986).
- [MathWorld] <http://mathworld.wolfram.com/Outlier.html> (acedido a 28-5-2011)
- [OpenStreetMaps] <http://www.openstreetmap.org/> (acedido a 28-5-2011).
- [Osmdroid] <http://code.google.com/p/osmdroid/> (acedido a 28-5-2011).
- [Pombinho08] P. Pombinho: Visualização de Informação Georreferenciada em Dispositivos Móveis, Tese de Mestrado, Relatório Técnico DIFCUL (2008).
- [Pombinho09] P. Pombinho, M. B. Carmo, A. P. Afonso: Evaluation of Overcluttering Prevention Techniques for Mobile Devices. *IV '09 Proceedings of the 2009 13th International Conference Information Visualization*, pp. 127-134 (2009).
- [Prototype] <http://www.prototypegame.com/us/index.html> (acedido em 28-5-2011).
- [Reichenbacher07] T. Reichenbacher, The concept of relevance in mobile maps. *LOCATION BASED SERVICES AND TELE CARTOGRAPHY*, pp. 231-246 (2007).
- [Reichenbacher09] T. Reichenbacher, Geographic Relevance in mobile services. *LOCWEB '09 Proceedings of the 2nd International Workshop on Location and the Web*, Article nº 10 (2009).
- [Schinke10] T. Schinke, N. Henze, S. Boll : Visualization of Off-screen Objects in Mobile Augmented Reality. *MobileHCI '10 Proceedings of the 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services*, pp.313-316 (2010).
- [Silva11] S. Silva, B. S. Santos, J. Madeira: Using Color in Visualization: A Survey. *Computer & Graphics*, Vol. 35, Nº. 2, pp. 320-333 (2011)
- [Swienty07] O. Swienty, M. Zhanga, T. Reichenbacherb, L. Menga: Establishing a neurocognition-based taxonomy of graphical variables for attention-guiding geovisualization. *Geoinformatics 2007: Cartographic Theory and Models*, (2007).
- [Swienty08] O. Swienty, T. Reichenbacher, S. Reppermund, J. Zihl : The role of relevance and cognition in attention-guiding

- geovisualization. *Cartographic Journal*, pp. 227-238 (2008).
- [Wolfe04] J. M. Wolfe, T. S. Horowitz: What attributes guide the deployment of visual attention and how do they do it?. *Nature Reviews Neuroscience*, pp. 495-501 (2004).
- [Zelkowitz98] M. V. Zelkowitz, D. R. Wallace: Experimental Models for Validating Technology. *Computer, Mobile Computing*, pp. 23-31 (1998).
- [Zellweger03] P. T. Zellweger, J. D. Mackinlay, L. Good, M. Stefik, P. Baudisch : City Lights: Contextual Views in Minimal Space. *CHI '03 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 838-839 (2003).