

DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO DE REALIDADE AUMENTADA PARA USO EM PROJETO PARTICIPATIVO DE ÁREAS DE LAZER

AUGMENTED REALITY APLICATION DEVELOPMENT FOR USE IN PARTICIPATORY DESIGN OF LEISURE AREAS

Ana Regina Mizrahy Cuperschmid¹

Ana Maria Reis de Góes Monteiro²

Regina Coeli Ruschel³

Resumo

O objetivo deste artigo é relatar o desenvolvimento de aplicativo de Realidade Aumentada (RA) para dar suporte ao Projeto Participativo arquitetônico na fase de concepção. O foco em projeto está em áreas de lazer. A pesquisa é aplicada, de caráter exploratório, e delineamento baseado na metodologia do *Design Science Research*. Foi desenvolvida a nível de doutorado, sendo aqui parcialmente apresentada. O delineamento aqui relatado, do desenvolvimento da aplicação, consta de cinco etapas: motivação; definição de objetivos de uma solução; projeto e desenvolvimento; demonstração e avaliação. A etapa a ser destacada neste artigo é a de projeto e desenvolvimento do aplicativo de RA e demonstração de seu funcionamento. As principais contribuições à temática de RA são: (i) comparativo de aplicativos comerciais para desenvolvimento; (ii) instrução para transformação de componentes arquitetônicos em modelos (equipamentos de lazer); (iii) otimização dos modelos; (iv) processo de edição em sistema de desenvolvimento de *games*; (v) síntese do desenvolvimento e; (vi) um aplicativo de RA. O aplicativo equipAR! demonstrado, foi desenvolvido para *smartphones*, *tablets* e *smart glasses*.

Palavras-chave: Realidade Aumentada; modelos tridimensionais; desenvolvimento de aplicativo; projeto participativo; projeto arquitetônico.

Abstract

The goal of this paper was to develop an Augmented Reality (AR) application to support architectural Participatory Design in the conceptual phase. The focus of the project is on

¹ Doutora, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade – PPGATC - UNICAMP, fale@anacuper.com

² Professora Doutora, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Docente do PPGATC - UNICAMP, ruschel@fec.unicamp.br

³ Professora Livre Docente, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Docente do PPGATC - UNICAMP, ruschel@fec.unicamp.br

leisure areas. This is an applied research, with an investigative feature, and its scientific method was the Design Science Research. It was developed at Doctorate level, being partially presented here. The outline of the application development reported here consists of five stages: motivation; definition of objectives of a solution; design & development; demonstration and evaluation. The stage of developing the AR application and demonstrating its functioning is highlighted in this paper. The main contributions to AR field are: (i) comparison of business applications for development; (ii) instruction for turning architectural components into models (leisure equipment); (iii) models optimization; (iv) editing process in game development systems; (v) development synthesis and; (vi) an AR application. The equipAR! application described was developed for smartphones, tablets and smart glasses.

Keywords: Augmented Reality, 3D model, application development, Participatory Design, Architectural Design.

1. Introdução

Admitindo que a representação gráfica tem um papel chave na arquitetura, as possibilidades de visualização propiciadas pela Realidade Aumentada (RA), constituem um marco importante na prática de concepção de projeto. Para propiciar a participação no processo de desenvolvimento do projeto arquitetônico o uso de RA surge como uma possibilidade para que os não-especialistas compreendam e manipulem modelos do ambiente.

A RA mistura, por meio de dispositivos de visualização, ambientes reais com objetos virtuais em tempo real (HÖLH, 2009; WANG, 2007, AMIM; LANDAU; CUNHA, 2007; HANZL, 2007). Ao contrário da Realidade Virtual, que pretende imergir completamente os usuários num ambiente sintético, a RA permite que o usuário veja os modelos virtuais superpostos ao mundo físico (HALLER; BILLINGHURST; THOMAS, 2007). Em um sistema completamente virtual, todas as partes de uma cena têm que ser digitalmente construídas, o que requer extenso trabalho para o desenvolvimento do modelo, além de recursos computacionais de ponta. Assim, para um ambiente em Realidade Virtual convincente, é preciso obter e modelar a informação detalhada sobre um ambiente. Entretanto, à medida que a complexidade aumenta, tal obtenção dos dados se torna uma tarefa árdua, impraticável e frequentemente impossível. Isto diretamente se traduz em perda de recursos financeiros e humanos que poderiam, de outra maneira, ter outra utilidade (BEHZADAN, 2011). Numa tentativa de reduzir este esforço, esta pesquisa apresenta uma alternativa para visualização, a RA, para criar visualizações misturadas de modelos virtuais de equipamentos urbanos⁴ para áreas de lazer sobrepostos à visualizações do mundo físico real. Mais especificamente, busca-se aplicar essa forma de visualização atrelada ao Projeto Participativo (PP). O uso de RA pode permitir que usuários e projetistas, coletivamente, explorem a funcionalidade e a forma, dando suporte à participação de todos por meio da visualização e manipulação.

Para utilização de RA em PP deve ser considerado tanto o especialista quanto o

⁴ Equipamentos urbanos podem ser definidos como “bens públicos ou privados, de utilidade pública, destinados à prestação de serviços necessários ao funcionamento da cidade, implantados mediante autorização do poder público, em espaços públicos e privados” (CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO, 2013, p.16).

leigo quanto ao reconhecimento visual de modelos virtuais em RA e manuseio de seus respectivos marcadores. A inovação desta pesquisa está em propiciar a expansão da tecnologia de RA para que possa ser apropriada nas práticas de PP em arquitetura. A maior contribuição está em utilizar uma nova forma de visualização, aproveitando seu poder de comunicação, para interagir com não-especialistas no desenvolvimento da concepção do projeto arquitetônico.

