

Universidade do Estado da Bahia
Departamento de Ciências Exatas e da Terra
Colegiado de Sistemas de Informação

Estudo Comparativo dos Mecanismos de Localização e Orientação Aplicados ao GAMEAR-FP

Washington Luiz Tavares Santos Júnior

Salvador
2013

Washington Luiz Tavares Santos Júnior

Estudo Comparativo dos Mecanismos de Localização e Orientação Aplicados ao GAMEAR-FP

Monografia apresentada à Banca Examinadora como exigência parcial para obtenção do título de bacharel em Sistemas de Informação pela Universidade do Estado da Bahia.

Universidade do Estado da Bahia – UNEB
Departamento de Ciências Exatas e da Terra
Curso de Sistemas de Informação

Orientador: Alexandre Rafael Lenz

Salvador
2013

Washington Luiz Tavares Santos Júnior

Estudo Comparativo dos Mecanismos de Localização e Orientação Aplicados ao GAMEAR-FP

Monografia apresentada à Banca Examinadora como exigência parcial para obtenção do título de bacharel em Sistemas de Informação pela Universidade do Estado da Bahia.

Trabalho aprovado em ____/____/2013:

Prof. Alexandre Rafael Lenz
Doutorando em Ciência da Computação
Universidade do Estado da Bahia

Prof. Eduardo Manuel de Freitas Jorge
Doutor em Difusão do Conhecimento
Universidade do Estado da Bahia

Prof. Murilo do Carmo Boratto
Doutorando em Matemática Aplicada as Ciências e as Engenharias
Universidade do Estado da Bahia

Agradecimentos

Agradeço às pessoas que me possibilitaram, sem medir esforços, tornar o sonho da graduação uma realidade. Essas pessoas são meus pais: Washington Luiz Tavares Santos e Jocineide Ferreira dos Santos. Com certeza, agora, eles estão extremamente satisfeitos, pois aquele sentimento de possibilitar aos filhos o que não foi possível a si próprio teve êxito. Depois de vários aborrecimentos por eu sempre preferir o estudo ao invés de auxiliá-los nas atividades cotidianas, depois de um notebook quebrado quando disse que desistiria, é chegada a hora da vitória.

Agradeço (de coração, sqn!) a toda minha família por fazer aniversários e festas sempre nos dias anteriores às avaliações, impossibilitando a minha presença. Aos meus primos por ficarem extremamente (in)satisfeitos todas as vezes que faltava as tais festas.

Agradeço (ironicamente) aos docentes de Sistemas de Informação/UNEB por combinarem as avaliações para os mesmos dias, pelas noites sem dormir, pelos finais de semana sem curtir, por passarem uma infinidade de atividades, provas, trabalhos, avaliações, slides, textos, livros, questionários (ufa!) como se a vida fosse somente estudo, pelas discussões, brigas e “choros” nas correções, pelos “décimos” (quase nunca) conquistados “pau-a-pau” e pelos conselhos “O que você faz enquanto dorme?”, “Eu não te conto meus problema, então não me fale dos seus!”, “Vocês são alunos da UNEB!”, “Poderia ser pior se vocês tivessem família, filhos!”.

Agradeço às amizades conquistadas nessa jornada. Nunca pensei que o “brodismo”, modo de vida baseado na ajuda mútua, fosse condição imprescindível à graduação. Em relação à turma 2008.1, fomos separados abruptamente no 2º semestre. Lembro que brincávamos “se foi aprovado no 2º semestre, o curso está concluído”. Amarga ilusão! Em relação à turma 2009.1, graças ao indigesto 2º semestre, nos tornamos companheiros, durante todo o restante do curso. A galera da turma 2010.1 e do ERBASE também se faz presente. As resenhas de Juazeiro e de Aracaju (“Pen Drive, Leo Kret do Brasil, Velho Barreiro, Ilha do Fogo e do Rodeadouro, Largar de Barriga, Malhado e Gostoso”) nunca serão esquecidas.

Agradeço aos meus amigos (da Abdala ou da RDB – Rua De Barro), que mesmo sabendo da minha resposta negativa, insistiam em me chamar para sair. Pelas intermináveis “alugações” em relação a minha dedicação, pelos incentivos e até pedidos para que eu fosse estudar... Agradeço também aos amigos do Facebook (minha vida, ops!, rede social).

Agradeço aos amigos dos trabalhos pelas chacotas (“Essa bicicleta é minha!”, “Você é estagiário!”), pelos incentivos e pela ajuda na realização das atividades. Agradeço também ao

chefe Alexandre Jatobá, tenho que fazer a média, pelas liberações para as viagens do ERBASE, pelas férias que me permitiram concluir este TCC!

Agradeço ao orientador Alexandre Lenz por acreditar neste trabalho, pelos incentivos, pelos auxílios e pelas críticas tão fundamentais à conclusão do mesmo!

Agradeço ao professor Grinaldo Lopes e ao amigo Leonardo Rodrigues por me permitirem que desse continuidade ao trabalho anteriormente desenvolvido por ambos.

Agradeço também ao professor Eduardo Jorge pelas enfáticas críticas seguidas de incentivos. Além dos remédios tarja preta tão necessários a minha lucidez =P.

Esta conquista não é minha, é de vocês. Todos vocês foram e continuam sendo importantes na minha vida! Obrigado por tudo \o/!

Resumo

A realidade aumentada consiste na inserção, em tempo real, de elementos virtuais no ambiente real com o objetivo de complementá-lo. Com o incremento da capacidade de processamento dos dispositivos móveis, a realidade aumentada tornou-se mais acessível, na medida em que todos os recursos necessários estão em um único dispositivo. No entanto, aumentar o ambiente não é a única preocupação, é necessário fornecer formas de o usuário acessar a informação virtual em seu contexto relevante. Dentro desta perspectiva, este trabalho objetiva comparar três mecanismos de localização e orientação (distância em linha reta, direcionamento por bússola e marcação em mapa) que facilitam ao usuário dirigir-se ao local onde a informação é relevante. Para tanto foi dada continuidade ao desenvolvimento do jogo GAMEAR-FP, o qual foi utilizado em uma pesquisa de campo para obtenção e análise dos dados referente aos mecanismos supracitados.

Palavras-chave: Comparação, Mecanismos de Localização e Orientação, Realidade Aumentada

Abstract

Augmented reality is the insertion of virtual elements of the real environment in order to complement it in real-time. With the increased processing power of mobile devices, augmented reality has become more accessible, to the extent that all necessary resources are in a single device. However, increasing the environment is not the only concern, it is required to provide ways for the user to access the virtual information in their relevant context. Within this perspective, this study aims to compare three mechanisms of location and orientation (straight-line distance, direction by compass and marking on map) that facilitate the user to go to the place where the information is relevant. For that was given to further develop the game GAMEAR-FP, which was used in a search field for obtaining and analyzing data regarding the mechanisms mentioned above.

Keywords: Comparison, Mechanisms of Location and Orientation, Augmented Reality

Lista de ilustrações

Figura 1 – Exemplos de Realidade Misturada: (a) AVTC (<i>AugmentedVirtualityTele-Conferencing</i>); (b) LIRA – Livro Interativo com Realidade Aumentada14
Figura 2 – Contínuo Realidade-Virtualidade.	14
Figura 3 – Cenário de realidade aumentada	16
Figura 4 – Tipos de Realidade Aumentada baseados na visão: (a) Visão Óptica Direta ou por Vídeo; (b) Visão Direta por Apontamento de Dispositivo Móvel; (c) Visão Indireta por Monitor	17
Figura 5 – Dispositivos móveis executando realidade aumentada: (a) Típica mochila “móvel” com capacete HMD; (b) UMPC; (c) PDA; (d) <i>Smartphone</i>	19
Figura 6 – Instrumentos de localização e orientação geográfica: (a) Bússola; (b) Receptor GPS; (c) Mapa (neste caso, mapa do Brasil político)	21
Figura 7 – Rosa dos ventos com os pontos cardeais, colaterais e sub-colaterais	21
Figura 8 – Representação do Norte Geográfico (NG) e Norte Magnético (NM)	22
Figura 9 – Segmentos do sistema GPS	23
Figura 10 – Obtenção da posição: (a) Esfera após cálculo da distância ao 1º satélite; (b) Circunferência após cálculo da distância ao 2º satélite; (c) Pontos após cálculo da distância ao 3º satélite; (d) Ponto após cálculo da distância ao 4º satélite24
Figura 11 – Trabalhos Relacionados: (a) Aguiar et al. (2009); (b) Wikitude; (c) SpecTrek	29
Figura 12 – Etapas da Metodologia do Projeto	31
Figura 13 – Modelo Conceitual do GAMEAR-FP	33
Figura 14 – Diagrama de Casos de Uso	34
Figura 15 – Diagrama Entidade-Relacionamento	34
Figura 16 – Interfaces gráficas: (a) Tela inicial; (b) Tela de mapeamento do objeto virtual; (c) Tela de lista de objetos virtuais mapeados; (d) Tela de jogo	35
Figura 17 – Funcionamento: (a) Jogador distante aprox. 60-70m; (b) Objeto virtual encontrado (aprox. 50 m); (c) Jogador distante aprox. 30 m; (d) Jogador distante aprox. 20 m; (e) Jogador distante aprox. 10 m	36
Figura 18 – Diagrama de Casos de Uso (em laranja, os novos casos de uso acrescentados e, em azul, o caso de uso retirado)	38
Figura 19 – Arquivos de log: (a) Objeto virtual encontrado (raio final de 5 m); (b) Tempo esgotado (3 min.)	39
Figura 20 – Novo Modelo Conceitual do GAMEAR-FP	39

Figura 21 – Interfaces gráficas: (a) Tela inicial; (b) Tela de mapeamento do objeto virtual; (c) Tela de configuração; (d) Tela de lista de objetos virtuais mapeados; (e) Tela de jogo; (f) Tela de log	41
Figura 22 – Funcionamento: (a) Jogador fora do raio inicial; (b) Jogador no raio inicial de 5 m; (c) Jogador no raio de 10 m (no campo de visão); (d) Jogador no raio de 10 m (fora do campo de visão); (e) Jogador no raio final de 5 m (tela de log); (f) Tempo esgotado (tela de log)	43
Figura 23 – Inclusão da biblioteca architect.js no ARchitect World	44
Figura 24 – Declaração da architectView em um layout XML de uma <i>activity</i>	44
Figura 25 – Definição dos raios inicial e final	44
Figura 26 – Definição dos mecanismos distância e bússola	44
Figura 27 – Cenário. Em verde, o ponto de partida e, em azul, o ponto de interesse	45
Figura 28 – Gráficos: (a) Distância média inicial e final do usuário ao objeto virtual; (b) Variação percentual da distância média	49
Figura 29 – Percentual de vezes em que o objeto foi alcançado nas validações	52
Figura 30 – Tempo transcorrido do início do jogo até o encontro do objeto virtual	54

Lista de tabelas

Tabela 1 – Resultados médios da validação por mecanismo utilizado	.	.	.	48
Tabela 2 – Resultados das validações cujo objetivo foi concluído	.	.	.	53
Tabela 3 – Resultados das validações por distância	.	.	.	61
Tabela 4 – Resultados das validações por bússola	.	.	.	61
Tabela 5 – Resultados das validações por mapa	.	.	.	62
Tabela 6 – Resultados das validações por distância e bússola	.	.	.	62
Tabela 7 – Resultados das validações por distância e mapa	.	.	.	63
Tabela 8 – Resultados das validações por bússola e mapa	.	.	.	63
Tabela 9 – Resultados das validações por distância, bússola e mapa	.	.	.	64

Sumário

1. Introdução	11
2. Fundamentos de Realidade Aumentada, Localização e Orientação Geográfica	13
2.1. Realidade Misturada (ou Mista)	13
2.1.1. Realidade Aumentada	15
2.1.2. Realidade Aumentada Móvel.	17
2.2. Localização e Orientação Geográfica	20
3. GAMEAR-FP	27
3.1. Trabalhos Relacionados	27
3.2. Conceito e Aplicabilidade	30
3.3. Proposta Metodológica	31
3.4. Projeto GAMEAR-FP	32
3.4.1. Versão Inicial	33
3.4.2. Nova Versão	37
3.5. Validação e Resultados Obtidos	45
3.5.1. Variação Percentual da Distância	48
3.5.2. Efetividade no Encontro do Objeto Virtual e Tempo Transcorrido	52
4. Considerações Finais	55
Referências	58
APÊNDICE A – Dados dos arquivos de log por mecanismo de localização e orientação	.61

1. Introdução

A convergência de recursos computacionais de *hardware* e de mecanismos capazes de facilitar a interação do usuário com o computador permitiu o surgimento da realidade aumentada na década de 90 (KIRNER e SISCOOTTO, 2007). A possibilidade de representar elementos virtuais em um ambiente real com a utilização de tecnologias relativamente comuns, como câmera filmadora(ou *webcam*) de dispositivos móveis e computadores pessoais, tornou-se um incentivo a utilização da realidade aumentada nas interações humano-computador.

Atrelado a isto, a expansão do mercado de *smartphones*, o crescimento da capacidade de processamento destes e o desenvolvimento de pesquisas na computação ubíqua, pervasiva e móvel, representada principalmente pelos sistemas sensíveis ao contexto, provocaram um aumento significativo na quantidade de aplicativos implementados. Muitos destes utilizam o sistema de localização do aparelho para apresentar informações visuais, sintetizadas em elementos gráficos, sobrepostas à imagem capturada pela câmera (ambiente real), por intermédio da realidade aumentada.

Neste cenário, Gartner (2011) apontou a realidade aumentada como uma tecnologia emergente, na qual as expectativas estão infladas, e ainda estipulou um prazo de 5 a 10 anos para a adoção generalizada. Enquanto o Instituto Nokia de Tecnologia(2011) elegeu a realidade aumentada como uma das 10 tendências destaques sobre mobilidade.

Muitos dos aplicativos que utilizam a realidade aumentada estão preocupados apenas em renderizar elementos virtuais em um cenário real. Desta forma, caso o usuário não esteja próximo ao elemento e, portanto, não possa visualizá-lo, o aplicativo não fornece nenhuma informação que o permita chegar ao local desejado. Com isso, um aspecto relevante da realidade aumentada consiste no mapeamento do elemento virtual no mundo real, ou seja, determinar a localização deste. Tão essencial quanto esse posicionamento, é o fornecimento de um *feedback*, em tempo real, da localização e orientação do elemento em relação ao usuário. Desta forma, este pode situar-se geograficamente no ambiente. Alguns dos possíveis *feedbacks* são indicar as direções onde os elementos estão ou ainda as distâncias aproximadas.

Este trabalho de pesquisa objetivou comparar três mecanismos de localização e orientação para facilitar a localização de determinado ponto de interesse, representado por um elemento virtual, em um cenário real aberto, no contexto de dispositivos móveis. Exclui-se, portanto, ambientes fechados ou locais onde a utilização do GPS não seja possível. Os

mecanismos comparados neste trabalho são a distância em linha reta, o direcionamento por bússola e a marcação em mapa. Para tanto, será dada continuidade ao desenvolvimento, na plataforma móvel Android, do jogo GAMEAR-FP, cujo objetivo, conforme Rodrigues (2012), é encontrar objetos virtuais, previamente mapeados, numa determinada área. O jogador deve explorar o cenário em busca deles. O jogo é finalizado assim que os objetos são encontrados.

Com essa investigação, espera-se fornecer análises e informações quanto à efetividade na localização do ponto de interesse, de acordo com o mecanismo utilizado, contribuindo, desta forma, com a discussão sobre os mecanismos de localização e orientação em aplicativos para dispositivos móveis. Já em relação ao GAMEAR-FP, espera-se efetuar contribuições importantes para o amadurecimento do mesmo, entre as quais: (i) acréscimo de informação de direcionamento baseado em bússola, (ii) distância, em linha reta, do usuário ao objeto mais próximo e (iii) uma visão de mapa com a localização do jogador e dos objetos.

Para validar esses resultados esperados, foi realizada uma pesquisa de campo, no qual grupos de pessoas jogaram o *game*. Cada grupo utilizou um ou vários mecanismos de localização e orientação. O jogo monitorou se o objeto virtual foi encontrado e o tempo gasto para isso. Desta forma, o jogo foi utilizado na pesquisa de campo para a coleta de dados. A posterior análise desses dados forneceu informações relevantes sobre os mecanismos utilizados.

Este trabalho está dividido em quatro capítulos. No Capítulo 2, os conceitos fundamentais de realidade aumentada, localização e orientação geográfica são apresentados. Já no Capítulo 3, são descritos os trabalhos relacionados a este projeto assim como a proposta metodológica. Este capítulo ainda apresenta uma descrição minuciosa do jogo GAMEAR-FP, incluindo as funcionalidades já existentes anteriormente e as inseridas como parte deste projeto, encerrando com o detalhamento da validação e a análise dos resultados. Por fim, no Capítulo 4, as considerações finais são apresentadas e os possíveis trabalhos futuros são vislumbrados tanto para o GAMEAR-FP quanto para o estudo dos mecanismos de localização e orientação.

2. Fundamentos de Realidade Aumentada, Localização e Orientação Geográfica

Os conceitos que fundamentam este projeto são apresentados neste capítulo. Desta forma, a área da computação realidade aumentada é contextualizada assim como as definições sobre localização e orientação geográfica são abordadas.

Na Seção 2.1, a realidade aumentada é discorrida. Com isso, esta seção inicia-se com a abordagem de um contexto mais amplo denominado realidade misturada. Posteriormente, a realidade aumentada e a realidade aumentada móvel são definidas. Na realidade aumentada móvel, questões relacionadas ao rastreamento e alinhamento são apresentadas. Por fim, na Seção 2.2, os conceitos fundamentais da localização e orientação geográfica são discorridos. A utilização de bússola, de receptores GPS e de mapas como instrumentos utilizados com o objetivo de localizar-se e orientar-se no espaço geográfico são abordados.