O objetivo deste artigo é relatar o desenvolvimento de aplicativo de RA para dar suporte ao PP arquitetônico na fase de concepção. O foco em projeto está em áreas de lazer. A pesquisa foi desenvolvida a nível de doutorado, sendo aqui parcialmente apresentada, enfatizando-se o processo de desenvolvimento de aplicativo.

2. Realidade Aumentada na Arquitetura

A combinação do ambiente real com o virtual é definida como Ambientes Misturados, dentro dos quais, elementos físicos e digitais coexistem e interagem de uma forma mais expansiva. A RA está dentro do conceito de Ambientes Misturados, uma vez que adiciona elementos virtuais dentro do mundo físico, em tempo real (WANG, 2007, AMIM; LANDAU; CUNHA, 2007). O termo “RA” é usado para se referir a interfaces nas quais objetos reais são superpostos por objetos virtuais e vice-versa. Misturando realidade e virtualidade, estas interfaces deixam os usuários se verem, juntamente com os objetos virtuais. Billinghurst, Kato (2002) afirmam que o objetivo é o de misturar o mundo virtual e real de maneira que sejam indistinguíveis um do outro.

Desta maneira, a RA permite interagir com elementos virtuais no mundo real, ao mesmo tempo em que o usuário recebe as informações visuais adicionais geradas pelo sistema (SCHNABEL, 2009). Em outras palavras, um sistema de RA gera uma visão composta em tempo real. A composição é uma combinação de uma cena real e uma virtual gerada pelo sistema que é exibida por um dispositivo de visualização com intuito de expandir a percepção do usuário (HANZL, 2007; HOHL, 2009; KALKOFEN; MENDEZ; SCHMALSTIEG, 2009).

A visualização em tempo real, segundo Hölh (2009), significa que a visualização dos elementos virtuais é alterada conforme é movimentado seu respectivo elo com a realidade, permitindo, dessa maneira, que o observador interfira diretamente com o ambiente virtual ou real.

Considerando a RA como uma técnica de visualização, Kalkofen, Mendez e Schmalstieg (2009) descrevem que a relação entre objetos reais e virtuais pode tanto fornecer contexto virtual adicional a um objeto importante no mundo real ou inserir um objeto virtual num contexto real. Em ambos os casos, a RA gera uma imagem final que sobrepõe partes de uma imagem real com uma imagem sintética, ou virtual.

Bimber e Raskar (2005, p.2) e Belcher e Johnson (2008) destacam que na RA, o ambiente real não é completamente suprimido, ao invés disso, ele têm um papel importante. Ao invés de imergir a pessoa num mundo completamente sintético, a RA tenta incorporar os elementos sintéticos no mundo real (ou num vídeo do mundo real), misturando ambientes reais com objetos virtuais. Desta forma, afirmam, a informação aumentada têm um link forte com o mundo real, o que não ocorre com a Realidade Virtual. Comparativamente, a RA tem o potencial significante de reduzir a confecção do ambiente que compõe a cena em que o modelo será inserido, uma vez que apropria-se da realidade para inserir modelos sintéticos e criar a cena misturada. Ademais,

possibilita a criação de uma visualização que pode ser comunicada.

Com a RA móvel torna-se possível explorar e interagir com o mundo de uma maneira totalmente nova (OLSSON, 2013). Nesta técnica, o usuário pode se movimentar livremente com o sistema e usar um dispositivo para visualização em RA, como *smartphones*, *tablets* ou *smart glasses*. Cabe ressaltar que a utilização de RA móvel tem sido estudada há tempos, como mostra a pesquisa de Thomas, Piekarski e Gunther (1999), a qual descreve um sistema desenvolvido na Universidade da Austrália para auxiliar pessoas na visualização de projetos arquitetônicos em seu contexto físico externo.

Schnabel (2009) sugere que um ambiente misturado aplicado na arquitetura permite novas maneiras de trabalho colaborativo em locais compartilhados ou remotos. O autor alerta para o fato de que a transformação do projeto e da informação de um ambiente virtual para outras realidades é potencialmente problemática, pois, é preciso conciliar escalas ou dimensões para se relacionarem com elementos externos do mundo real.

Nesta seção, foi realizada uma visão geral sobre a RA, contextualizando-a na arquitetura. A próxima seção apresenta o delineamento metodológico adotado.