2.1 Realidade Misturada (ou Mista)

Realidade misturada, realidade aumentada, virtualidade aumentada, realidade virtual não são conceitos sinônimos. Pode-se afirmar que a realidade aumentada e a virtualidade aumentada estão inseridas em um contexto mais amplo denominado realidade misturada. No entanto, é recorrente apenas o uso do vocábulo realidade aumentada.

Uma definição para realidade misturada (ou mista) é dada por Milgram et al. (1994), na qual realidade misturada é a apresentação em conjunto de objetos do mundo real e objetos do mundo virtual em um único *display*. Neste momento, é indiferente se são os objetos virtuais que são gerados e integrados ao ambiente real ou se são os objetos reais que são capturados e reconstruídos no ambiente virtual. Desta forma, a realidade misturada está situada entre o ambiente puramente físico (real) e o ambiente puramente simulado (virtual), agregando, portanto, características específicas destes dois ambientes.

A realidade misturada pode ser exemplificada pelo AVTC (*Augmented Virtuality Tele-Conferencing*), um sistema de teleconferência que permite a integração do vídeo de uma pessoa real (vídeo avatar) em um ambiente virtual tridimensional. Os usuários remotos (público) visualizam, conforme Figura 1(a), o resultado dessa integração, percebendo,

inclusive, a interação da pessoa real (vídeo avatar) com o ambiente virtual e com o próprio público (SISCOOTTO e TORI, 2004).

Outro exemplo de aplicação com realidade misturada é o LIRA - Livro Interativo com Realidade Aumentada. Neste livro, além de informações textuais e visuais convencionais, há informações visuais 3D (animadas ou não) e auditivas, conforme Figura 1(b). Com o uso de microcomputador, *webcam*, *software* específico e marcadores gráficos impressos no livro, é possível sobrepor às páginas elementos inexistentes no mundo real, disparando, inclusive, sons relacionados (OLIVEIRA, RECCHIA e KIRNER, 2005).

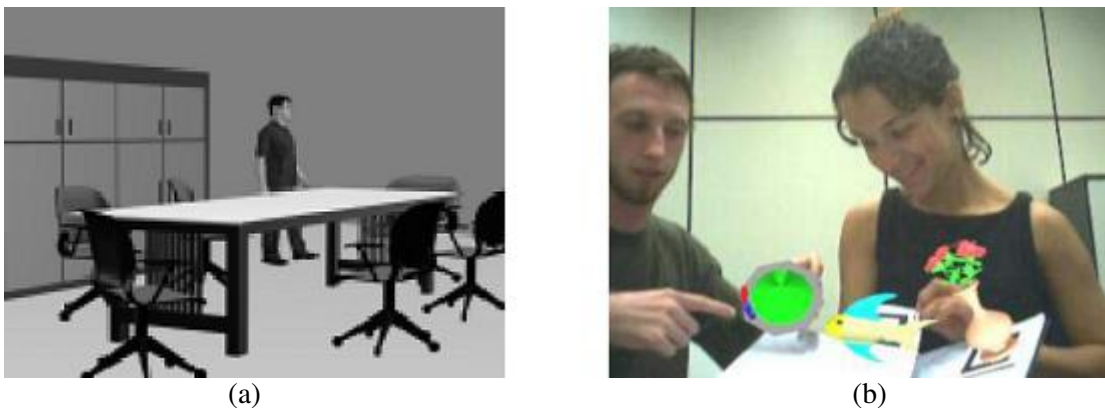


Figura 1: Exemplos de Realidade Misturada: (a) AVTC (*Augmented Virtuality Tele-Conferencing*); (b) LIRA - Livro Interativo com Realidade Aumentada.

Desta forma, ao misturar o real e o virtual tem-se como objetivo imediato enriquecer um determinado ambiente com elementos do outro. Segundo Kirner e Tori (2006), almeja-se tornar indissociáveis esses ambientes, dificultando ou, até mesmo, impossibilitando ao usuário discriminar o que seria real e o que seria virtual em um cenário qualquer.

Milgramet al. (1994) propuseram uma representação gráfica do Contínuo Realidade-Virtualidade e as variações existentes da Realidade Mista, conforme Figura 2.

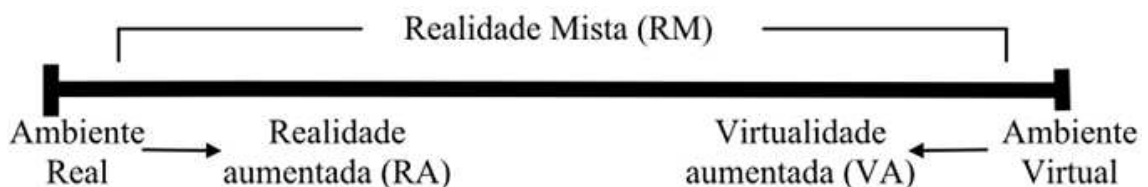


Figura 2: Contínuo Realidade-Virtualidade. (Adaptado de Milgramet al. (1994))

- **Ambiente Real:** qualquer ambiente natural regido pelas leis da física e constituído exclusivamente de objetos reais. O usuário encontra-se inserido neste e utiliza os sentidos humanos como meio de perceber e interagir com o ambiente.

- Realidade Aumentada (RA): o mundo-substrato é o real, enriquecido com elementos virtuais. Desta forma, o usuário mantém o senso de presença no mundo físico e percebe nele objetos virtuais gerados e inseridos por computador.
- Virtualidade Aumentada (VA): o mundo-substrato é o virtual, aumentado com objetos “extraídos” do ambiente real (dados reais de imagem, isto é, não-modelados). Neste contexto, conforme Siscoutto e Tori (2004), imagens reais bidimensionais podem ser integradas, em tempo real, à ambientes virtuais tridimensionais.
- Ambiente Virtual: qualquer ambiente gerado totalmente por computador e constituído exclusivamente de objetos virtuais. Pode ser uma representação do ambiente real, tal como uma simulação, ou, ainda, um ambiente fictício, no qual, por exemplo, as leis da física não regem as noções de tempo, espaço, gravidade, etc. A realidade virtual é imersiva quando o usuário perde a noção de presença no mundo real, ou não-imersiva quando este continua a sentir-se predominantemente no mundo real.

Espera-se que com o avanço tanto da computação gráfica quanto da multimídia, seja alcançado o exato meio do Contínuo Realidade-Virtualidade (Figura 2). Neste ponto, não haveria cenário predominante, já que o real e o virtual estariam justapostos na mesma proporção.

2.1.1 Realidade Aumentada

Considerada por Azuma (1997) como uma variação da realidade virtual, a qual imerge completamente o usuário em um ambiente sintético, a realidade aumentada, ao permiti-lo ver o mundo real, suplementa-o com entidades virtuais. Complementando este conceito, Azuma et al. (2001) definiram as seguintes propriedades que um sistema de realidade aumentada deve possuir:

- combinar objetos reais e virtuais em um ambiente real;
- ser executado de forma interativa e em tempo real; e
- registrar (alinhar) objetos reais e virtuais entre si.

Essas propriedades são exemplificadas na Figura 3, na qual o carro e o jarro de flores são elementos virtuais sobre uma mesa real (os demais elementos presentes no cenário também são reais).



Figura 3: Cenário de realidade aumentada.

Ao contrário de Milgram et al. (1994), cuja definição de realidade aumentada está bastante atrelada ao tipo de *display* utilizado para a visualização do ambiente, Azuma et al. (2001) não a restringe às tecnologias específicas de *displays*, como capacetes (HMD), nem tão pouco ao sentido da visão, sendo que eventos de realidade aumentada também podem disparar percepções auditivas, táteis e olfativas.

A realidade aumentada, de acordo Kirner e Tori (2006), pode ser classificada, conforme Figura 4, sob o critério de como o usuário vê o mundo misturado.

- Visão Direta (Imersiva): o usuário aponta os olhos para a mesma direção na qual os objetos virtuais estão posicionados. O mundo real é visto a olho nu ou exibido em vídeo, enquanto os elementos virtuais são projetados diretamente na retina ou em um visor a frente dos olhos, no próprio ambiente real, ou misturados ao vídeo.

Dependendo do dispositivo tecnológico utilizado, a visão direta pode ser: (i) óptica (capacetes ópticos), (ii) por vídeo (capacetes com câmeras acopladas), (iii) por projetor (aparelhos projetores) e (iv) por apontamento de dispositivos móveis (*smartphones, tablets*).

- Visão Indireta (Não Imersiva): o usuário aponta os olhos para uma direção diferente da qual os objetos virtuais estão posicionados. Neste caso, a visão é indireta por monitor (o mundo real é misturado ao virtual em vídeo e exibido ao usuário no monitor).

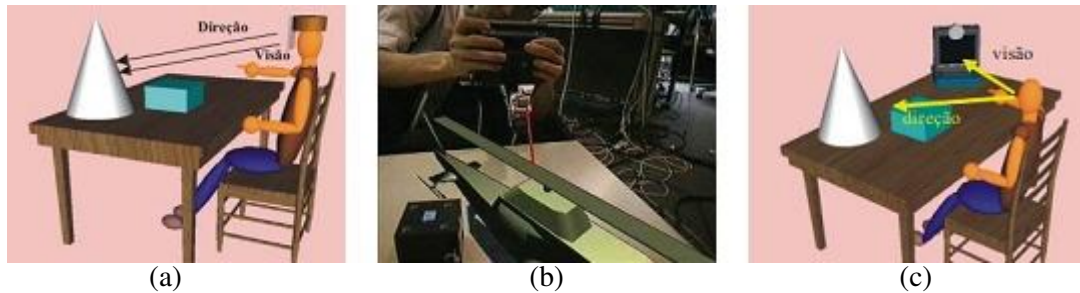


Figura4: Tipos de Realidade Aumentada baseados na visão: (a) Visão Óptica Direta ou por Vídeo; (b) Visão Direta por Apontamento de Dispositivo Móvel; (c) Visão Indireta por Monitor.

2.1.2 Realidade Aumentada Móvel

A miniaturização dos componentes de *hardware* justaposto ao aumento do poder computacional proporcionou o surgimento de pesquisas em diversas áreas da computação e de tecnologias relacionadas à mobilidade, dentre as quais, destacam-se a computação *wearable*, a ubíqua e pervasiva, a comunicação *wireless* e os sistemas de localização global. A realidade aumentada aproveita-se deste desenvolvimento para possibilitar a inserção de informações virtuais em quaisquer ambientes reais.

O provimento de conteúdos virtuais no contexto circundante do usuário e, ao mesmo tempo, baseado neste contexto, possibilitando, inclusive a interação em tempo real, promove o surgimento de uma nova interface (UI). De acordo com Kirner e Siscoutto (2007), a busca por interações mais naturais, aproximando as possibilidades do mundo real das interfaces computacionais, aponta a realidade aumentada como sendo a próxima geração de interface *mainstream*, atrelado ao fato, como visto em Gartner (2011), de que ainda não foram disseminadas na sociedade. Desta forma, a realidade aumentada pode ser definida como uma interface de usuário.

O mundo torna-se a interface de usuário.
(HÖLLERER E FEINER, 2004)

Höllerer e Feiner (2004) definem a realidade aumentada móvel basicamente como uma extrapolação de todas as possibilidades da realidade aumentada para quaisquer ambientes, inclusive os *outdoors*. Estes ambientes, idealmente, não apresentariam toda a infraestrutura (redes *wireless*, marcadores visuais, etc.) presente nos ambientes *indoors*, por exemplo, de laboratórios. Já Papagiannakis et al. (2008) afirmam que a realidade aumentada móvel pode ser vista como o ponto de encontro entre realidade aumentada, computação ubíqua e *wearable*.

[...] a RA é tratada como uma interface de usuário tanto para a computação móvel ubíqua quanto para a computação *wearable*, desde que o mundo real seja aproveitado como a própria interface. (PAPAGIANNAKIS ET AL., 2008)

Assim como Azuma et al. (2001) definiram as propriedades que um sistema deve apresentar para ser considerado de realidade aumentada, Papagiannakis et al. (2008) também o fizeram para sistemas de realidade aumentada móvel, as quais são:

- combinar objetos reais e virtuais em um ambiente real;
- ser executado em tempo real e em modo *mobile*;
- registrar (alinhar) objetos reais e virtuais entre si; e
- o aumento virtual ser baseado em objetos dinâmicos 3-D (por exemplo, personagens virtuais interativos, deformáveis).

A realidade aumentada móvel requer uma plataforma computacional de *hardware*, presente em dispositivos móveis (*handhelds*), que suporte tecnologias de rastreamento e alinhamento de informações virtuais no mundo real, comunicação baseada em redes sem fio, visualização em *displays*, possibilidades de interação *wearable*, armazenamento e acesso a base de dados e *softwares* de propósitos específicos (HÖLLERER E FEINER, 2004; PAPAGIANNAKIS ET AL., 2008).

Papagiannakis et al. (2008) enumeram os principais *handhelds*, ilustrados na Figura 5, já utilizados em pesquisas e protótipos de realidade aumentada móvel, a saber: (i) **Estação de trabalho móvel e PC Wearable** são os tradicionais *notebooks* juntamente com outros equipamentos móveis agrupados em uma mochila, deixando livres as mãos do usuário. No entanto, é necessário um capacete HMD como *display*. (ii) **Tablet-PC** é um dispositivo pessoal em formato de prancheta com tela sensível ao toque (*touchscreen*). (iii) **UMPC** (*Ultra Mobile PC*) é basicamente um pequeno PC móvel executando Microsoft Windows XP. (iv) **PDA** (*Personal Digital Assistants*), os *palmtops* utilizam o conceito de agenda eletrônica com mais alguns aplicativos básicos de escritório. Devido à falta de recursos 3D dedicados e CPU de ponto flutuante, têm uso restrito. (v) **Smartphone** compreende a nova geração de celulares, os quais apresentam recursos e poder computacional consideráveis. Tem sido bastante empregado nas pesquisas como um *display* móvel.



Figura 5: Dispositivos móveis executando realidade aumentada: (a) Típica mochila “móvel” com capacete HMD;(b) UMPC;(c) PDA;(d) *Smartphone*.

Um dos maiores desafios nos sistemas de realidade aumentada é alinhar com precisão as entidades virtuais nos locais ou objetos reais. Isto é fator determinante para que o usuário perceba os elementos virtuais verdadeiramente integrados ao cenário real (PAPAGIANNAKIS ET AL., 2008). Como na realidade aumentada móvel, o ambiente carece de uma infraestrutura adequada e a mínima estrutura existente deve estar disponível independentemente das condições e intempéries naturais, o alinhamento é um gargalo expressivo nesses sistemas.

Para criar quaisquer anotações úteis de RA, os objetos a serem aumentados têm que ser modelados ou georeferenciados em termos absolutos, ou sua localização possível de ser deduzida por uma relação conhecida de pontos de referência pré-selecionados e identificáveis. (HÖLLERER E FEINER, 2004)

Para o alinhamento preciso, é necessário que a posição e orientação da câmera sejam rastreadas constantemente. Essa varredura é denominada *tracking* e Höllerer e Feiner(2004) citam algumas tecnologias empregadas nesse processo, a saber:(i) O rastreamento de posição com GPS cumpre os requisitos de ser global e ter alta disponibilidade para ambientes abertos. (ii) Outra possibilidade consiste em medir a intensidade do sinal captado de uma rede sem fio e, a partir desta medida, estimar a localização. (iii) Sensores inerciais, como acelerômetros, também podem ser usados para cálculo da posição. A medida de um acelerômetro indica a aceleração instantânea, a qual deve ser integrada duas vezes em relação ao tempo, para a obtenção da posição em um instante. (iv) Há ainda o rastreamento visual com marcadores espalhados no ambiente ou sem marcadores, através de vídeo captado por câmeras, visão e modelo computacional do ambiente real.

Já o rastreamento de orientação pode ser realizado por bússola eletromagnética, sensores de inclinação gravitacional e giroscópios. Geralmente, os atuais sistemas de realidade aumentada móvel empregam abordagens híbridas para o rastreamento tanto de posição quanto de orientação, já que os dispositivos móveis apresentam recursos necessários a

várias dessas abordagens. No entanto, utilizam mais freqüentemente para o rastreamento de posição o GPS, enquanto que para o rastreamento de orientação a bússola eletromagnética.

2.2 Localização e Orientação Geográfica

As habilidades e noções espaciais adquiridas desde o nascimento, de acordo com Katuta (2000), satisfazem os deslocamentos cotidianos, principalmente nas cidades, não havendo, portanto, para este fim, a necessidade da compreensão, por exemplo, da direção dos pontos cardeais nem da posição de determinado lugar. Nos deslocamentos cotidianos, os mecanismos comumente utilizados consistem na indagação a um transeunte sobre a localização ou rumo de determinado lugar e nos pontos de referência (pontes, igrejas, hospitais). No entanto, na navegação exploratória terrestre ou marítima, esses pontos de referência já não são tão evidentes, devem estar próximos do lugar a ser localizado e ser de notória visibilidade, o que nem sempre ocorre.

Somente recentemente com a proliferação dos dispositivos móveis, dos serviços baseados na localização e do uso da internet, a utilização de mapas está se popularizando como forma de localização e orientação em deslocamentos cotidianos, principalmente urbanos. No entanto, os conceitos de localização e orientação de uso cotidiano e de uso geográfico são diferentes. Conforme afirmado, somente o conhecimento empírico (aprendido nas relações diárias) satisfaz, em larga medida, o uso cotidiano enquanto que o uso geográfico está embasado no conhecimento científico (aprendido na escola). Por exemplo, pilotos de aeronave necessitam do conceito geográfico enquanto que para motoristas de ônibus urbano, o conceito cotidiano é satisfatório.

Segundo Friedmann (2004), dentre os significados para a palavra orientação, os mais adequados do ponto de vista geográfico são “determinar uma posição ou direção em relação aos pontos cardeais” e “determinar uma direção a seguir, a fim de atingir um destino específico”. Já localização pode ser definida como a “determinação exata de um ponto ou detalhe numa carta ou numa fotografia” e o “traçado e marcação (um ponto), como num papel milimetrado, por meio de suas coordenadas” (OLIVEIRA apud KATUTA, 2000).

Desta forma, localização geográfica está diretamente associada à posição geográfica, cujo significado é “a posição de um ponto da superfície da Terra, expressa em termos de latitude e longitude, seja geodésica ou astronômica” enquanto que orientação está diretamente associada à “direção horizontal de um ponto terrestre para outro, expressa como distância angular a partir duma direção de referência. É medida, habitualmente, a partir de 000°, numa

direção de referência, no sentido dos ponteiros do relógio, até 360° (OLIVEIRA apud KATUTA, 2000).

A Figura 6 ilustra os principais instrumentos utilizados para a localização e orientação geográfica.

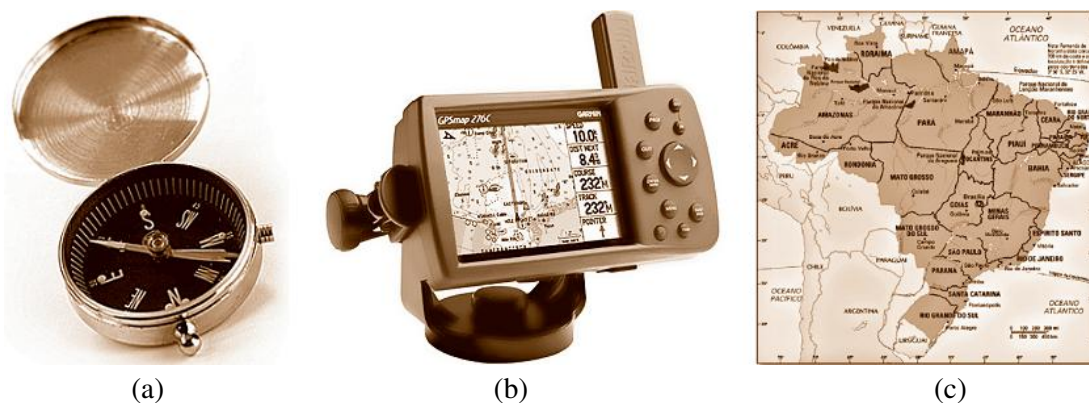


Figura 6: Instrumentos de localização e orientação geográfica: (a) Bússola; (b) Receptor GPS; (c) Mapa (neste caso, mapa do Brasil político).

A partir das observações do movimento aparente do Sol, o qual nasce de um lado (denominado oriente) e se põe do outro (denominado ocidente), foram dados os nomes Leste e Oeste, respectivamente, a estes lados (direções). O Norte e o Sul foram definidos com base no movimento aparente do céu noturno e na direção do Sol no ponto mais alto de sua trajetória diurna. Estas quatro direções são chamadas de pontos cardeais. A Figura 7 ilustra a rosa dos ventos, na qual estão representados os pontos cardeais, colaterais e sub-colaterais.

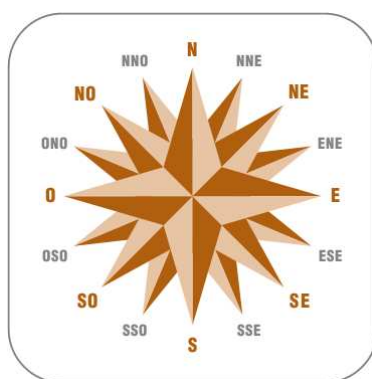


Figura 7: Rosa dos ventos com os pontos cardeais, colaterais e sub-colaterais

Orientar-se com base no Sol e demais astros, além da imprecisão, dependiam da visibilidade destes. No entanto, com o desenvolvimento da bússola, até mesmo em condições adversas, a orientação tornou-se possível e independente dos astros. Desta forma, a bússola tornou-se o principal instrumento utilizado para orientação. Este instrumento, ao apontar sempre para uma mesma direção (no caso, o Norte Magnético), permite, com base nessa direção de referência, a obtenção das demais.

Segundo Carvalho (2011), uma bússola convencional é composta basicamente por uma agulha metálica imantada equilibrada horizontalmente sobre uma base. O atrito entre a agulha e a base é praticamente nulo, permitindo que a agulha movimente-se livremente até atingir a posição de equilíbrio. Este equilíbrio é atingido quando a agulha aponta para a direção dos pólos magnéticos da Terra. Geralmente, este conjunto está imerso em um líquido dentro de uma cápsula. Uma escala graduada permite a leitura da direção em ângulos.

Conforme apresentado, a bússola aponta para a direção dos pólos magnéticos da Terra, os quais diferem dos pólos geográficos. Os pólos geográficos consistem nos pontos onde o eixo imaginário de rotação atravessa a superfície terrestre, portanto o Norte Geográfico (ou Norte Verdadeiro) é a direção que aponta para o Pólo Norte. Carvalho (2011) afirma que, no interior da Terra, há uma quantidade considerável de ferro derretido, fazendo-a comportar-se como um imã. As extremidades deste imã são conhecidas como pólos magnéticos e não coincidem com os pólos geográficos. Esta diferença faz com que a bússola, na verdade, aponte para o Norte Magnético e não para o Norte Geográfico. A Figura 8 ilustra os Pólos Norte Geográfico e Magnético assim como as direções Norte Geográfico e Norte Magnético em um determinado ponto na superfície terrestre. O ângulo formado entre essas direções é chamado de Declinação Magnética.

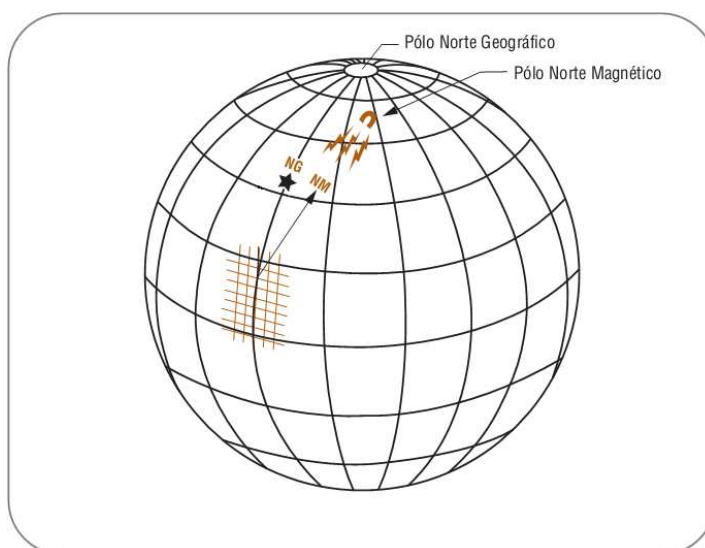


Figura 8: Representação do Norte Geográfico (NG) e Norte Magnético (NM)

Para determinar a posição precisa de um ponto na superfície, aproximadamente esférica, da Terra, de acordo com Friedmann (2004), são necessários dois ângulos e duas referências fixas sobre esta esfera. Os ângulos são a latitude e a longitude e as referências são a Linha do Equador e o Meridiano de Greenwich. O conhecimento e habilidade

necessários para a determinação desses ângulos fez com que esta informação ficasse inacessível para muitos até o advento dos sistemas de posicionamento global (GPS).

Consequência de um projeto do Departamento de Defesa norte-americano, o NAVSTAR GPS (*Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*. Em português, Sistema de Posicionamento Global, Aferição de Tempo e Localização por Satélite de Navegação) determina a posição global com notável precisão de qualquer ponto sobre ou próxima à superfície terrestre. Projetado com o objetivo de ser o principal meio de navegação das forças armadas estadunidenses, o GPS fornece, de acordo com Monico (2000), dois tipos de serviços: o SPS (*Standard Positioning Service* - Serviço de Posicionamento Padrão) e o PPS (*Precise Positioning Service* - Serviço de Posicionamento Preciso).

O SPS, de uso público, inseria deliberadamente erros aleatórios, enquanto que o PPS, de uso militar, fornecia uma maior acurácia. No entanto, em 2000, o SPS tornou-se mais preciso com a desativação do SA (*Selective Availability* - Disponibilidade Seletiva), responsável pela inserção dos erros, por meio da manipulação das mensagens de navegação e da frequência dos relógios dos satélites (MONICO, 2000; POMBINHO, 2008).

O GPS consiste, conforme Albuquerque et al. (2003), em três segmentos: espacial, de controle e de usuário, ilustrados na Figura 9.

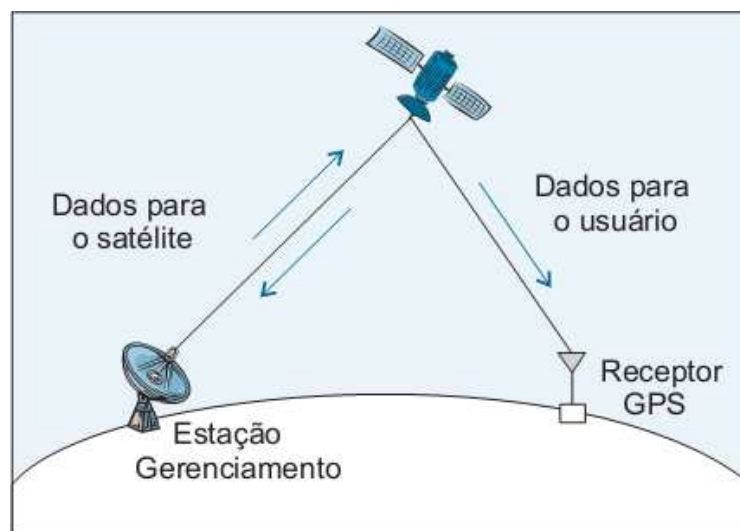


Figura 9: Segmentos do sistema GPS

- Segmento Espacial: compreende um mínimo de 24 satélites distribuídos em seis planos orbitais igualmente espaçados, com quatro satélites em cada plano, numa altitude aproximada de 20.200 km. A distribuição desta constelação é tal que qualquer ponto na Terra é sempre visualizado por, no mínimo, quatro desses satélites.

- Segmento de Controle: composto por estações de controle e monitoramento espalhadas, principalmente, sobre a linha do Equador. Este segmento tem como função monitorar o desempenho do sistema, intervindo na posição e no relógio dos satélites e ajustando suas órbitas.
- Segmento de Usuário: corresponde aos receptores GPS e as aplicações do sistema, as quais podem ser de caráter militar ou civil. Atualmente, os *smartphones* dispõem de receptor interno, popularizando o uso desta ferramenta e potencializando as aplicações.

Cada satélite da constelação GPS envia por radiofrequência a efeméride, que é a informação de sua posição exata, naquele instante, em relação a um fixado sistema ortogonal de coordenadas, e o exato instante do envio. O receptor, de posse dessas informações, obtém a diferença de tempo entre o envio e a recepção desse sinal. Ao multiplicar essa diferença pela velocidade da luz, encontra a distância percorrida pelo sinal. Então, é “esboçada” uma superfície esférica de raio igual à distância calculada, com o satélite ao centro e o receptor em um ponto nessa superfície (Figura 10(a)).

É necessário captar o sinal de mais três satélites para a aferição da posição do receptor. A interseção de duas esferas gera uma circunferência na qual está situado o receptor (Figura 10(b)). Com a interseção de mais uma esfera, três no total, obtém-se apenas dois pontos (Figura 10(c)). Ao intersectar quatro esferas, apenas um ponto é obtido (Figura 10(d)). É neste ponto que está situado o receptor e as coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude) são então fornecidas. Alves (2006) apresenta o método matemático utilizado para a obtenção destes valores, exemplificando, inclusive, uma situação real.

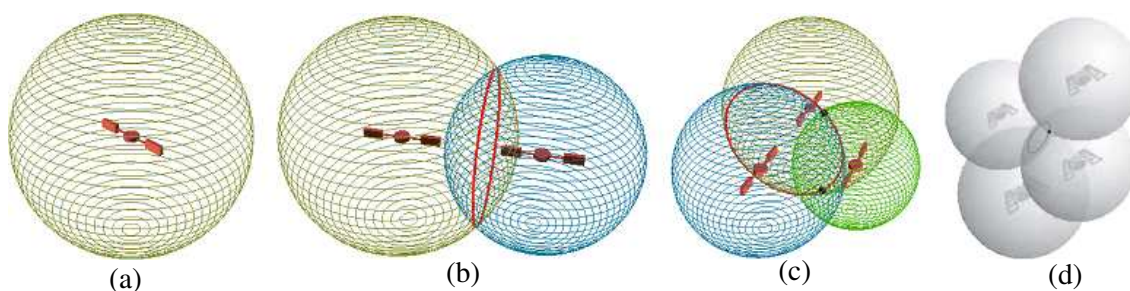


Figura 10: Obtenção da posição: (a) Esfera após cálculo da distância ao 1º satélite; (b) Circunferência após cálculo da distância ao 2º satélite; (c) Pontos após cálculo da distância ao 3º satélite; (d) Ponto após cálculo da distância ao 4º satélite. (GPS (2012); Hasenacket al. (2012))

Segundo Monico (2000), apenas três distâncias pertencentes a planos distintos seriam suficientes do ponto de vista geométrico para a determinação da posição, pois

Pombinho(2008) afirma que a intersecção das três circunferências resulta em um ponto desprezível (flutuando no espaço ou sob a superfície terrestre) e outro na localização do receptor. No entanto, os dois concordam que a quarta medida se faz necessária para sincronizar os relógios atômicos dos satélites e do receptor, corroborando com Alves (2006), o qual afirma que a intersecção de quatro esferas aumenta a precisão, já que resulta em um único ponto.

O aumento do interesse atual em mapas, de acordo Friedmann (2004), deu-se com a popularização dos receptores GPS e com a possibilidade de, com as coordenadas obtidas, estabelecer um vínculo entre as posições no terreno e suas correspondentes representações. Ainda, segundo Carvalho (2011), a utilização das geotecnologias, como as fotos aéreas digitais, as imagens de satélite de alta resolução, o Sistema de Posicionamento Global (GPS), permitiram uma representação espacial de maior sofisticação. No entanto, muito antes da utilização desses recursos, já existia a preocupação humana em representar o espaço terrestre em mapas.

Em Carvalho (2011), é realizado um aprofundamento a respeito da Cartografia, além da apresentação da história, das bases conceituais e das formas de expressão desta ciência. Neste aprofundamento, uma definição bastante ampla para mapas é apresentada, a saber:

Partindo da convicção de que cada sociedade tem ou teve sua própria forma de perceber e de produzir imagens espaciais, chegamos a essa simples definição de mapa: ‘representação gráfica que facilita a compreensão espacial de objetos, conceitos, condições, processos e fatos do mundo humano’. O motivo de uma definição tão ampla é facultar sua aplicação a todas as culturas de todos os tempos, e não apenas às da era moderna. (HARLEY apud CARVALHO, 2011)

Os mapas, ao longo da história da humanidade, permitiram mostrar “os aspectos da paisagem e das vivências de cada povo, de suas práticas sociais em atividades básicas como a demarcação de espaços, a localização de pontos, ou o traçado de rotas de interesse particular ou geral”. Desta forma, percebe-se o caráter estratégico e político da Cartografia, utilizado, por exemplo, no auxílio à cobrança de impostos pelos governantes, na navegação terrestre e marítima, no planejamento viário, nas manobras militares, no mapeamento dos recursos naturais e nas definições de áreas para o desenvolvimento das atividades econômicas.

Dependendo do propósito do mapa, este apresentará informações específicas. Por exemplo, as cartas aeronáuticas visuais “dão apoio aos vôos realizados por referências visuais” e as cartas náuticas são “recursos básicos para a navegação e principalmente para a

aproximação dos portos”. Desta forma, estas cartas apresentam apenas aspectos relevantes ao seu propósito. A preocupação de um mapa pode ser na precisão da localização e das informações representadas (como nas cartas aeronáuticas e náuticas) ou então o foco pode estar no conteúdo do tema representado (como nos mapas representativos de clima, vegetação, relevo do meio físico ou de fenômenos sócio-econômicos, por exemplo, migração populacional).

Para a navegação, segundo Friedmann (2004), a utilização de mapas é bastante eficiente quando acompanhada de bússola e de receptor GPS, pois as informações representadas correspondem não somente a uma localização específica, mas também a áreas circunvizinhas.

3. GAMEAR-FP

Conforme já mencionado, há uma tendência da aplicação da realidade aumentada no provimento, com o uso de dispositivos móveis, de informações virtuais contextualizadas a uma determinada localização. No entanto, essas informações tornam-se relevantes apenas quando referidas a localização atual do usuário. Com isso, é necessária a utilização de mecanismos capazes de possibilitar ao usuário localizar-se geograficamente e movimentar-se em direção à informação. A relação entre o mecanismo utilizado e a efetividade no encontro da informação é um aspecto relevante.

Com o intuito de facilitar e efetivamente permitir a localização da informação em seu contexto relevante, o objetivo deste projeto é avaliar como os *feedbacks* fornecidos pelos mecanismos de localização e orientação, especificamente a distância em linha reta, o direcionamento por bússola e/ou a marcação em mapa, influenciam tanto no encontro da informação quanto no tempo despendido para isto. Desta forma, os novos requisitos funcionais implementados no GAMEAR-FP (*Game Augmented Reality - First Person*) visaram permitir ao jogador localizar o objeto virtual mesmo estando a uma distância que impossibilite a visualização do mesmo.

Neste capítulo, na Seção 3.1, são descritos os trabalhos relacionados ao objetivo deste projeto. As possíveis aplicações da proposta embarcada no GAMEAR-FP são exemplificadas na Seção 3.2. Já na Seção 3.3, a proposta metodológica é apresentada. Enquanto que os detalhes referentes ao GAMEAR-FP, inclusive a nova versão desenvolvida como parte deste projeto, são apresentados na Seção 3.4. Por fim, na Seção 3.5, a validação e os resultados obtidos são apresentados e analisados.