3. Delineamento Metodológico

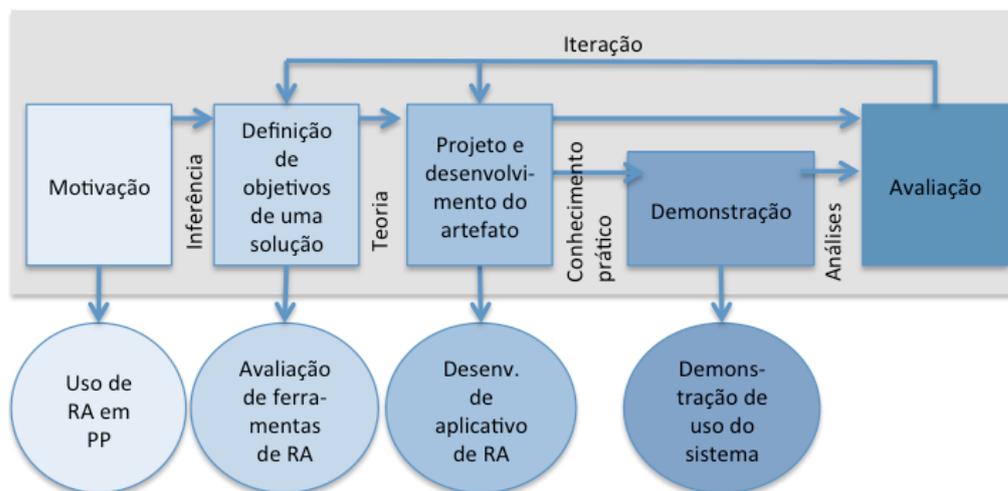
Esta é uma pesquisa aplicada, de caráter exploratório, e seu delineamento básico foi realizado por meio da metodologia da *Design Science Research*. Lacerda et al. (2013) apontam que o objetivo da *Design Science Research* é produzir conhecimento que seja aplicável e útil para a solução de problemas, o aprimoramento de sistemas já existentes e a criação de novas soluções ou artefatos. Segundo Peffers et al. (2007), esse método permite a criação e a avaliação de artefatos de Tecnologia da Informação projetados com base em um problema de pesquisa. Para Machado et al. (2013, p.3), o princípio fundamental da *Design Science Research* é que “[...] o conhecimento e a compreensão de um problema e sua solução são adquiridos na construção e aplicação de um artefato para um contexto de problema específico”. Piirainen e Gonzalez (2013) acrescentam que este tipo de metodologia contribui para o conhecimento existente pela busca de soluções a questões não triviais de uma forma inovadora. O conhecimento produzido, embora usado pontualmente em determinado contexto, deve ser generalizável, para que possa ser ampla e efetivamente aplicável pela sociedade (LACERDA et al., 2013).

A *Design Science Research* lida com a criação de algum artefato novo, concebido para satisfazer uma necessidade ou para alcançar algum objetivo (LACERDA et al., 2013; PEFFERS et al., 2007; MACHADO et al. 2013). Lacerda et al. (2013) salientam que artefatos são objetos artificiais que, quando organizados, cumprem a um propósito. Peffers et al. (2007) salientam que artefatos também podem incluir inovações ou novas propriedades técnicas, sociais ou fontes de informação. Corroborando, Machado et al. (2013), afirma que a criação de um artefato é o meio fundamental para se produzir novos conhecimentos baseados em experiências práticas.

Na pesquisa de doutorado, buscava-se uma maneira de incorporar RA como uma ferramenta para apoio à comunicação no PP, fazendo com que o processo de concepção de projeto fosse discutido, visível e explícito. O delineamento aqui relatado, do desenvolvimento da aplicação, consta de cinco etapas: motivação; definição de objetivos de uma solução; projeto e desenvolvimento; demonstração e avaliação (Figura

1). A etapa a ser destacada neste artigo é a de projeto e desenvolvimento do aplicativo de RA e demonstração de seu funcionamento.

Figura 1: Passos da metodologia da *Design Science Research* aplicada ao desenvolvimento do aplicativo de RA



Fonte: adaptado de Cuperschmid (2014)

A seguir, são apresentados, resumidamente, os passos realizados na pesquisa: (i) Motivação: uso de RA em PP; (ii) Avaliação de ferramentas de RA; (iii) Desenvolvimento de aplicativo de RA e (iv) Demonstração de uso do sistema e avaliação preliminar.

4. Motivação: Uso de RA em PP

A visualização envolve grandes possibilidades para melhorar significativamente o processo de criação, solução de problemas e avaliação de projeto arquitetônico e desenho urbano. Conforme Santos Júnior (2009), se os projetos arquitetônicos não possibilitam uma boa visualização, há dificuldade de visualização da obra e problemas de interação entre os participantes. Este problema pode ocorrer devido à falta de uma boa representação tridimensional que auxilie a compreensão espacial, principalmente quando o público a que se destina o projeto se trata de pessoas que possuem dificuldades de compreensão de representações planas (SANTOS JÚNIOR, 2009).

A RA é uma ferramenta que pode aumentar a participação, permitindo compartilhar os canais de comunicação, de forma que ideias possam ser imediatamente disponibilizadas aos outros participantes, favorecendo a interação e criatividade. Schnabel (2009) aponta que o desenvolvimento de suporte computacional para colaboração em projeto significa a criação de sistemas que podem amplificar a efetividade da equipe de projeto como um todo. Modelos virtuais podem ser gerados para melhorar a percepção e comunicação de projetos arquitetônicos por meio de RA. Por mesclar objetos físicos e digitais, a RA pode enriquecer o processo de projeto por proporcionar diferentes percepções, compreensões e concepções dos volumes espaciais dentro de ambos ambientes, físico e virtual. Seu uso possibilita o oferecimento de *feedback* imediato aos seus usuários, o que de outra maneira, seria impossível dentro de um mundo somente real ou virtual (SCHNABEL, 2009).