3.1 Trabalhos Relacionados

Com o intuito de aprimorar e contribuir com o amadurecimento do GAMEAR-FP, foi realizado um levantamento de projetos com propostas semelhantes à proposta do jogo. Esse estudo possibilitou identificar similaridades e oportunidades de diferenciação para o GAMEAR-FP. Além de compreender o que tem sido feito em relação aos mecanismos de localização e orientação em dispositivos móveis.

Aguiar et al. (2009) apresenta um aplicativo para pesquisa de pontos de interesse em dispositivos móveis em função da localização geográfica e orientação do usuário. O objetivo é

complementar as funcionalidades do aplicativo MoViSys, o qual, com base na localização do usuário, marca pontos de interesse sobre um mapa. Com isso, uma integração, como é pretendida, possibilitará ao usuário saber qual a localização relativa de determinado ponto de interesse marcado no mapa, ou seja, a direção em que está localizado. Desta forma, poderá locomover-se ao encontro do ponto. Houve também uma preocupação em fornecer subsídio que possibilite ao usuário averiguar se realmente encontrou o ponto de interesse.

O principal objetivo foi apresentar os pontos de interesse baseado na localização e, principalmente, na orientação do usuário. Desta forma, captar a direção em que o dispositivo móvel estava apontando e mostrar somente os pontos localizados nesta direção foram requisitos primordiais. O dispositivo móvel utilizado para executar a aplicação foi um Pocket PC, o qual não possuía uma bússola integrada. Com isso, foi necessária a utilização de uma bússola externa que se integrava ao dispositivo por *Bluetooth*. As informações sobre os pontos de interesse ficaram armazenadas em uma base de dados externa ao dispositivo.

Através do sinal GPS captado pelo dispositivo, a localização geográfica do usuário é determinada. A bússola externa fornece, então, a direção do dispositivo e o usuário define uma distância máxima para a visualização dos pontos de interesse. Com base nessas informações, a base de dados é consultada. Com isso, a interface principal do aplicativo exibe as informações sobre a localização dos pontos de interesse na vizinhança do usuário. As informações fornecidas são o direcionamento por bússola, a distância e uma imagem de referência (obtida daquela direção), conforme Figura 11(a).

Já o aplicativo Wikitude (WIKITUDE, 2013), disponível para as principais plataformas móveis atuais, utiliza os recursos de realidade aumentada baseada em geolocalização para prover informações de pontos de interesse (pontos turísticos, hotéis, restaurantes, etc.) circundante ao usuário sobre a imagem capturada pela câmera do *smartphone*. Com diversos provedores de conteúdo, é possível realizar pesquisas e filtrar os resultados.

Ao apontar o dispositivo para uma determinada direção, são exibidos somente os pontos de interesse situados em tal direção e a distância que estão da localização do dispositivo. O usuário, ao realizar um movimento de 360°, por exemplo, visualizará vários pontos situados em sua vizinhança, conforme Figura 11(b). Uma bússola permite identificar em qual direção estão os pontos e ainda dá uma noção de proximidade quanto a estes. Selecionando um desses pontos, é possível a visualização em mapa assim como o fornecimento de uma rota até o local.

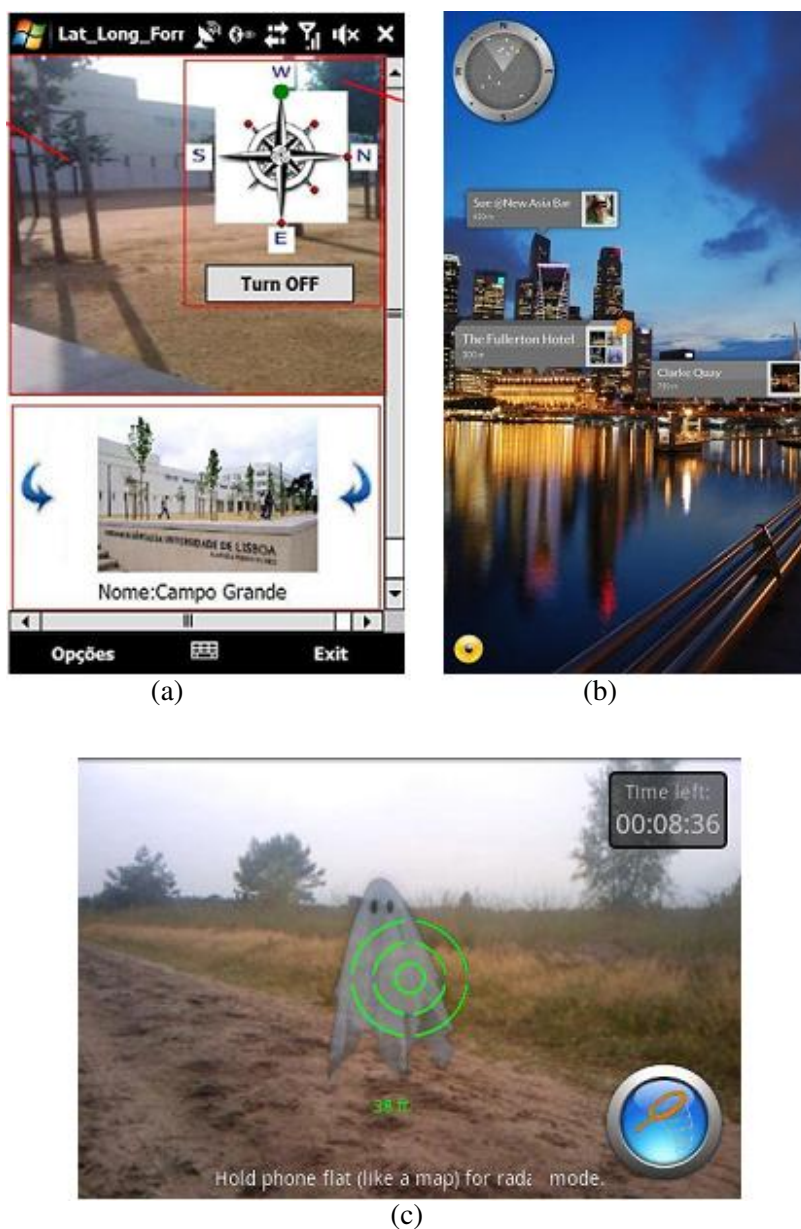


Figura 11: Trabalhos Relacionados: (a) Aguiar et al. (2009); (b) Wikitude; (c) SpecTrek.

Outro trabalho relacionado, que se assemelha bastante a proposta do GAMEAR-FP, é o SpecTrek. O objetivo deste jogo, disponível para a plataforma Android, é capturar, em um intervalo de tempo, fantasmas que estão à solta na vizinhança da localização do usuário. Há duas visões de jogo: a visão de vídeo e a de mapa. A primeira, conforme Figura 11(c), apresenta o tempo restante de jogo e, a partir de uma determinada distância do usuário ao fantasma, renderiza-o, informando também essa distância. As dimensões dos fantasmas são alteradas de acordo com a proximidade. Já a visão de mapa apresenta marcações da localização do usuário e dos fantasmas.

Recursos de realidade aumentada e de computação sensível ao contexto estão presentes no jogo, representados, respectivamente, por elementos virtuais (fantasmas)

acrescentados a um cenário real capturado pela câmera do dispositivo e pela obtenção, sem a intervenção explícita do usuário, de sua localização. Há ainda a utilização da geolocalização para determinar os locais em que serão apresentados os elementos virtuais, técnica bastante utilizada para aumentar ambientes *outdoors*.

Com os trabalhos relacionados, foi percebido que é senso comum o fornecimento de três mecanismos de localização e orientação, a saber: (i) a distância em linha reta, (ii) o direcionamento por bússola e (iii) a marcação em mapa. Portanto, foram esses os elementos escolhidos para serem implementados no GAMEAR-FP e analisados como parte deste projeto. Outra similaridade nos aplicativos Wikitude e SpecTrek é que a realidade aumentada é por geolocalização e o rastreamento de posição e orientação da câmera do dispositivo é por GPS e por bússola, respectivamente.

Dos três trabalhos abordados, nenhum realizou um estudo quanto à efetividade no encontro do ponto de interesse pelo usuário, utilizando os mecanismos fornecidos. Apenas Aguiar et al. (2009) determina, como próximo passo, uma avaliação da interface com usuários com o intuito de levantar problemas de usabilidade. Portanto, esta é a principal contribuição deste projeto que pretende não somente acrescentar os mecanismos de localização e orientação ao GAMEAR-FP, mas também analisar a efetividade destes no encontro do ponto de interesse.

3.2 Conceito e Aplicabilidade

Os conceitos empregados no GAMEAR-FP podem ser estendidos ou aplicados a uma gama maior de aplicações do que somente a um “simples” jogo. O emprego conjunto de elementos da realidade aumentada, da computação sensível ao contexto, através do georeferenciamento, e dos *feedbacks* de localização e orientação abre uma série de possibilidades a respeito do que pode ser realizado. Isto pode ser confirmado pelo crescente desenvolvimento de aplicações baseadas na localização (LBS – *LocationBased Services*), como os sistemas de navegação automotiva, e de aplicações baseadas na orientação, como o reconhecimento de um objeto ao apontar o dispositivo móvel em sua direção.

Situações ou problemas cotidianos poderiam ser solucionados com a aplicação desses conceitos. Por exemplo, nas grandes metrópoles, há uma escassez de estacionamentos permitidos em vias públicas e, portanto, os condutores, muitas vezes, estacionam o veículo em locais distantes dos quais desejam ir ou em espaços com grande aglomeração de automóveis. A dificuldade é retornar ao local onde o veículo foi estacionado e identificá-lo.

Desta forma, uma aplicação poderia, no momento do estacionamento, armazenar a localização e a imagem do veículo. No momento do retorno, seriam fornecidas informações que possibilitassem ao usuário locomover-se no espaço urbano ao encontro do automóvel, além de identificá-lo por reconhecimento de imagem capturada pela câmera do dispositivo.

A mesma solução poderia ser aplicada em contextos similares. Em ambientes *indoors*, a localização poderia ser realizada com base nas redes sem fio e solucionaria problemas referentes, por exemplo, a disposição de elementos em uma loja de departamento ou supermercado ou ainda a localização de uma loja em um *shopping center*.

Conclui-se, portanto que a proposta embutida no GAMEAR-FP pode ser aplicada não somente em jogos, mas também em uma série de situações. Os cenários apresentados anteriormente constituem em uma exemplificação mais imediata.

3.3 Proposta Metodológica

Este projeto foi realizado nas seguintes etapas, conforme Figura 12: Identificação do Problema, Aprofundamento Teórico, Especificação e Desenvolvimento e, por fim, Validação e Análise.

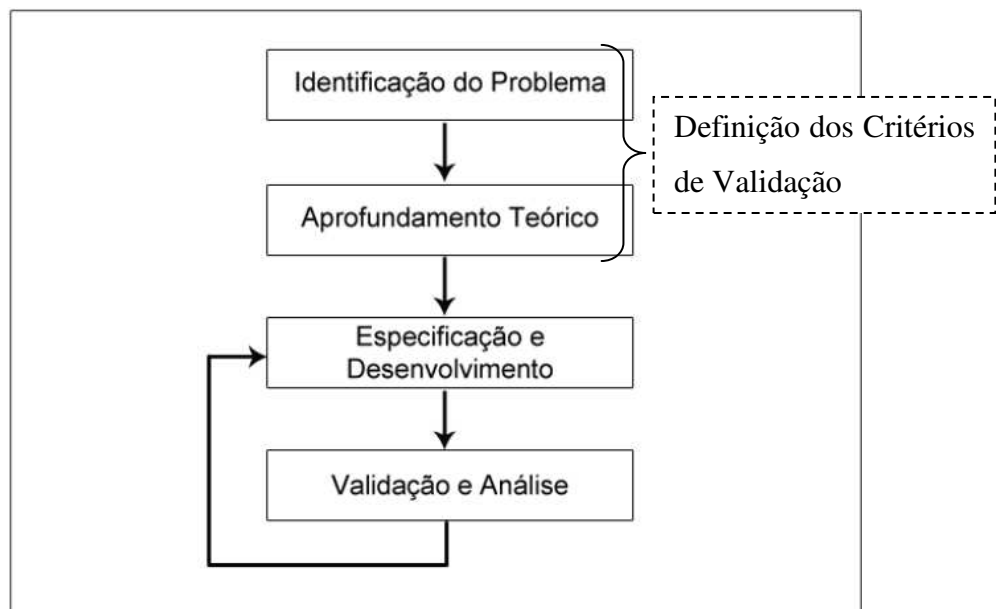


Figura 12: Etapas da Metodologia do Projeto

Na etapa de Identificação do Problema, foi realizado um estudo minucioso no jogo GAMEAR-FP. Com base nesse estudo, foram percebidas as limitações e os aspectos positivos e negativos do aplicativo. Essas informações possibilitaram o levantamento de novas funcionalidades com o objetivo de aprimorar o *game*.

Com os dados da etapa anterior, foi realizada uma pesquisa, na etapa de Aprofundamento Teórico, de trabalhos com propostas relacionadas à proposta do jogo. Com a análise dessas propostas e de suas aplicações, foram identificados problemas recorrentes e semelhantes a alguns dos levantados em relação ao GAMEAR-FP.

Tendo em vista os artefatos gerados pelas duas etapas anteriores e o objetivo deste projeto, foram definidos os critérios de comparação (validação) dos mecanismos de localização e orientação. Os critérios adotados foram a distância final do usuário ao objeto virtual e a variação percentual em relação à distância inicial. Foram analisados também a efetividade no encontro do objeto virtual e o tempo transcorrido neste processo.

Na Especificação e Desenvolvimento, somente os novos requisitos funcionais do GAMEAR-FP que auxiliam a coleta e análise dos dados foram formalizados e implementados. Além dos requisitos referentes aos mecanismos de localização e orientação. Com isso, o GAMEAR-FP passou a fornecer, durante o jogo, os *feedbacks* de localização e orientação e a monitorar se o objeto virtual foi encontrado, quais os mecanismos de localização e orientação foram utilizados, o tempo máximo definido de jogo, a localização inicial e final do usuário, a distância inicial e final do usuário ao objeto e o tempo transcorrido.

Finalmente, na etapa de Validação e Análise, as novas funcionalidades foram validadas. Sempre que necessário, foi retornado à etapa anterior com o objetivo de efetuar correções e melhoramentos. Ao final dessas modificações, o GAMEAR-FP foi utilizado por uma amostra selecionada de usuários em uma pesquisa de campo e os dados coletados, através de arquivos de log, analisados.

3.4 Projeto GAMEAR-FP

O projeto GAMEAR-FP consiste no desenvolvimento de um jogo em primeira pessoa para dispositivos móveis, abrangendo os recursos de geolocalização e renderização de elementos virtuais em um cenário real. A seguir, é detalhado a versão inicial do GAMEAR-FP e a nova versão implementada como parte deste projeto. Ambas as versões foram desenvolvidas para a plataforma Android versão 2.2 (de codinome Froyo).

De acordo com o que já foi explanado, a realidade aumentada utilizada no GAMEAR-FP é de visão direta por apontamento de dispositivo móvel. Desta forma, o mundo real é capturado pela câmera e entidades sintéticas são adicionadas em tempo real. Então, esta composição do mundo real com elementos virtuais é vista através do *screen* do aparelho. A

aplicação é executada em *smartphones* e essa escolha foi baseada na robustez da plataforma e do ambiente de desenvolvimento Android, no suporte à biblioteca gráfica OpenGL ES v2, na expressiva comunidade de desenvolvedores que dão apoio técnico, na proliferação destes dispositivos no mercado e no preço relativamente acessível quando comparado aos recursos computacionais disponíveis. Quanto à realidade aumentada, ao ser baseada em geolocalização, o rastreamento de posição é por GPS (o propósito do *game* é ser jogado em ambientes abertos) enquanto que o rastreamento de orientação é por bússola.

3.4.1 Versão Inicial

Rodrigues (2012) apresenta detalhadamente a versão inicial do GAMEAR-FP, descrevendo inclusive a implementação realizada e os resultados de uma validação com potenciais usuários.

O objetivo do jogo é permitir a um usuário, portando um dispositivo móvel com a aplicação em execução, localizar elementos virtuais espalhados em um ambiente real. Com isso, uma determinada área é explorada e, assim que os objetos são encontrados, o *game* é encerrado e a pontuação é exibida.

A Figura 13 ilustra o modelo conceitual do GAMEAR-FP. Inicialmente, o jogador encontra-se em uma localização diferente da localização do ponto de interesse. Então, este realiza uma busca exploratória no ambiente com o objetivo de encontrar o ponto de interesse, representado por uma entidade virtual. Ao atingir a distância de 50 metros do ponto de interesse, é informado o tempo gasto no deslocamento (pontuação) e, a partir de então, o jogador visualiza na tela do dispositivo móvel a entidade virtual. Dentro do raio de 50 metros, à medida que o usuário aproxima-se, a entidade tem as dimensões expandidas. Caso ocorra um afastamento, as dimensões são reduzidas.

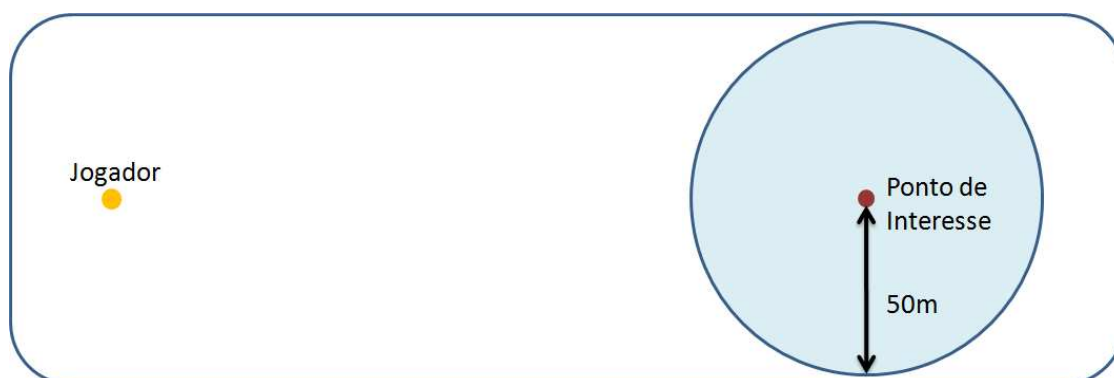


Figura 13: Modelo Conceitual do GAMEAR-FP

Com base no modelo conceitual, foram levantados os requisitos funcionais, os quais podem ser visualizados na forma de diagrama de casos de uso na Figura 14.