Em 1996, Reich et al. (1996) apontaram que desenvolvimentos evolucionários deveriam ocorrer para que o suporte do computador propiciasse uma atmosfera participativa responsiva à diferentes circunstâncias de projeto. Dentre os problemas apontados por eles, estava o fato de que as pessoas não gostariam de participar, de um processo de projeto apoiado por computador, se as informações necessárias não fossem manuseáveis. Com a RA esse entrave se desfaz, dado que permite que todos os objetos possam ser manuseados individualmente pelo usuário em tempo real, possibilitando uma interferência direta no projeto.

Os arquitetos podem usar estas tecnologias como mediadores para dialogar com os interessados. Entretanto, Schnabel (2009) aponta que questões como usabilidade, interface, navegação, gesticulação e campos limitados de visão ainda têm que ser melhorados para alcançar a mesma facilidade de uso e familiaridade que as experiências no mundo real permitem. Algumas aplicações de RA têm que ser customizadas requerem boa habilidade em programação (CUPERSCHMID; FREITAS; RUSCHEL, 2012) Problemas com os ambientes e suas ferramentas limitam claramente o que os arquitetos podem fazer (SCHNABEL, 2009).

Behzadan (2011) alerta para um problema comum que surge em sistemas de visualização em grande escala que é a quantidade de dados que devem ser carregados e renderizados em cada quadro. Com o aumento da complexidade dos objetos, a velocidade de renderização diminui e se torna o gargalo da interação em tempo real do usuário com a cena, mesmo com processadores com alta velocidade e poderosos aceleradores gráficos. A superação das limitações de *hardware* para lidar com os modelos é um fator que deve ser levado em conta, principalmente, quando se deseja possibilitar o uso em vários equipamentos e sistemas operacionais. Ademais, de acordo com o autor, um importante passo para utilização de RA para visualização de modelo arquitetônico é definir o espaço no qual os objetos virtuais e reais irão coexistir. É preciso definir o contexto da cena de RA, uma vez que, nela os objetos reais e virtuais estabelecem ligações espaciais e contextuais entre si. Portanto, é preciso estabelecer a relação adequada entre modelos virtuais, o local e as dimensões do mundo real para garantir a combinação apropriada dos dois mundos, criando a ilusão que ambos coexistem numa única cena e funcionam da mesma maneira. Os objetos no mundo real são entidades independentes que ocupam certo espaço no ambiente e podem potencialmente mudar sua posição e orientação com o tempo. Os objetos virtuais, entretanto, têm que ser primeiro calculados e colocados apropriadamente na cena antes de serem manipulados.

Para facilitar a criação do conteúdo gráfico das cenas compostas, Behzadan (2011) sugere a elaboração de modelos virtuais independentes. O projetista pode então, manipular a posição, orientação e escala de cada modelo individualmente, sem afetar a integridade da cena em RA. Outra grande vantagem desta abordagem é que cada modelo pode ser criado em diferentes ferramentas para modelagem (ex. 3ds Max, Blender, SketchUp) ou diretamente dentro de uma ferramenta de Building Information Modeling (BIM) e depois importado para cena de RA. Um modelo criado num ambiente BIM pode ser constantemente atualizado durante o ciclo de vida do projeto para representar a dinâmica atual das operações. Isto traz significativa flexibilidade e rapidez para os processos de modelagem e animação (BEHZADAN, 2011). A abordagem utilizando modelagem de componentes distintos proporciona flexibilidade, permitindo integração de diversos modelos no ambiente e fornecendo maior controle da manipulação quando a cena consiste de objetos reais e virtuais.

Há, ainda, a preocupação em utilizar tecnologias de RA que possam criar experiências capazes de capturar a qualidade espacial da arquitetura e da edificação. Neste sentido, faz-se necessário o uso de modelos virtuais para a comunicação com usuários não especialistas para acessar suas experiências por meio do PP buscando a melhoria do projeto pela integração das necessidades dos usuários e pela utilização de tecnologias de RA.

Para contextualizar a pesquisa e permitir experimentações, fez-se aplicado ao projeto de espaço público de lazer em Habitação de Interesse Social. Para tanto, foi utilizado o espaço destinado à área de lazer do conjunto de HIS denominado Campinas F. Isto se dá porque neste conjunto já foram realizadas Avaliações Pós-Ocupação por pesquisadores da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Estadual de Campinas, e a demanda por um espaço deste tipo foi apontada. Os resultados das Avaliações Pós-Ocupação também serviram como embasamento para a elaboração dos equipamentos de lazer utilizados no sistema de RA.

5. Avaliação de Ferramentas de RA

Diversos aplicativos para *tablets* e *smartphones*, disponíveis comercialmente, permitem a inserção de modelos para interação em RA. Aplicativos como Layar, Wikitude, Augment, Zappar e Shimmer funcionam como navegadores que permitem a visualização de aplicações de RA.

Foram analisados os aplicativos: Augment, Layar e Shimmer (somente para sistema operacional iOS). Cada um dos aplicativos apresentados possui suas vantagens e desvantagens. A Tabela 1 resume a avaliação dos aplicativos analisados.

Tabela 1: Avaliação dos aplicativos de RA para dispositivos móveis

Aplicativo	Layar	Augment	Shimmer
Formato de arquivos suportados	I3D (3D Model Converter -aceita somente OBJ)	DAE (Collada) OBJ (Wavefront) STL (STereoLithography) KMZ (Keyhole Markup Language)	DAE (Collada) OBJ (Wavefront) 3DS (3D Studio) X (DirectX)
Qualidade do modelo exibido pelo sistema	Boa, porém, a visualização do modelo não se dá em RA. Todo o ambiente real é suprimido para exibir o modelo.	Texturas distorcidas.	
Limitações	Aceita imagens até 512x256px como textura. Recomenda arquivo com até 1Mb.	Modelo com até 1.000.000 triângulos. Arquivo com até 100Mb. Determina limite de quantidade de imagens utilizadas como textura, de acordo com a resolução de cada uma.	Não é possível compartilhar a visualização de um modelo para o público.
Positivo	Possui API definida, tutoriais para desenvolvedores e	Facilidade de uso e plugin para 3ds Max, Sketch UP, Revit,	Facilidade de uso. Integração com Dropbox, email e

Desenvolvimento de Aplicativo de Realidade Aumentada para Uso em Projeto Participativo de Áreas de Lazer

Aplicativo	Layar	Augment	Shimmer
	suporte técnico.	Blender, SolidWorks e Cinema 4D.	Autodesk 123D.
Negativo	<ul style="list-style-type: none"> - Dependem de conexão à <i>internet</i> para acesso público; - Modelos virtuais de equipamentos urbanos costumam ter tamanhos de arquivo grandes (em Kb) e demoram para carregar. - Só permitem visualizar um modelo por vez. 		
Dificuldades	<ul style="list-style-type: none"> -Estabelecimento de escala e posicionamento determinados. -Inserção de texturas e sua exibição adequada. 		
Reconhecimento do marcador	falho	adequado	adequado

Fonte: Elaborado pelas autoras

Para criar uma aplicação de RA no Layar é necessário utilizar sua Application Programming Interface (API). Para tanto, é preciso criar uma tabela em um banco de dados com características específicas, customizar arquivos do tipo Hypertext Preprocessor (PHP) e fazer *upload* para um servidor; além de criar uma seção no *site* da empresa que tem a finalidade de estabelecer a conexão entre a aplicação, o banco de dados e os arquivos PHP. Por outro lado, o Augment e o Shimmer são mais fáceis de serem alimentados, pois possuem uma interface gráfica para interação com o sistema. Em contrapartida, são mais limitados, pois não há possibilidade de expandir seu uso por meio de programação específica.

Nos aplicativos avaliados, observou-se dificuldade para inserção de texturas nos modelos para que fossem exibidos de forma satisfatória. Por vezes, a textura é visualizada fora de escala, distorcida ou não aparece, fator que impacta a qualidade imagética. Adicionalmente, são totalmente dependentes de conexão com a internet, o que acarreta lentidão para exibição de modelos virtuais – fator que iria impedir uma boa experiência com o uso do sistema de RA e, por conseguinte, iria atrapalhar uma dinâmica de PP. Além do mais, não é sempre possível contar com a conexão de banda larga com a internet durante o uso, o que restringe seu uso.

Observou-se que, independentemente do aplicativo utilizado para RA, a qualidade de rastreamento do marcador⁵ é dependente da qualidade de imagem da câmara utilizada e das condições de iluminação do ambiente. Luzes incidindo diretamente sobre o marcador impedem a detecção deste pela câmara do dispositivo e, conseqüentemente, causam intermitência na exibição dos modelos.

Contatou-se que aplicativos analisados não ofereciam recursos para exibição de vários modelos ao mesmo tempo, o que impediria seu uso em uma dinâmica participativa de projeto. Além disso, os aplicativos tiveram um desempenho aquém do esperado em relação à qualidade da interação desejada para o processo participativo arquitetônico e optou-se pelo desenvolvimento de um aplicativo específico de RA com o objetivo de apoiar projetos de áreas de lazer.

⁵ Marcador é uma imagem com certo padrão visual reconhecido pelo sistema de RA, que serve para orientar e posicionar objetos virtuais na cena (CUPERSCHMID; GRACHET; FABRÍCIO, 2015).

6. Desenvolvimento de Aplicativo de RA

Este estudo teve início com o desenvolvimento de modelos no Revit Architecture. Em seguida, buscou-se alternativas, para que, no aplicativo se obtivessem modelos com: (i) aspecto realístico dos modelos; (ii) escala 1/100; (iii) posicionamento adequado, centralizado em relação ao marcador e (iv) iluminação adequada. Para o desenvolvimento do aplicativo, fez-se uso de um Software Development Kit (SDK) em uma plataforma de desenvolvimento de *games*.

O processo foi composto por uma série de tentativas e erros e, parte dele, foi apresentado em Cuperschmid e Ruschel (2013). Neste artigo, é apresentado o processo que foi efetivamente funcional para desenvolvimento do aplicativo equipAR!. Para melhor concatenação, o processo foi segmentado em: (1) Modelagem dos equipamentos de lazer; (2) Tratamento dos modelos; (3) Edição em sistema de desenvolvimento de *games*.

6.1. Modelagem dos Equipamentos de Lazer

A disciplina de graduação AU114 (Teoria e Projeto IV: Projetos de Interesse Social) da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) propunha projetos de intervenção no Campinas F, desta forma foi escolhida como ponto de partida. O plano de aula da disciplina incluía uma fase inicial de entrevistas e questionários com moradores para identificar as necessidades de projeto. Os alunos deveriam, então, propor projetos para atender a estas necessidades. Estes projetos (Figura 2), serviram como embasamento para a escolha dos equipamentos urbanos de áreas de lazer que deveriam ser utilizados na pesquisa.