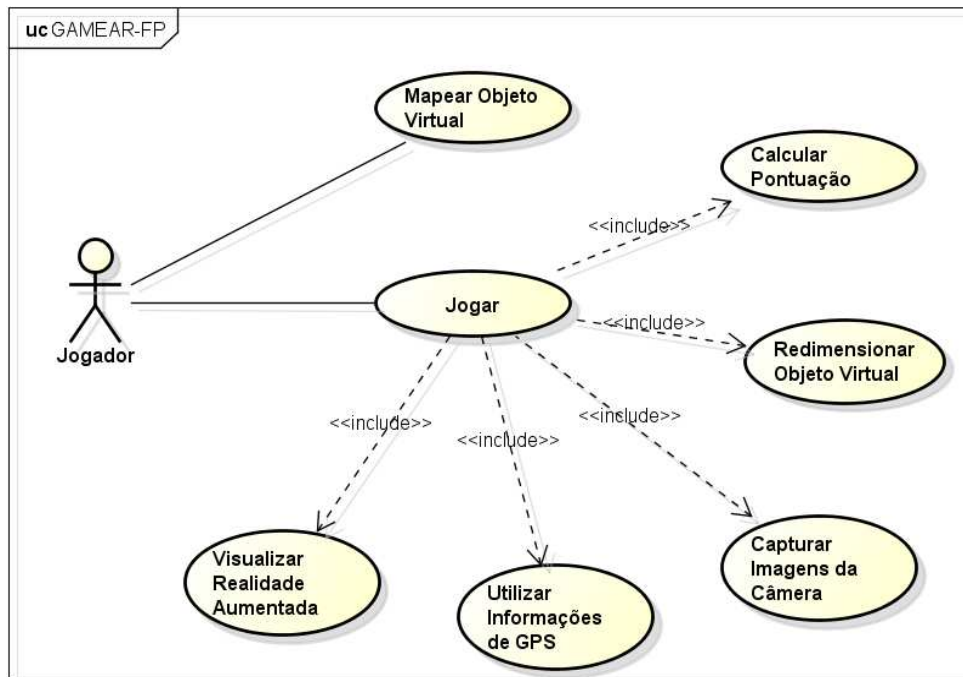


Figura 14: Diagrama de Casos de Uso

Para persistir o ponto de interesse onde o elemento virtual está localizado, informações como a latitude e a longitude da localização, uma descrição do ponto e a forma do elemento (figuras geométricas bidimensionais – quadrado ou retângulo) são armazenadas em apenas uma entidade, conforme diagrama de entidade-relacionamento no nível lógico ilustrado na Figura 15.

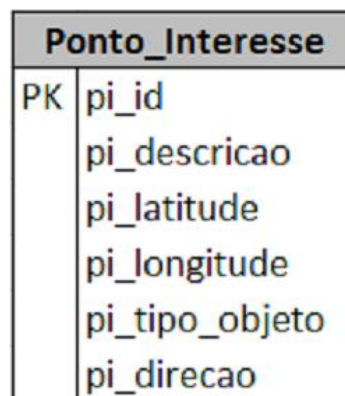


Figura 15: Diagrama Entidade-Relacionamento (nível lógico)

Esta versão do GAMEAR-FP possui quatro interfaces de usuário. Ao iniciar a aplicação, a tela inicial é exibida, conforme Figura 16(a). A partir desta, a tela de mapeamento, ilustrada na Figura 16(b), é acessada. Nesta interface, os objetos virtuais são mapeados com a inserção da latitude e da longitude. Também a partir da tela inicial, a tela de

lista dos objetos já mapeados, apresentada na Figura 16(c), é exibida. Após o mapeamento e a seleção do objeto virtual a ser encontrado, o jogo é iniciado (Figura 16(d)).

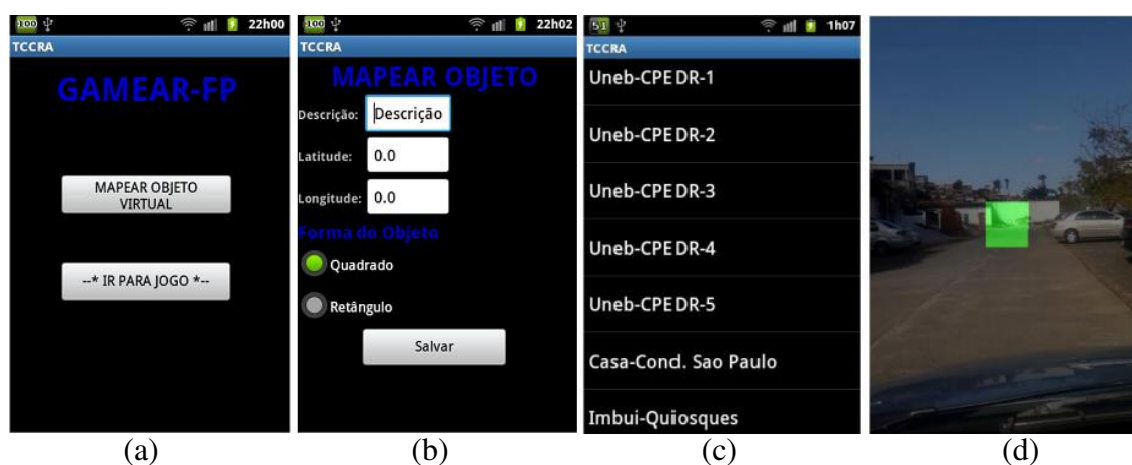


Figura 16. Interfaces gráficas: (a) Tela inicial; (b) Tela de mapeamento do objeto virtual; (c) Tela de lista de objetos virtuais mapeados; (d) Tela de jogo.

Desta forma, para a utilização do jogo, primeiro, é necessário mapear o ponto de interesse, onde estará posicionado o objeto virtual a ser encontrado. É sugerido o uso do Google Maps (GOOGLE MAPS, 2013) para a obtenção da latitude e da longitude de uma determinada localização. Com essas informações, acessa-se o aplicativo e, na tela de mapeamento, mapeia-se o ponto de interesse.

Após esse mapeamento e a escolha do objeto a ser procurado, o jogo é iniciado. Hipoteticamente, no início, o jogador encontra-se a uma distância de 60 a 70 metros do ponto de interesse, ou seja, fora do raio de visualização do objeto, conforme Figura 17(a). Então, o jogador explora o ambiente em busca do objeto virtual. Ao atingir o raio de 50 metros, o tempo gasto na busca é informado (Figura 17(b)). A partir desse ponto, à medida que o usuário aproxima-se do objeto, o mesmo tem as dimensões aumentadas. Essa relação entre o tamanho do objeto e a distância ao usuário é ilustrada na Figura 17.

Santose et al. (2013) apontam algumas limitações desta versão do GAMEAR-FP, listando, inclusive, novos requisitos funcionais com o objetivo de aprimorar o jogo. Alguns dos problemas citados dizem respeito à oscilação das informações captadas pelo GPS do dispositivo, o qual interfere diretamente na interação de aproximação e distanciamento do usuário, devido às variações inesperadas na dimensão do objeto.

Outro ponto crítico é o fato de o usuário ter que mapear os objetos virtuais antes da procura. Isto afeta negativamente o objetivo do *game*, já que o usuário conhece previamente a localização desses objetos. Há ainda a limitação de buscar apenas um objeto por vez. A

atratividade também é prejudicada devido à bidimensionalidade dos objetos mapeados. Como visto, a realidade aumentada móvel preza por objetos virtuais 3-D.



Figura 17. Funcionamento: (a) Jogador distante aprox. 60-70 m; (b) Objeto virtual encontrado (aprox. 50 m); (c) Jogador distante aprox. 30 m; (d) Jogador distante aprox. 20 m; (e) Jogador distante aprox. 10 m.

A ausência de mecanismos de localização e orientação que permitam ou auxiliem o usuário a encontrar o objeto virtual é outro agravante. Se o usuário estiver a uma distância superior a 50 metros, não visualizará o objeto e, portanto não terá noção geográfica da sua própria localização nem da localização do elemento virtual. O único *feedback* fornecido é o redimensionamento do objeto quando o usuário estiver no raio de visualização. No entanto, neste momento, o objeto já foi localizado. Por fim, o tempo gasto deveria ser informado também durante a procura e não somente no momento em que o elemento é encontrado.

Há outras situações críticas não relatadas por Santoset al. (2013). Por exemplo, o usuário, estando dentro do raio de 50 metros, visualiza o elemento virtual independente de qual direção esteja apontando o dispositivo móvel. Desta forma, mesmo apontando o dispositivo para uma direção oposta à do ponto de interesse mapeado, continuará a visualizar o elemento, perdendo, portanto, a noção de onde o elemento está exatamente localizado.

O objetivo do GAMEAR-FP define que, após o encontro dos elementos virtuais, o jogo seja encerrado. No entanto, ao invés do encerramento, após a localização do elemento (raio de 50 metros), o usuário passa a visualizá-lo e, à medida que ocorre uma variação na distância, este é redimensionado. Ou seja, o jogo nunca é encerrado mesmo que o objetivo seja alcançado.

3.4.2 Nova Versão

Este projeto tem o objetivo de analisar quantitativa e estatisticamente os efeitos quanto à utilização dos mecanismos de localização e orientação em dispositivos móveis, como a distância em linha reta, o direcionamento por bússola e a marcação em mapa. No entanto, a limitação do GAMEAR-FP referente à ausência de *feedbacks* que orientassem o jogador em direção ao objeto virtual tornava-se um entrave a esse estudo. Desta forma, os seguintes novos requisitos funcionais levantados por Santoset al. (2013) foram implementados:

- Exibir o cronômetro, durante todo o jogo;
- Fornecer a distância aproximada, em linha reta, do usuário ao objeto mais próximo. Desta forma, este tem a percepção quanto à proximidade ao objeto;
- Fornecer a direção, baseada em bússola, do objeto mais próximo ao usuário, permitindo-o “a percepção da direção apontada pelo dispositivo e a identificação da localização geográfica do objeto em relação a si próprio”;
- Fornecer ao usuário uma visão de mapa, além da visão de vídeo (já existente), informando a sua localização e a dos objetos (integração com o serviço de mapas do Google, o Google Maps (GOOGLE MAPS, 2013));

Além desses, mais três requisitos funcionais também foram implementados: (i) definir um tempo máximo de jogo, (ii) definir quais mecanismos de localização e orientação utilizar durante o jogo e (iii) gerar arquivo de log. O requisito de redimensionar o objeto virtual conforme a distância ao usuário foi retirado, devido às variações inesperadas ocasionadas pela

oscilação das informações de GPS. Todos esses requisitos podem ser visualizados na forma de diagrama de casos de uso, conforme Figura 18.

Algumas das inconsistências da versão inicial listadas anteriormente foram resolvidas, a saber: (i) o elemento virtual é visualizado somente se o dispositivo móvel estiver apontando em sua direção, fornecendo ao usuário a correta percepção da posição do elemento, e (ii) o jogo é encerrado após a localização do elemento.

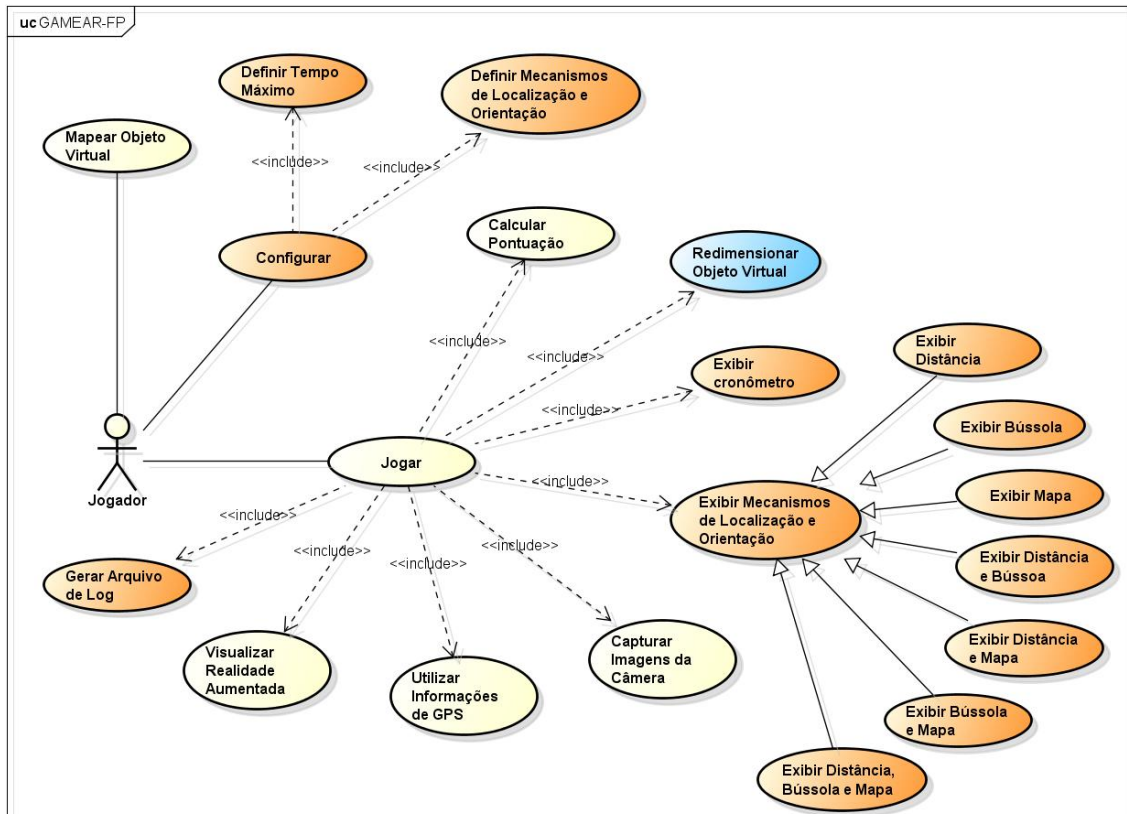


Figura 18: Diagrama de Casos de Uso (em laranja, os novos casos de uso acrescentados e, em azul, o caso de uso retirado).

Esta nova versão do GAMEAR-FP gera arquivo de log em formato texto. Esse arquivo é gerado uma única vez, ou seja, não há sobrescrita de arquivo a cada novo jogo. O arquivo contém as seguintes informações: (i) se o objeto virtual foi encontrado, (ii) os mecanismos de localização e orientação utilizados, (iii) o tempo máximo de jogo, (iv) a localização inicial e final do usuário, (v) a distância inicial e final do usuário ao objeto e (vi) o tempo transcorrido, conforme Figura 19.

Com essas modificações, houve pequenas alterações tanto no objetivo quanto no modelo conceitual do jogo. Em relação ao objetivo, explorar o cenário em busca de elementos virtuais continua sendo o cerne, no entanto agora o tempo torna-se um limitante. O jogador

precisa encontrar os elementos em um período de tempo pré-estabelecido. Caso atinja-se o tempo máximo e o objetivo não seja alcançado, o jogo é encerrado.



Figura 19: Arquivos de log: (a) Objeto virtual encontrado (raio final de 5 m); (b) Tempo esgotado (3 min.).

Já em relação ao modelo conceitual, foi definido, além do ponto de interesse, um ponto de partida, ou seja, o jogo somente é iniciado quando o jogador estiver no raio de 5 metros desse ponto. Considerando o ponto de interesse, o raio de 50 metros, a partir do qual o elemento virtual passa a ser visualizado, foi reduzido para 10 metros e foi definido também um raio de 5 metros. Ao atingi-lo, o jogo é encerrado e o tempo gasto no deslocamento (pontuação) é exibido. O novo modelo conceitual é ilustrado na Figura 20.

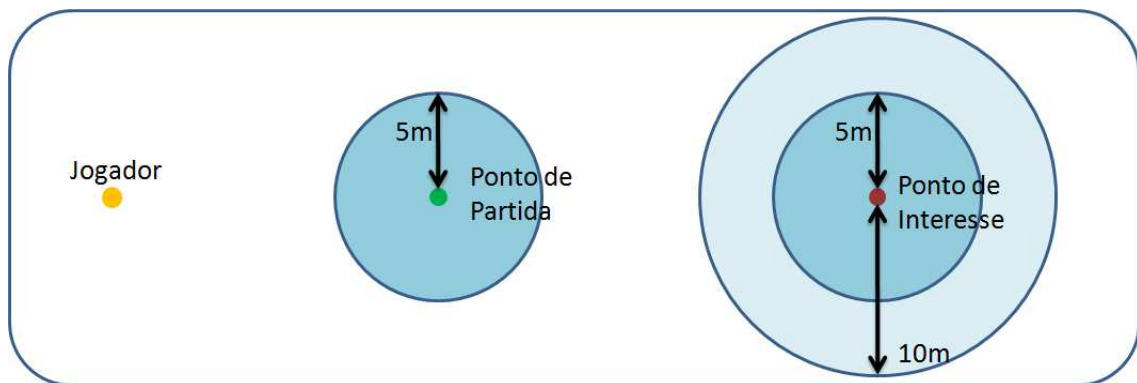


Figura 20: Novo Modelo Conceitual do GAMEAR-FP

A definição desses raios em relação aos pontos de partida e de interesse deve-se a variabilidade das informações captadas pelo receptor GPS do dispositivo móvel. Esta

variabilidade impossibilita ao usuário situasse exatamente na mesma posição dos pontos definidos.

Essas modificações foram realizadas para permitir um levantamento mais fidedigno da influência dos mecanismos de localização e orientação no encontro do elemento virtual. Ao estabelecer um tempo máximo para a procura e reduzir o raio de visualização do elemento, incentiva-se o uso dos *feedbacks* fornecidos como forma de agilizar e efetivamente viabilizar o encontro antes do final do tempo estabelecido. Já em relação à definição de um único ponto de partida para o início do jogo, foi garantido que, durante a validação, todos os usuários iniciassem no mesmo local a busca pelo elemento virtual. A localização do ponto de interesse também foi a mesma para todos os usuários, durante a validação.

Ocorreram alterações em algumas das interfaces gráficas acessadas pelo usuário e a inclusão de duas novas. A partir da tela inicial, conforme Figura 21(a), tem-se acesso as demais telas do aplicativo, a saber: tela de mapeamento do objeto virtual apresentada na Figura 21(b), tela de configuração ilustrada na Figura 21(c), tela de lista de objetos virtuais mapeados (Figura 21(d)) e, finalmente, tela de jogo (Figura 21(e)). A tela de log (Figura 21(f)), é exibida após o encerramento do jogo.

Na tela inicial, o botão “MAPEAR OBJETO VIRTUAL” dá acesso a tela de mapeamento do objeto. Nesta interface, o usuário realiza o mapeamento, informando uma descrição, a latitude e a longitude do ponto de interesse, onde será renderizado o objeto virtual.

Por intermédio do botão “CONFIGURAÇÃO” da tela inicial, o usuário acessa a tela de configuração. Nesta interface, ele escolhe os mecanismos de localização e orientação (distância, bússola e/ou mapa) que deseja visualizar durante o jogo. Além de informar o tempo de jogo à aplicação.

Ao clicar no botão “--* IR PARA JOGO *--” da tela inicial, é exibida a tela de lista de objetos virtuais mapeados. Todos os objetos previamente mapeados são listados. Ao selecionar um elemento da lista, o jogo é finalmente iniciado. Na tela de jogo, serão exibidos os mecanismos de localização e orientação selecionados na tela de configuração. Caso nenhum mecanismo tenha sido selecionado, é possível ter a mesma percepção da versão inicial do GAMEAR-FP, na qual a procura do elemento virtual dava-se sem qualquer *feedback*.

O elemento virtual renderizado sobre a imagem do ambiente real capturada pela câmera do dispositivo é sempre o mesmo independente do objeto mapeado e é conhecido

como “balão de fala” das histórias em quadrinhos. Portanto, na tela de mapeamento, não há mais a opção de escolher a forma geométrica do objeto (quadrado ou retângulo).

A tela de log é exibida após o encerramento do jogo, que pode ocorrer, devido ao encontro do objeto virtual ou ao esgotamento do tempo definido.

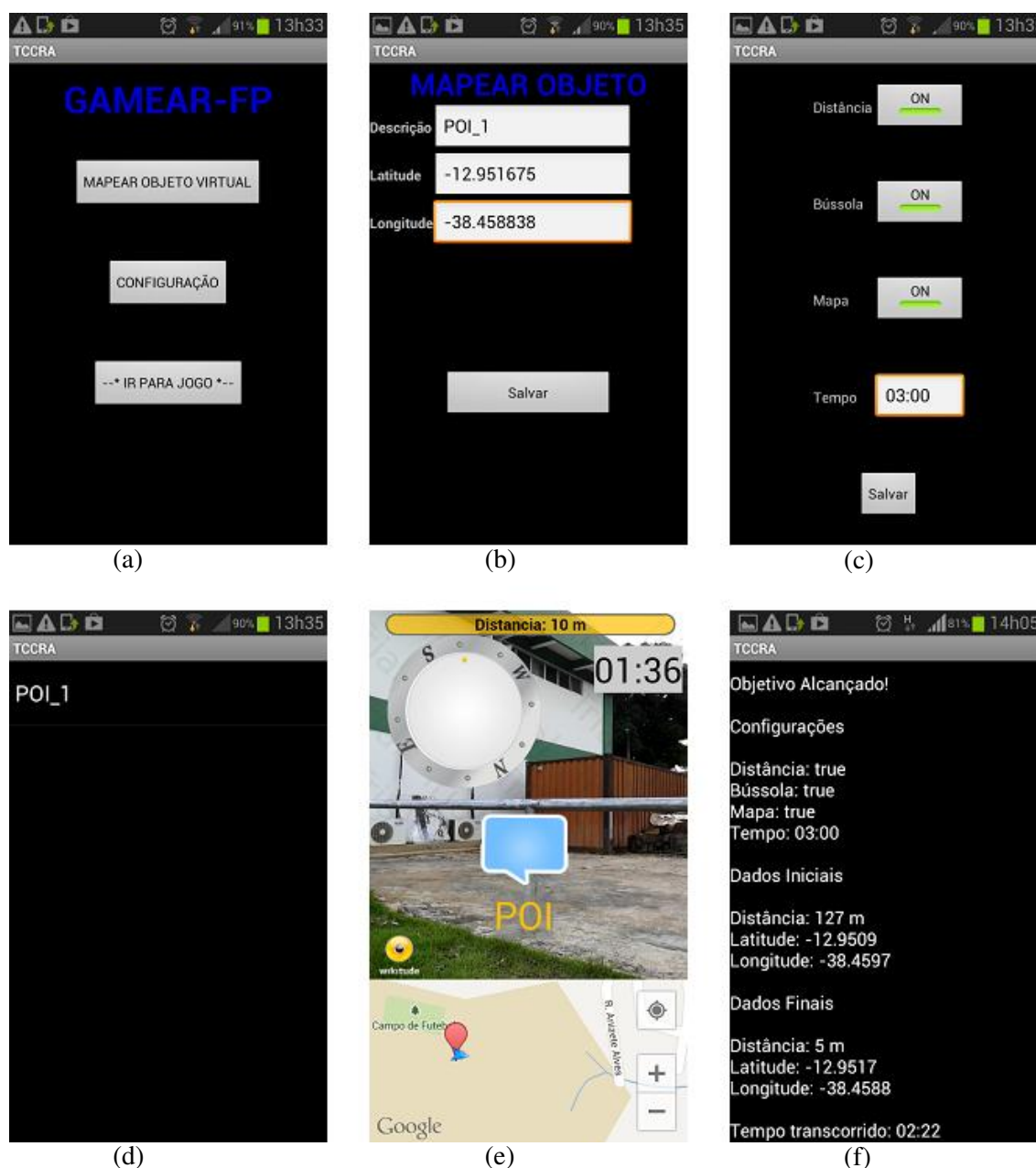


Figura 21: Interfaces gráficas: (a) Tela inicial; (b) Tela de mapeamento do objeto virtual; (c) Tela de configuração; (d) Tela de lista de objetos virtuais mapeados; (e) Tela de jogo; (f) Tela de log.

Como visto, para iniciar efetivamente o jogo, é necessário realizar previamente o mapeamento do elemento virtual. Para tanto, dados como a latitude e a longitude do ponto de interesse precisam ser de conhecimento do usuário. Sugere-se a utilização do Google Maps(GOOGLE MAPS, 2013)para a obtenção destes dados, após a escolha de uma

determinada localização. Posteriormente, acessa-se o aplicativo para a realização do mapeamento.

Após esse mapeamento, da seleção dos mecanismos de localização e orientação, da definição do tempo e da escolha do elemento mapeado, a tela de jogo é exibida, conforme Figura 22(a). No entanto, somente quando o usuário estiver dentro do raio de 5 metros do ponto de partida, o jogo é iniciado (os mecanismos de localização e orientação são exibidos/atualizados e o cronômetro iniciado), conforme Figura 22(b). A partir deste momento, o jogador, por um período de tempo pré-definido, explora com o auxílio dos mecanismos selecionados o ambiente em busca do objeto virtual.

Ao alcançar o raio de 10 metros do ponto de interesse, o jogador começa a visualizar o elemento virtual na tela do dispositivo móvel, conforme Figura 22(c). Caso o jogador esteja dentro desse raio de 10 metros, mas apontando o *smartphone* para uma direção que não seja a do elemento virtual, uma seta indicativa, na lateral da tela, apontará para a direção correta, situação apresentada na Figura 22(d).

O jogador, então, continua a caminhada em direção ao elemento virtual. Atingindo o raio de 5 metros do ponto de interesse, a tela de log, ilustrada na Figura 22(e), é exibida e o jogo encerrado. Na situação de o jogador não encontrar o elemento e o tempo esgotar-se, a tela de log também é exibida e o jogo encerrado, conforme Figura 22(f).

Ao contrário do ponto de interesse, no qual há uma tela em que é possível mapear inúmeros pontos, o ponto de partida é único e definido em nível de código-fonte. Na implementação da tela de jogo, foi utilizado o Wikitude SDK versão 2.0 (WIKITUDE DEVELOPER, 2013), o qual encapsula a complexidade e facilita o uso de realidade aumentada baseada em geolocalização. No entanto, como a licença é *Trial*, ao iniciar a tela de jogo, uma animação é executada e, enquanto permanecer aberta, é exibido o logotipo Wikitude e uma marca d'água. O código-fonte do GAMEAR-FP está disponível para download em <https://xp-dev.com/svn/GAMEAR-FP/trunk> no repositório XP-Dev.

Para a utilização do Wikitude SDK, o qual não é um SDK nativo Android, é necessário adicionar uma chamada a *architectView* no projeto e notificá-lo sobre os eventos do ciclo de vida da *activity*. A *architectView* é responsável por tratar os eventos dos sensores (câmera, bússola, acelerômetro) do dispositivo móvel. A experiência de realidade aumentada é implementada no *ARchitectWorld*, um arquivo HTML/JavaScript armazenado na pasta de recursos do projeto.

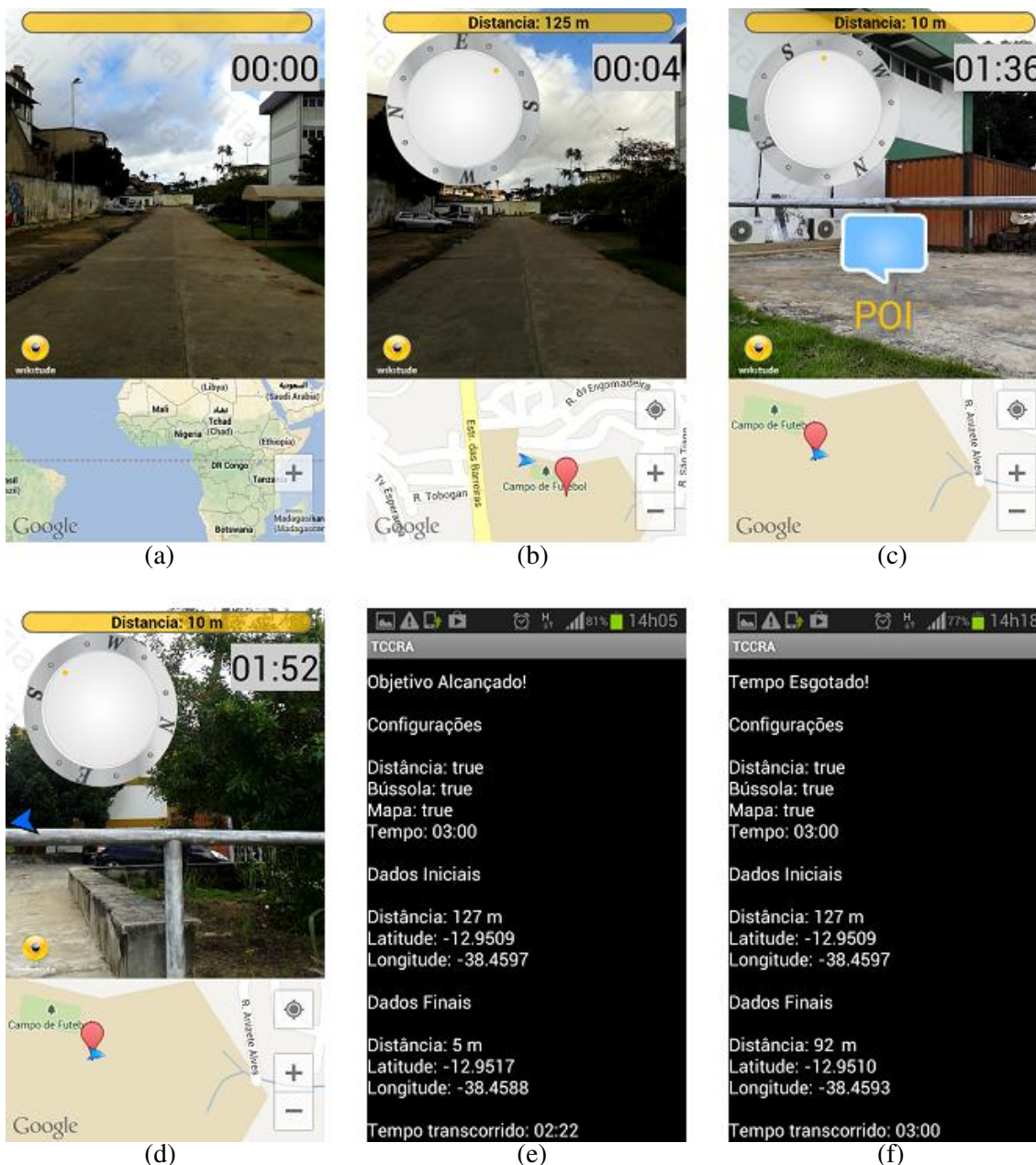


Figura 22: Funcionamento: (a) Jogador fora do raio inicial; (b) Jogador no raio inicial de 5 m; (c) Jogador no raio de 10 m (no campo de visão); (d) Jogador no raio de 10 m (fora do campo de visão); (e) Jogador no raio final de 5 m (tela de log); (f) Tempo esgotado (tela de log).

No ARchitect World, deve ser incluído a biblioteca *architect.js*, conforme Figura 23, para possibilitar a utilização dos métodos do Wikitude SDK, os quais são iniciados pelo prefixo AR. Isto permite também que o *architectView* trate corretamente este métodos. Já a inclusão da ferramenta *ade.js* permite a visualização do ARchitect World em navegadores *desktops*, evitando os erros de javascript e abrindo um console de desenvolvimento, no qual é possível a realização de testes com a simulação de eventos.

```
<script src="architect://architect.js"></script>
<script src=".\\script\\ade.js"></script>
```

Figura 23: Inclusão da biblioteca architect.js no ARchitect World.

Recomenda-se que a realidade aumentada seja tratada em uma *activity* separada. Desta forma, declara-se a *architectView*, conforme Figura 24, dentro do layout XML da *activity* em questão.

```
<com.wikitude.architect.ArchitectView
    android:id="@+id/architectView"
    android:layout_width="fill_parent"
    android:layout_height="fill_parent" >
</com.wikitude.architect.ArchitectView>
```

Figura 24: Declaração da *architectView* em um layout XML de uma *activity*.

Através do método *load* da *architectView* é carregado o ARchitect World. No GAMEAR-FP, a localização do elemento virtual (ponto de interesse) e do ponto de partida e quais mecanismos de localização e orientação serão utilizados são passados ao ARchitect World por meio do método *callJavascript* da *architectView*. É no ARchitect World que são definidos os raios inicial e finais, conforme Figura 25, além dos eventos decorrentes ao entrar ou sair de tais raios.

```
startActionRange = new AR.ActionRange(startGeoLoc, radiusStartActionRange); //raio de 5 metros
lowerActionRange = new AR.ActionRange(geoLoc, radiusLowerActionRange); //raio de 5 metros
largestActionRange = new AR.ActionRange(geoLoc, radiusLargestActionRange); //raio de 10 metros
```

Figura 25: Definição dos raios inicial e final.

Os mecanismos de localização e orientação (distância e bússola) são definidos também no ARchitect World, conforme Figura 26. Já o mapa é definido na *activity* (layout XML).

```
if (parametros.distancia == true) {
    document.getElementById("statusElement").innerHTML='Distancia: ' + distanciaToUser.toFixed(0) + ' m';
}

if (SimpleRadar.currentLoc == null) {
    SimpleRadar.currentLoc = {
        lat : lat,
        lon : lon,
        alt : alt
    };
    SimpleRadar.createRadar();
}
```

Figura 26: Definição dos mecanismos distância e bússola.

3.5 Validação e Resultados Obtidos

Com o intuito de levantar os dados necessários para a avaliação dos mecanismos de localização e orientação inseridos no jogo, foi realizada uma pesquisa de campo, na qual grupos de pessoas jogaram o GAMEAR-FP. Foram inseridos no jogo três mecanismos de localização e orientação (distância em linha reta, direcionamento por bússola e marcação em mapa), desta forma, foi necessário avaliar cada mecanismo individualmente e também em conjunto, considerando todas as possibilidades de combinação.

As combinações possíveis são enumeradas a seguir: (i) distância, (ii) bússola, (iii) mapa, (iv) distância e bússola, (v) distância e mapa, (vi) bússola e mapa e, por fim, (vii) distância, bússola e mapa. Foram escolhidos para análise esses mecanismos, porque, conforme levantamento realizado na etapa de Aprofundamento Teórico da proposta metodológica, percebeu-se que são os mecanismos mais comuns existentes em aplicativos semelhantes. Além do que, os atuais dispositivos móveis fornecem os recursos necessários à utilização de tais e também são considerados as principais formas de localização e orientação geográfica.

Para tornar viável a comparação, foi definido o mesmo tempo de jogo, ponto de partida e ponto de interesse. O tempo de jogo foi estipulado em três minutos (180 segundos), o ponto de partida escolhido possui a latitude -12.950888 e a longitude -38.459674 e o ponto de interesse, a latitude -12.951675 e a longitude -38.458838. Tanto o ponto de partida quanto o ponto de interesse são ilustrados na Figura 23.



Figura 27: Cenário. Em verde, o ponto de partida e, em azul, o ponto de interesse.