Figura 2: Projetos de intervenção no Campinas F propostos por alunos da disciplina AU114



Fonte: Cuperschmid (2014)

Os dados de 20 projetos desenvolvidos como resultado final da disciplina AU114, (oferecida semestralmente em 2010 e 2011) foram coletados e tabulados. Nesta tabulação restringiu-se a observação dos equipamentos urbanos não orgânicos, pois são plausíveis de implementação em RA (como banco, quadra esportiva, *playground*). Outros elementos da praça de lazer como caminhos e paisagismo, são orgânicos por necessitarem de adaptação para sua inserção e composição do espaço de lazer e não são plausíveis de implementação em RA com a tecnologia corrente, portanto, não foram considerados.

Desta forma, os equipamentos urbanos para áreas de lazer presentes em cada

projeto foram identificados, em seguida, foi realizada a análise do percentual de incidência destes equipamentos nos projetos estudados (Tabela 2) e modelagem dos que obtiveram índice maior que 15%.

Tabela 2: Listagem dos equipamentos urbanos para área de lazer presentes nos projetos de disciplinas anteriores para o Campinas F

Equipamento urbano	Porcentagem de incidência nos projetos analisados
campo de futebol gramado	80%
playground/ parque infantil	70%
quadra poliesportiva cimentada	55%
pista de skate	40%
academia ao ar livre	40%
bancos de praça	30%
mesas com cadeiras	30%
pergolado	30%
lazer com água	15%
bocha	15%
bicicross	10%

Fonte: Cuperschmid (2014)

Uma vez estabelecidos quais os equipamentos urbanos que deveriam ser modelados para realização do experimento, fez-se necessário pesquisar dados de tais equipamentos – medidas, espaçamentos para circulação e possibilidades de utilização. A modelagem deu-se em software BIM, utilizando-se o Autodesk Revit. Foram desenvolvidos conjuntos isolados de cada um dos equipamentos urbanos, com o propósito de serem manipulados e visualizados em RA de forma independente. Em outras palavras, optou-se por desenvolver arquivos individuais para cada um dos equipamentos urbanos. Dessa maneira, por exemplo, o modelo da academia ao ar livre continha todos os aparelhos de ginástica e a circulação necessária entre eles. Da mesma forma, foram modelados os demais equipamentos.

O intuito foi buscar a melhor qualidade possível de exibição dos modelos em RA. Para tanto, buscou-se modelar os equipamentos urbanos com a maior fidelidade possível. Cada um dos equipamentos foi modelado como uma família genérica e salvo no formato Revit Family File (RFA). Em seguida, um novo projeto no Revit era criado e a família do equipamento desejado era importada para este projeto. Neste momento, eram aplicadas texturas e cores com o intuito de facilitar a associação entre modelo e equipamento real. Ao final de cada processo, os arquivos eram exportados com extensão Filmbox (FBX).

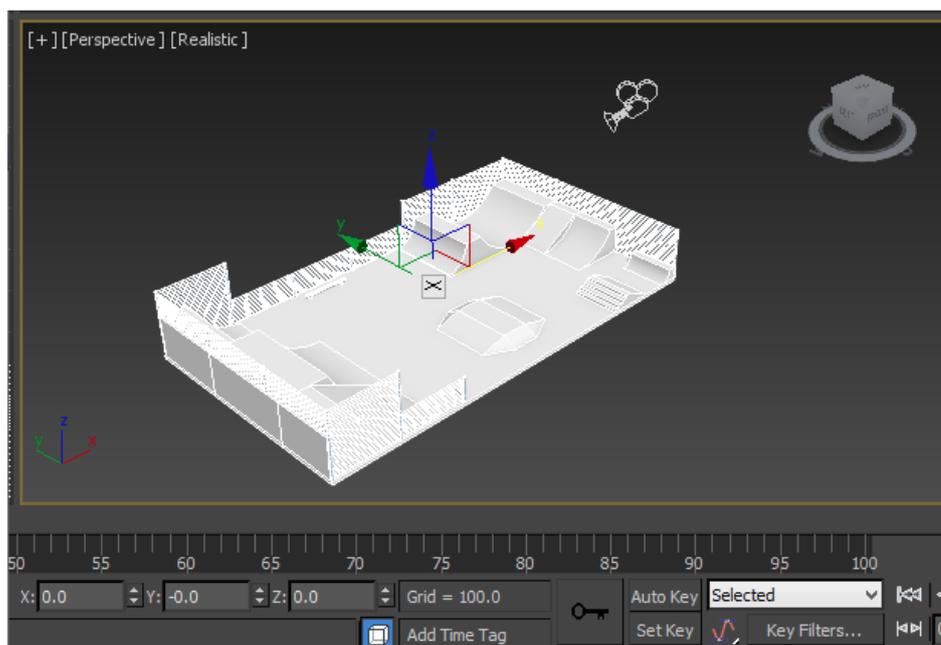
6.2. Otimização dos Modelos

Os modelos dos equipamentos de lazer passaram por várias transformações para se adequarem a utilização pelo aplicativo de RA. Cada um dos modelos salvos com o FBX, foi importado, de forma individualizada, para o Autodesk 3ds Max.

Almejando obter uma visualização em RA cujo modelo fosse posicionado no centro de seu respectivo marcador, fez-se necessário centralizá-lo em relação aos eixos

X, Y, Z no 3ds Max. Para assegurar que todas as partes que compõem o modelo fossem centralizadas sem se perder a configuração original, fez-se necessário agrupar todas as partes antes de movimenta-lo para o ponto X=0, Y=0 e Z=0 (Figura 3). Após este procedimento, as partes foram desagrupadas de forma a permitir a edição de materiais no Unity 3D.