O cenário da validação está localizado no campus I da Universidade do Estado da Bahia - UNEB, sendo que o ponto de partida está situado em frente da entrada do prédio

CPEDR (Centro de Pesquisa em Educação e Desenvolvimento Regional) e o ponto de interesse no estacionamento situado entre os prédios DCET-I (Departamento de Ciências Exatas e da Terra I) e DCV I (Departamento de Ciências da Vida I). Há vários desníveltopográficos no terreno entre os pontos de partida e de interesse.

Conforme definido no novo modelo conceitual do GAMEAR-FP, o jogo somente é iniciado num raio de 5 metros do ponto de partida e encerrado num raio de 5 metros do ponto de interesse. Entre esses pontos, o usuário deve locomover-se com base nos mecanismos de localização e orientação definidos. O objeto virtual torna-se visível ao usuário apenas quando este estiver dentro do raio de 10 metros do ponto de interesse.

Uma amostra de trinta e cinco pessoas participou da validação realizada durante as segundas e quartas-feiras do mês de junho/2013. O efetivo total foi dividido em sete grupos de cinco pessoas cada. Desta forma, cada grupo utilizava o *game* com apenas uma das combinações dos mecanismos de localização e orientação enumerados anteriormente. A amostra de usuários foi composta exclusivamente de estudantes (do 1º ao 9º semestre) do curso de Sistemas de Informação do campus I da Universidade do Estado da Bahia – UNEB. A faixa etária da amostra é de 20 a 25 anos e são usuários assíduos ou frequentes de dispositivos móveis. Optou-se por este perfil de amostra, devido aos possíveis desvios e efeitos negativos sobre os dados, caso fossem utilizados usuários inexperientes na tecnologia móvel.

Os voluntários receberam algumas instruções antes do início da validação. Foi explicado o objetivo e a lógica de funcionamento do jogo e como compreender os *feedbacks* fornecidos pelos mecanismos de localização e orientação. Coube ao condutor da validação, mapear, no GAMEAR-FP, o ponto de partida e o ponto de interesse, além de definir o tempo de jogo e os mecanismos que cada grupo utilizaria. Desta forma, os voluntários não sabiam previamente da localização do elemento virtual e ainda foram instruídos a não discutir, questionar ou divulgar, de forma alguma, qualquer informação sobre o jogo, com quem quer que seja, exceto com o condutor da validação. Com isto, os voluntários foram incentivados a expressar suas opiniões sobre o jogo. Algumas dessas percepções e sugestões são descritas na análise dos dados e nas considerações finais como realizações futuras.

Para evitar qualquer tipo de interferência, todas as pessoas da amostra manusearam o mesmo *smartphone*. Além de ter sido restringido o uso do *game* por apenas uma pessoa a cada vez, desta forma, evitou-se que houvesse influência na busca do elemento virtual. Ou seja, enquanto um participante utilizava o *game*, os demais ficavam retidos em uma sala

impossibilitados de visualizarem o desempenho alheio. Não foi permitido a uma mesma pessoa participar mais de uma vez da validação.

O *smartphone* utilizado foi o Samsung Galaxy SIII Mini (GT-I8190L) com Android 4.1, tela de 4.0” SuperAmoled, resolução 800 x 480, processador Dual Core 1Ghz, câmera inteligente de 5.0 MP e memória interna de 8 GB (SAMSUNG, 2013). O dispositivo possui os sensores de bússola e GPS integrados.

Conforme visto, o GAMEAR-FP gera arquivo de log em formato texto e como esse arquivo é gerado uma única vez, ou seja, não há sobrescrita de arquivo a cada novo jogo, o condutor da validação teve que descarregar o arquivo em um computador sempre após um usuário utilizar o *game*. As informações registradas no arquivo são (i) se o objeto virtual foi encontrado, (ii) os mecanismos de localização e orientação utilizados, (iii) o tempo máximo de jogo, (iv) a localização inicial e final do usuário, (v) a distância inicial e final do usuário ao objeto e (vi) o tempo transcorrido, conforme Figura 19.

Esses dados deram suporte aos critérios de comparação definidos, que são a distância final do usuário ao objeto virtual e a variação percentual em relação à distância inicial. Foram analisados também a efetividade no encontro do objeto virtual e o tempo transcorrido neste processo.

Os dados obtidos, através dos arquivos de log, correspondentes a cada validação foram agrupados por mecanismo de localização e orientação utilizado e, a partir de então, obtidos os valores médios destes, os quais são apresentados na Tabela 1. No Apêndice A, estão disponíveis os dados correspondentes a cada log e os valores médios por mecanismo utilizado. Para cada mecanismo foram realizadas cinco validações. Na Tabela 1, os valores positivos em Variação da Distância (m) e Variação da Distância (%) significam que houve uma redução da distância entre o usuário e o objeto virtual, ou seja, ao final do jogo, o usuário estava mais próximo ao objeto do que no início.

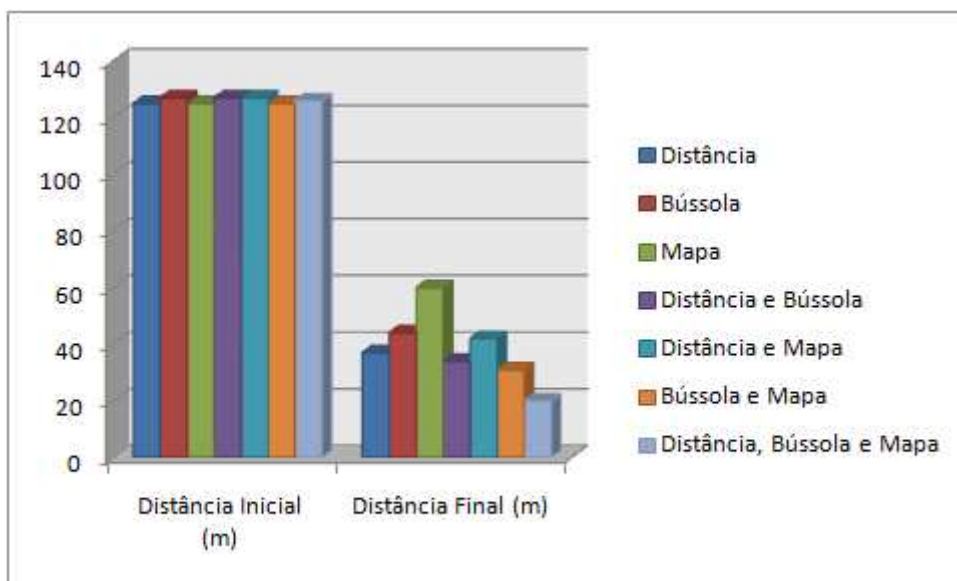
Tabela 1: Resultados médios da validação por mecanismo utilizado.

Mecanismo	Distância Inicial (m)	Distância Final (m)	Variação da Distância (m)	Variação da Distância (%)
Distância	125	37	88	71
Bússola	127	44	83	65
Mapa	125	60	65	52
Distância e Bússola	127	34	94	73
Distância e Mapa	127	42	85	67
Bússola e Mapa	125	31	93	75
Distância, Bússola e Mapa	126	20	106	85

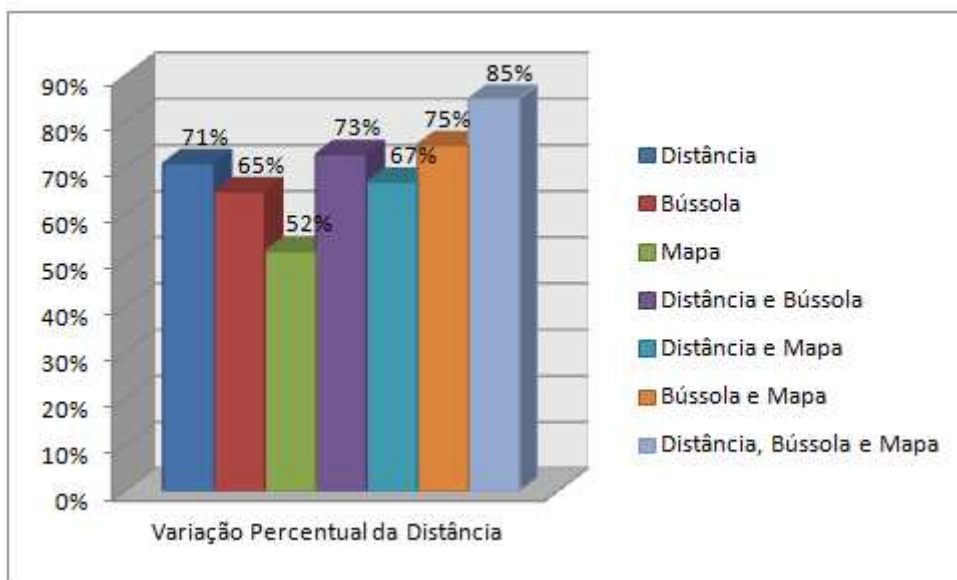
3.5.1 Variação Percentual da Distância

A análise dos mecanismos de localização e orientação será realizada com base nos valores médios da Tabela 1 e é comparativa, ou seja, a análise de um mecanismo dá-se em relação aos outros. Os dados correspondentes aos critérios distância final do usuário ao objeto virtual e a variação percentual em relação à distância inicial podem ser visualizados como gráficos na Figura 24.

A variação percentual da distância no gráfico da Figura 24(b) é positiva, significando que houve uma redução, ao final do jogo, da distância do usuário ao elemento virtual. Portanto, durante a análise, ao se dizer que a variação de um mecanismo aumentou significa que houve uma redução na distância entre o usuário e o elemento ao final do jogo, da mesma forma, dizer que a variação diminuiu significa que houve um aumento na distância entre o usuário e o elemento ao final do jogo. A seguir, são analisados os mecanismos:



(a)



(b)

Figura 28: Gráficos: (a) Distância média inicial e final do usuário ao objeto virtual; (b) Variação percentual da distância média.

- **Distância / Bússola**

Surpreendentemente, com a utilização apenas da distância, a variação percentual foi maior do que a com a utilização somente da bússola. A distância dá uma noção quanto à aproximação ou distanciamento do usuário ao ponto de interesse enquanto que a bússola fornece a direção em que o ponto está, ou seja, caso o usuário caminhe naquela direção certamente irá encontrá-lo.

Diante disto, percebeu-se que o usuário sentiu-se mais incentivado, na medida em que a distância é reduzida, a acelerar a procura. Quanto à direção, devido ao relevo do terreno não é possível o usuário seguir a direção apontada pela bússola, sendo a provável causa da variação percentual menor.

- **Mapa**

A menor variação da distância ocorreu com a utilização do mapa. Este mecanismo consiste na marcação em mapa da localização atual do usuário e do ponto de interesse. Desta forma, à medida que o usuário movimentar-se no ambiente e, portanto a sua localização é alterada, a marcação no mapa é atualizada. Com isso, o usuário tem um *feedback* do seu deslocamento ao encontro do ponto de interesse.

Propositalmente, o modo de visualização do mapa é o padrão, no qual é possível a visualização de ruas, estradas e rios. No entanto, neste modo, não são informados os dados topográficos nem fotográficos de satélite. Por exemplo, para chegar ao ponto de interesse, é preciso transpor alguns desníveis no relevo, fato que não é perceptível no mapa. Desta forma, no momento em que o usuário aproxima-se de um destes desníveis, as marcações de sua localização e do ponto de interesse se sobrepõem, dando a ilusão de que estas marcações estão na mesma posição. Esta foi a principal reclamação dos voluntários quanto a este mecanismo e talvez explique a baixa variação percentual do mesmo.

- **Distância e Bússola**

A variação percentual da combinação distância e bússola foi maior tanto em relação à somente distância quanto em relação à somente bússola. No entanto, o aumento em relação à bússola foi maior, atestando uma maior influência da distância sobre a bússola do que ao contrário (da bússola sobre a distância).

- **Distância e Mapa**

Com a utilização da distância e mapa, houve um crescimento da variação percentual em relação ao mapa, mas em relação à distância houve um decréscimo. Em termos percentuais, o crescimento em relação ao mapa foi maior do que o decréscimo em relação à distância. Desta forma, pode-se perceber a influência positiva da distância sobre o mapa, mas

também a influência negativa do mapa sobre a distância, provavelmente, devido à dificuldade de se perceber os desníveis.

No momento de um desses desníveis, a informação ficava contraditória, porque, segundo o mapa, o usuário já estaria na mesma posição do ponto de interesse, no entanto a distância informava que ainda haveria um distanciamento a ser considerado. Conclui-se que a “fê” depositava no mapa foi maior.

- **Bússola e Mapa**

A utilização conjunta da bússola e do mapa aumentou a variação percentual em relação à bússola e ao mapa individualmente. O aumento em relação ao mapa foi maior, atestando, conseqüentemente, uma maior influência da bússola sobre o mapa do que ao contrário (do mapa sobre a bússola).

- **Distância, Bússola e Mapa**

Já a utilização conjunta dos três mecanismos de localização e orientação apresentou a maior variação percentual, apontando que o fornecimento da informação de proximidade (distância), de direcionamento (bússola) e de marcação das localizações no mapa facilitou ao usuário a procura do ponto de interesse. Através da bússola, é informada a direção a ser seguida (orientação), no mapa, a posição do elemento (localização) é informada e a distância apresenta ainda uma noção de proximidade.

- **Análise Geral**

A expectativa era que a distância fosse o mecanismo menos efetivo no auxílio ao usuário a encontrar o ponto de interesse, pois esse mecanismo não fornece nenhuma noção quanto à localização exata nem quanto à orientação do elemento em relação ao usuário. A distância apenas permite uma percepção de aproximação ou distanciamento. Já em relação à bússola, esperava-se que fosse o mecanismo mais efetivo, pois esta informa ao usuário exatamente qual direção deve seguir para encontrar o elemento. Em relação ao mapa, esperava-se uma efetividade maior do que a proporcionada pela distância. Teoricamente qualquer uma das combinações desses mecanismos apresentaria resultados mais efetivos do que individualmente.

No entanto, no grupo avaliado, pode-se afirmar que, contrariando as expectativas, a distância foi o mecanismo individual mais efetivo na procura do elemento virtual, seguido pela bússola e, por fim, pelo mapa. Nem todas as combinações desses mecanismos provocaram resultados mais efetivos do que individualmente, a exemplo da distância e mapa que não produziram resultados mais efetivos do que a distância.

Não é possível a generalização destes resultados, visto que diversos fatores externos não controlados influenciam a validação, tais como (i) o relevo, ou ainda (ii) o climático cenário. Fatores humanos, tais como (i) a disposição dos usuários em jogar o GAMEAR-FP ou (ii) o entendimento cognitivo dos *feedbacks* fornecidos, também são relevantes e interferem nos resultados. Para generalizá-los, seria necessária uma gama maior de validações com amostras de tamanho e perfil variados e diferentes circunstâncias consideradas (relevo, clima, localização dos pontos de partida e de interesse, etc.).

3.5.2 Efetividade no Encontro do Objeto Virtual e Tempo Transcorrido

Das trinta e cinco validações realizadas, apenas em cinco o objetivo do jogo foi alcançado (objeto virtual encontrado no limite de tempo definido), correspondendo a apenas 14% do total, conforme Figura 25. Esse baixo percentual pode indicar que o tempo máximo de jogo (180 segundos, ou seja, 3 minutos) definido para a procura de um objeto virtual distante aproximadamente, em linha reta, 126 metros do ponto de partida tenha sido insuficiente. Segundo o *feeling* dos usuários que não alcançaram o objetivo, com mais um minuto ou um minuto e meio dependendo do mecanismo utilizado teria sido possível encontrar o objeto.

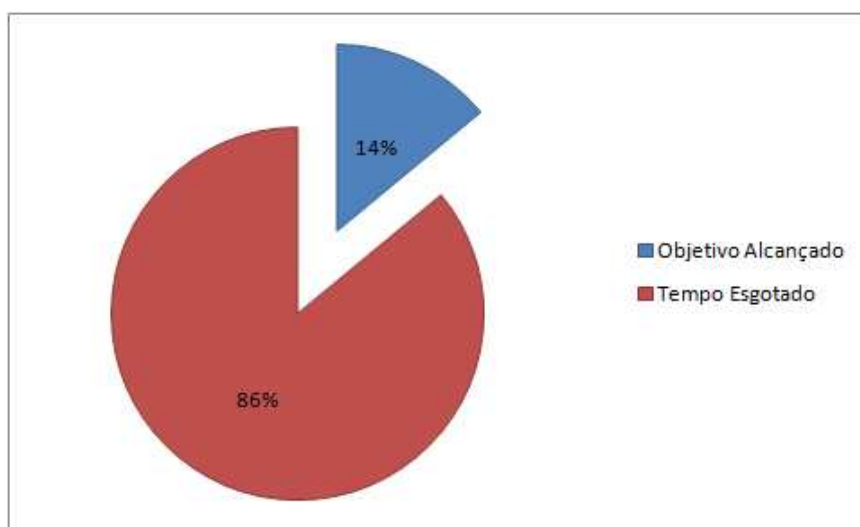


Figura 29: Percentual de vezes em que o objetivo foi alcançado nas validações

Os mecanismos utilizados nas validações cujo objetivo foi concluído foram (i) a distância, (ii) a bússola, (iii) a distância e bússola e, por fim, (iv) a distância, bússola e mapa. Este último mecanismo foi utilizado em duas validações enquanto que os demais foram utilizados cada um em apenas uma validação, totalizando as cinco validações com êxito. A seguir, a Tabela 2 apresenta os dados dessas validações. Os valores positivos em Variação da Distância (m) e Variação da Distância (%) significam que houve uma redução da distância entre o usuário e o objeto virtual, ou seja, ao final do jogo, o usuário estava mais próximo ao objeto do que no início.

Tabela 2: Resultados das validações cujo objetivo foi concluído.

Mecanismo	Distância Inicial (m)	Distância Final (m)	Variação da Distância (m)	Variação da Distância (%)	Tempo (s)
Distância	125	5	120	96	129
Bússola	129	4	125	97	151
Distância e Bússola	128	4	124	97	176
Distância, Bússola e Mapa	129	4	125	97	138
Distância, Bússola e Mapa	122	5	117	96	174

O gráfico da Figura 26 apresenta o tempo gasto até encontrar o objeto virtual. Surpreendentemente, com o mecanismo distância, o objeto foi encontrado no menor tempo. No entanto, a distância, bússola e mapa foi a combinação de mecanismos que permitiu encontrar mais vezes o objeto (2 vezes). A combinação distância e bússola teoricamente deveria permitir o encontro do elemento em um menor tempo comparativamente a somente distância e somente bússola, pois fornece os *feedbacks* de ambas, entretanto apresentou um tempo maior.

Pode-se concluir que a influência da distância e da bússola é predominante, pois, em todas essas validações, pelo menos um desses mecanismos está presente. Já em relação ao mecanismo mapa, pode-se concluir que tem baixa relevância, pois, quando aparece, está em combinação com a distância e bússola.

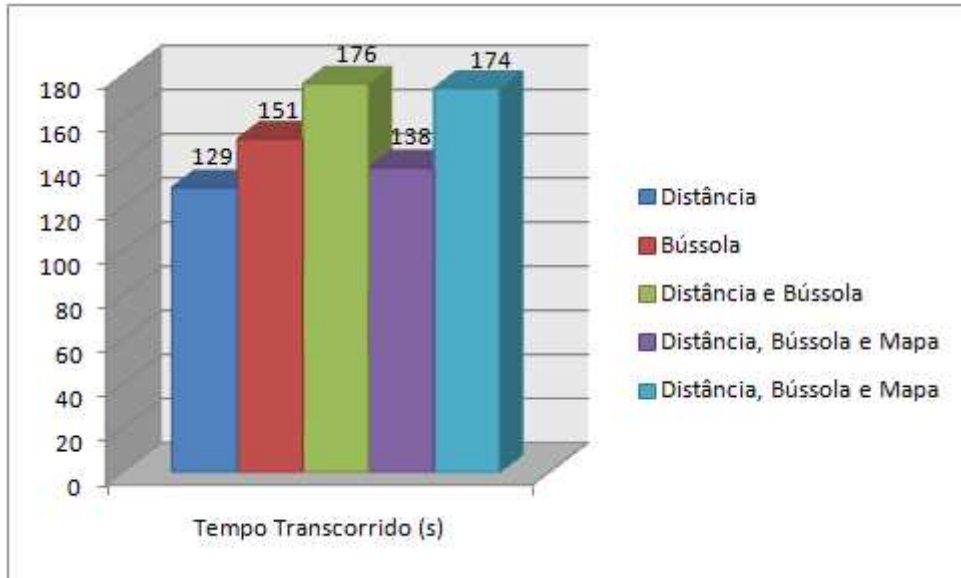


Figura 30: Tempo transcorrido do início do jogo até o encontro do objeto virtual

4. Considerações Finais

O provimento de informações virtuais por intermédio da realidade aumentada em ambientes *outdoors* já é uma realidade assim como a multiplicidade de aplicativos e serviços baseados na localização. No entanto, ainda são poucos os aplicativos que usufruem de forma integrada dos recursos destas duas áreas de pesquisa da computação.

Com o objetivo de comparar os mecanismos de localização e orientação, a saber, (i) distância em linha reta, (ii) direcionamento por bússola e (iii) marcação em mapa, nos dispositivos móveis para possibilitar o encontro de determinado ponto de interesse, representado por um objeto virtual, foi implementada uma nova versão do GAMEAR-FP. Esta nova versão deu suporte à coleta de dados na pesquisa de campo, os quais permitiram uma posterior análise desses mecanismos. Além de utilizar conjuntamente recursos da realidade aumentada e da geolocalização.

Este projeto foi motivado pela efetiva possibilidade de contribuir com análises e informações a respeito dos mecanismos de localização e orientação em aplicações para dispositivos móveis. Além disso, a possibilidade de integrar áreas promissoras da computação em um jogo e, conseqüentemente, colaborar com o aprimoramento do GAMEAR-FP também foram elementos motivadores.

Os objetivos traçados para este projeto foram cumpridos. A comparação entre os mecanismos de localização e orientação, utilizando, para tanto, as novas funcionalidades acrescentadas ao GAMEAR-FP foi realizada satisfatoriamente. Os resultados obtidos, em relação à esses mecanismos, baseado na validação realizada, permitiram concluir que a inclusão de tais mecanismos no jogo efetivamente permitiram ao usuário dirigir-se ao objeto virtual. Há vista que, na maioria dos dados coletados, a distância do usuário ao elemento, no final do jogo, foi menor do que no início. Ainda foi possível concluir, na validação realizada, que a utilização da distância apresentou resultados mais significativos do que o esperado. Além de que, a utilização de mapa em cenários com desníveis e bússola quando não é possível seguir a direção informada dificultam a procura.

Em relação ao GAMEAR-FP, o aplicativo agora não somente renderiza um elemento virtual num cenário real, como também possibilita ao usuário, com o fornecimento de *feedbacks*, movimentar-se no ambiente e efetivamente encontrar o elemento.

Um dos artefatos gerados na etapa de Aprofundamento Teórico da proposta metodológica foi o artigo “GAMEAR-FP: Um Jogo com Realidade Aumentada para

Dispositivos Móveis”, apresentado e publicado nos anais do congresso ERBASE (SANTOSET AL., 2013). Este artigo sintetiza o estudo realizado sobre a versão inicial do GAMEAR-FP, expondo as limitações e possibilidades de aprimoramento. No entanto, os resultados apresentados nesta monografia não foram incluídos visto que a publicação ocorreu anteriormente.

A limitação da pesquisa, em relação aos mecanismos de localização e orientação, deve-se à impossibilidade de generalizar as conclusões, devido às restrições da validação. Portanto qualquer análise restringe-se somente ao grupo analisado e à validação realizada. Ou seja, não houve variação das características do cenário nem do perfil da amostra de usuário. Também não foi analisada a influência de fatores externos nem humanos nos resultados alcançados.

Apesar do evidente aprimoramento do GAMEAR-FP com a inclusão das novas funcionalidades e a solução de algumas inconsistências, ainda há limitações importantes. Em algumas situações, durante o jogo, por exemplo, a bússola forneceu a direção incorreta, a distância sofreu mudança abrupta de valor e a seta representativa da posição do usuário no mapa não correspondeu à direção apontada pelo dispositivo. No entanto, estas situações não desencadearam consequências maiores porque foram pontuais e momentâneas.

Os elementos que devem estar presentes, segundo Tori et al. (2007), em um jogo são (i) interatividade, (ii) regras bem definidas, (iii) um ou mais objetivos a serem alcançados, (iv) obstáculos para alcançá-los e o (v) entretenimento do jogador. No GAMEAR-FP, enquanto as regras, o objetivo e os obstáculos estão definidos satisfatoriamente, a interatividade ainda é incipiente. Apesar disto, o *feedback* dos participantes da validação, em relação ao entretenimento, foi positivo. O diferencial apontado foi a junção da exploração, em primeira pessoa, de um ambiente real com a inserção de elementos virtuais, o que parece ser incomum nos jogos tradicionais.

Como prosseguimento deste trabalho, sugere-se, em relação a pesquisa dos mecanismos de localização e orientação, alterar variáveis da validação como o tamanho e perfil da amostra de usuário, as características do cenário (relevo, vegetação, temperatura), a posição do ponto de partida, do ponto de interesse e a distância do elemento virtual ao usuário. É válida também a análise de mecanismos menos convencionais, como a utilização de sons, cujo volume sofre variação à medida que o usuário aproxima-se ou distancia-se do ponto de interesse.

Já em relação ao GAMEAR-FP, sugere-se tornar o jogo mais interativo e atraente com a inserção de missões com objetivos diferentes como, por exemplo, (i) desarmar uma bomba, (ii) permitir a colaboração em equipe no descobrimento de pistas que auxiliem o encontro do

objeto virtual ou (iii) combater agentes inimigos. As melhorias já citadas por Rodrigues (2012) e Santos et al. (2013), como (i) a inserção de elementos/personagens em três dimensões, (ii) determinar aleatoriamente a localização dos objetos, (iii) atenuar os efeitos ocasionados pela imprecisão e variabilidade das informações captadas pelo sensor GPS e (iv) aumentar a quantidade de objetos virtuais por jogo, também são sugestões de trabalhos futuros.

Referências

- AGUIAR, H.; CARMO, M. B.; POMBINHO, P.; AFONSO, A. P. *Pesquisas Baseadas na Localização e na Orientação em Dispositivos Móveis*. 17º Encontro Português de Computação Gráfica, Covilhã – Portugal, 2009.
- ALBUQUERQUE, P. C. G.; SANTOS, C. C. *GPS para Iniciantes*. In: XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Belo Horizonte, 2003.
- ALVES, S. *A Matemática do GPS*. In: Revista do Professor de Matemática. 59 ed., pp. 17-26, 2006.
- AZUMA, R. T. *A Survey of Augmented Reality*. In Presence: Teleoperators and Virtual Environments, v. 6, n. 4, pp. 355-385, 1997.
- AZUMA, R.; BAILLOT, Y.; BEHRINGER, R.; FEINER, S.; JULIER, S. MACINTYRE, B. *Recent advances in augmented reality*. IEEE Computer Graphics and Applications, v. 21, n. 6, pp. 34-47, 2001.
- CARVALHO, E. A.; ARAÚJO, P. C. *Orientação: rumo, azimute, declinação magnética*. In: Leituras Cartográficas e Interpretações Estatísticas. 2.ed., pp. 123-142, Natal - RN: Editora EDUFRRN, 2011.
- FRIEDMANN, R. M. P. *Visão Geral de Orientação, Cartografia e Navegação*. In: Fundamentos de Orientação - Cartografia e Navegação Terrestre, Pró Books Editora & CEFET-PR, Cap. 1, 2004.
- GARTNER. *Gartner's 2011 Hype Cycle Special Report Evaluates the Maturity of 1,900 Technologies*. 2011. Disponível em: <<http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1763814>>.
- GOOGLE MAPS. *Google Maps*. 2013. Disponível em: <<https://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR>>.
- GPS. *Fundamentals of the Global Positioning System*. 2013. Disponível em: <<http://courses.washington.edu/gis250/lessons/gps/index.html>>.
- HARLEY, J. B. *A nova história da Cartografia*. O Correio da UNESCO, Rio de Janeiro, v. 19, n.8, p 4-9, 1991.
- HASENACK, H.; CORDEIRO, J. L. P.; WAZLAWIK, W. *GPS, Orientação e Noções de Cartografia - Notas de Aula*. Centro de Ecologia - UFRGS Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2012. Disponível em: <<http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/arquivos/downloads/dados/apostila.pdf>>.
- HÖLLERER, T. H.; FEINER, S. K. *Mobile Augmented Reality*. In: KARIMI, H.; HAMMAD, A. (eds.) *Telegeoinformatics: Location-Based Computing and Services*. Francis Books Ltd., 2004.

INSTITUTO NOKIA DE TECNOLOGIA. *Instituto Nokia de Tecnologia elege tendências da mobilidade em 2011*. 2011. Disponível em: <<http://www.indt.org/news/instituto-nokia-de-tecnologia-elege-tendencias-da-mobilidade-em-2011/>>.

KATUTA, A. M. *O ensino e aprendizagem das noções, habilidades e conceitos de orientação e localização geográficas: algumas reflexões*. Boletim de Geografia, Londrina, v. 9, n. 1, p. 5-24, 2000.

KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. A. *Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada*. In: Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações. Livro de pré-simpósio IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, Petropolis-RJ: Ed. SBC, Cap. 1, p. 02-21, 2007.

KIRNER, C., TORI, R.; *Fundamentos de Realidade Aumentada*. In: Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Livro de pré-simpósio VIII Symposium on Virtual Reality, Belém-PA, Cap. 2, p. 22-38, 2006.

MILGRAM, P.; TAKEMURA, H.; UTSUMI, A.; KISHINO, F. *Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum*. Proceedings of Telemanipulator and Telepresence Technologies, p. 282-292, 1994.

MONICO, J. F. G. *O sistema de posicionamento global (GPS): conceitos preliminares*. In: Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS descrição, fundamentos e aplicações. 1. ed., pp. 19-58, Presidente Prudente - SP: Editora UNESP, 2000.

OLIVEIRA, C. *Dicionário Cartográfico*, p. 314-438 passim.

OLIVEIRA, F. C.; RECCHIA, R.; KIRNER, C. *Projeto LIRA - Livro Interativo com Realidade Aumentada*. In: Anais do WARV'05 – I Workshop de Aplicações de Realidade Virtual, Uberlândia, MG, v. 01, 2005.

PAPAGIANNAKIS, G.; SINGH, G.; MAGNENAT-THALMANN, N. *A survey of mobile and wireless technologies for augmented reality systems*. Computer Animation and Virtual Worlds. Vol. 19, 2008.

POMBINHO, P. *Visualização de Informação Geo-Referenciada em Dispositivos Móveis*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Informática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal, 2008.

RODRIGUES, L. P. *Mapeamento de objetos virtuais em um cenário real utilizando realidade aumentada e geolocalização*. Monografia de Graduação. Departamento de Ciências Exatas e da Terra I da Universidade do Estado da Bahia. Salvador, BA, 2012.

SAMSUNG. *Galaxy S3 mini*. 2013. Disponível em: <<http://www.samsung.com/br/consumer/cellular-phone/cellular-phone-tablets/smartphones/GT-I8190RWLZTM>>.

SISCOOTTO, R. A.; TORI, R.; *AVTC - Augmented Virtuality Tele-Conferencing*. Proc. of VII Symposium on Virtual Reality, SP, 2004.

SANTOS, W.; RODRIGUES, L.; OLIVEIRA, G.; LENZ, A. *GAMEAR-FP: Um Jogo com Realidade Aumentada para Dispositivos Móveis*. XIII Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas Sergipe – ERBASE, Aracaju-SE, 2013.

TORI, R., NAKAMURA, R.; JÚNIOR, J. L. B.; BIANCHINI, R. C.; JACOBBER, E. C.; CALIFE, D.; TOMOYOSE, A. N. *Jogos e Entretenimento com Realidade Virtual e Aumentada*. In: Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações. Livro de pré-simpósio IX *Symposium on Virtual and Augmented Reality*, Petropolis-RJ: Ed. SBC, Cap. 10, p.192-222, 2007.

WIKITUDE. *Wikitude – THE APP*. 2013. Disponível em: <<http://www.wikitude.com/app/>>.

WIKITUDE DEVELOPER. 2013. *Wikitude Developer*. Disponível em: <<http://developer.wikitude.com/>>.

APÊNDICE A – Dados dos arquivos de log por mecanismo de localização e orientação

Nas tabelas a seguir, os valores positivos em Variação da Distância (m) e Variação da Distância (%) significam que houve uma redução da distância entre o usuário e o objeto virtual, ou seja, ao final do jogo, o usuário estava mais próximo ao objeto do que no início. Já valores negativos significam que houve um aumento da distância entre o usuário e o objeto virtual, ou seja, ao final do jogo, o usuário estava mais distante ao objeto do que no início.

Tabela 3: Resultados das validações por distância.

Log	Objetivo Alcançado	Distância Inicial (m)	Distância Final (m)	Variação da Distância (m)	Variação da Distância (%)	Tempo (s)
1	Não	122	44	78	64	180
2	Não	127	62	65	51	180
3	Não	129	64	65	50	180
4	Não	121	10	111	92	180
5	Sim	125	5	120	96	129
Média	----	125	37	88	71	170

Tabela 4: Resultados das validações por bússola.

Log	Objetivo Alcançado	Distância Inicial (m)	Distância Final (m)	Variação da Distância (m)	Variação da Distância (%)	Tempo (s)
1	Não	126	6	120	95	180
2	Não	122	135	-13	-11	180
3	Sim	129	4	125	97	151
4	Não	126	19	107	85	180
5	Não	130	54	76	58	180
Média	----	127	44	83	65	174

Tabela 5: Resultados das validações por mapa.

Log	Objetivo Alcançado	Distância Inicial (m)	Distância Final (m)	Variação da Distância (m)	Variação da Distância (%)	Tempo (s)
1	Não	126	153	-27	-21	180
2	Não	123	45	78	63	180
3	Não	129	30	99	77	180
4	Não	123	54	69	56	180
5	Não	123	19	104	85	180
Média	----	125	60	65	52	180

Tabela 6: Resultados das validações por distância e bússola.

Log	Objetivo Alcançado	Distância Inicial (m)	Distância Final (m)	Variação da Distância (m)	Variação da Distância (%)	Tempo (s)
1	Não	132	16	116	88	180
2	Não	122	59	63	52	180
3	Sim	128	4	124	97	176
4	Não	126	51	75	60	180
5	Não	129	39	90	70	180
Média	----	127	34	94	73	179

Tabela 7: Resultados das validações por distância e mapa.

Log	Objetivo Alcançado	Distância Inicial (m)	Distância Final (m)	Variação da Distância (m)	Variação da Distância (%)	Tempo (s)
1	Não	123	38	85	69	180
2	Não	129	12	117	91	180
3	Não	126	24	102	81	180
4	Não	134	60	74	55	180
5	Não	124	76	48	39	180
Média	----	127	42	85	67	180

Tabela 8: Resultados das validações por bússola e mapa.

Log	Objetivo Alcançado	Distância Inicial (m)	Distância Final (m)	Variação da Distância (m)	Variação da Distância (%)	Tempo (s)
1	Não	123	37	86	70	180
2	Não	124	26	98	79	180
3	Não	130	38	92	71	180
4	Não	122	38	84	69	180
5	Não	124	18	106	85	180
Média	----	125	31	93	75	180

Tabela 9: Resultados das validações por distância, bússola e mapa.

Log	Objetivo Alcançado	Distância Inicial (m)	Distância Final (m)	Variação da Distância (m)	Variação da Distância (%)	Tempo (s)
1	Sim	129	4	125	97	138
2	Não	127	33	94	74	180
3	Não	122	7	115	94	180
4	Sim	122	5	117	96	174
5	Não	129	49	80	62	180
Média	----	126	20	106	85	170