Figura 3: Centralização do modelo em relação aos eixos X, Y, Z



Fonte: Elaborado pelas autoras

O passo seguinte foi a redução do número de polígonos do modelo. Procurou-se reduzir a quantidade de polígonos para que os modelos pudessem ser processados por dispositivos móveis. A qualidade do modelo por vezes era prejudicada em função da magnitude da redução de polígonos. Portanto, buscou-se o nível ideal de redução de polígonos para evitar perda significativa de qualidade. Ao final do processo, cada um dos modelos foi exportado, novamente, como FBX.

6.3. Edição em Sistema de Desenvolvimento de Games

O Unity 3D é um sistema que oferece um mecanismo para desenvolvimento de *games* multiplataforma⁶. Também pode ser utilizado para outros fins, com o que é o caso de desenvolvimento de aplicações de RA. Tendo em vista as possibilidades de uso do Unity 3D para auxiliar a estabelecer uma escala, especificar as texturas e determinar a iluminação para o desenvolvimento do aplicativo equipAR!, buscou-se utilizar um SDK para esse sistema.

⁶ Disponível em < <https://unity3d.com/unity> > Acesso em 23 de set. 2016.

6.3.1. SDK como Auxílio ao Desenvolvimento

O uso de SDKs pode facilitar o desenvolvimento de aplicativos que utilizem RA. Esses SDKs possibilitam vasta gama de aplicabilidade e podem ser customizados de acordo com a necessidade individual. Existem vários SDKs como por exemplo: Vuforia, Metaio, ARPA, ARToolkit, CraftAR.

Para o desenvolvimento deste aplicativo, foi utilizado o Metaio SDK. A empresa Metaio foi adquirida pela Apple em maio de 2015⁷ e este SDK não foi mais disponibilizado *online*, mas, continuou podendo ser utilizado para os desenvolvedores que já o possuíam. A versão gratuita deste SDK exibia a marca d'água com o logo da empresa juntamente com a visualização em RA. O Metaio SDK dava suporte para desenvolver aplicativos compatíveis com os sistemas operacionais: iOS, Android e Windows. Adicionalmente, para gerar um aplicativo a partir deste SDK, era possível utilizar o *software* Unity 3D.

O Metaio SDK oferecia um *framework* para o desenvolvimento de aplicativos de RA. Conforme Minetto (2007, p.17) um *framework* de desenvolvimento é [...] “uma ‘base’ de onde se pode desenvolver algo maior ou mais específico. É uma coleção de códigos-fonte, classes, funções, técnicas e metodologias que facilitam o desenvolvimento [...]” de um novo *software*. O Metaio SDK era um *framework* composto por quatro componentes modulares para: captura, renderização, rastreamento e interface para sensores (Figura 4). As maiores funcionalidades eram realizadas por meio de APIs para o SDK, as quais possibilitavam a implementação de aplicativos de RA.

Figura 4: *Framework* do Metaio SDK



Fonte: Elaborado pelas autoras

A Metaio disponibilizava um tutorial para elaboração de aplicativos com utilização de seu SDK. Além disso, fornecia um projeto de aplicativo como exemplo, o qual continha todas as estratégias de rastreamento suportadas pelo *framework*, quais sejam: ótico (*i.e.* marcador fiducial e natural, QR-Code, objeto tridimensional), não ótico

7 Disponível em < <https://techcrunch.com/2015/05/28/apple-metaio/> Acesso em 23 de set. 2016.

(i.e. GPS).

Isto posto, para o desenvolvimento do aplicativo equipAR! utilizou-se o SDK para Unity 3D. Para tanto, foi preciso criar um novo projeto no Unity 3D e importar o pacote *metaioMobile*, fornecido pela Metaio. Em seguida, os modelos dos equipamentos (em formato FBX) foram importados para o Unity 3D. Na sequência, estabeleceu-se as configurações necessárias no sistema como: definir a orientação para visualização (paisagem ou retrato), informar o *Budle Identifier*, inserir número de registro fornecido pela Metaio, editar camadas de informação (na aba *Inspector*) e criar identificações. Além disso, foi preciso especificar o método de rastreamento em um arquivo no formato Extensible Markup Language (XML). Após realizar essas configurações, no Unity 3D era possível compilar o projeto para gerar um aplicativo para cada dispositivo móvel desejado. Este processo foi realizado inúmeras vezes durante o processo de desenvolvimento, em busca da melhor qualidade de visualização dos equipamentos urbanos de lazer.

A seguir, são apresentados os passos realizados para visualização dos modelos dos equipamentos de lazer de forma adequada. Foram trabalhadas questões ligadas à aparência, escala, posicionamento e iluminação. Esses passos, desenvolvidos no contexto do Metaio SDK, também podem ser replicados para outros SDKs, como por exemplo o Vuforia.

6.3.2. Cores e Texturas

O arquivo .FBX (exportado pelo 3ds Max) e importado para Unity 3D foi o que mais preservou a aparência dos materiais de revestimento originalmente estabelecidos no Revit e teve o menor tamanho de arquivo (em Megabytes). Entretanto, algumas texturas se perderam. Ao contrário do arquivo FBX exportado diretamente do Revit, o exportado do 3ds Max permitiu a edição individual do material de cada objeto que compunha o modelo virtual. Isto possibilitou reparar os objetos que perderam suas características de textura e cor ao serem importados para o Unity 3D.

A aparência do equipamento urbano era influenciada de acordo com a capacidade de processamento e exibição do dispositivo utilizado. Atualmente, *tablets* e *smartphones* possuem uma capacidade de processamento inferior à de um console (i.e. Playstation4, Xbox), impactando na qualidade gráfica oferecida. Aliado à isto, a RA trabalha com a renderização em tempo real, o que exige muito em termos de *hardware* para que se possa ter a visualização com boa qualidade. Nesta pesquisa buscou-se obter a melhor qualidade gráfica possível, tendo em vista a capacidade de processamento dos dispositivos atuais.

6.3.3. Escala

Para utilizar a RA em um processo de projeto arquitetônico, é preciso estabelecer uma escala para visualização dos modelos em RA. No equipAR! desejava-se obter a escala de 1/100 para que os modelos pudessem ser usados em uma dinâmica participativa de projeto. Esta dinâmica envolveria o uso de impressão em escala 1/100 da vista aérea da área de lazer central do conjunto habitacional Campinas F, para que, sobre ela fossem posicionados os marcadores para visualização em RA.

Para testar qual seria a relação correta de escala, a imagem de um marcador foi

associada à um modelo de dimensões conhecidas. Em seguida, na aba “Inspector” do Unity 3D alterava-se a escala dos modelos, de forma uniforme, nos eixos X, Y, Z. Na sequência, averiguava-se a medida do equipamento quando visualizado em RA por meio do posicionamento de uma trena ao lado do modelo exibido na cena (Figura 5). Após vários testes, obteve-se a escala de 1/100, utilizando-se a medida “0.104” em “Scale” para X, Y e Z.

Figura 5: Medição do modelo virtual visto em RA para escalonamento

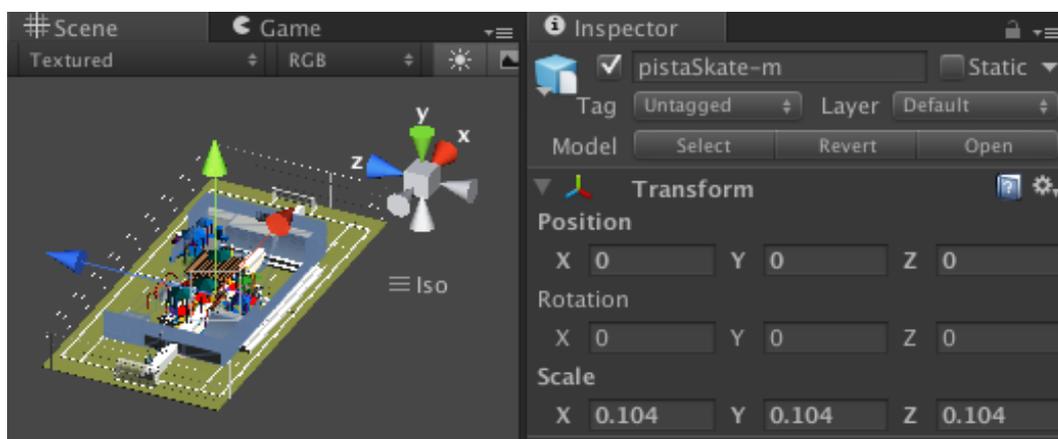


Fonte: Elaborado pelas autoras

6.3.4. Posicionamento

Estudou-se, também, o posicionamento do modelo visto em RA em relação ao seu marcador natural correspondente. Observou-se que o posicionamento do modelo em relação ao eixo X, Y, Z afeta a visualização em RA. Se há algum deslocamento do modelo virtual em relação a estes eixos, quando visto em RA, o modelo virtual se desloca em relação à posição do marcador natural e gera uma RA descoordenada, em que o marcador não parece ter relação direta com o modelo virtual por estar distante um do outro. Para que, em RA, o modelo virtual fosse posicionado no centro de seu marcador, o modelo foi centralizado no ponto $X=0, Y=0, Z=0$ no Unity 3D (Figura 6).

Figura 6: Posicionamento do modelo no Unity 3D



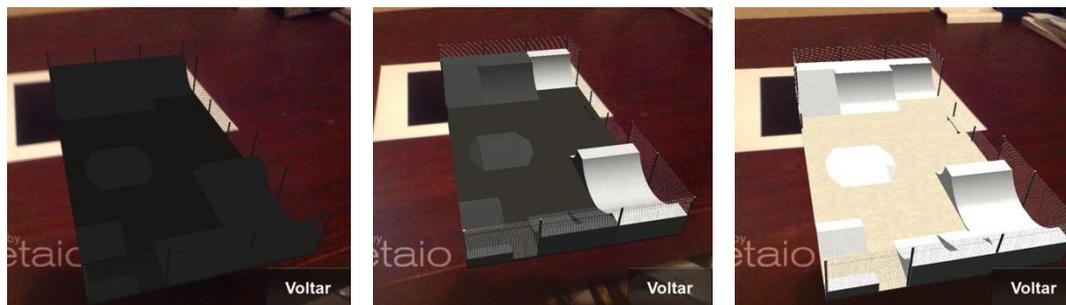
Fonte: Cuperschmid (2014)

6.3.5. Iluminação e Contraste

As cenas criadas no Unity 3D precisam de iluminação para que os modelos possam ser visualizados. Ao gerar o aplicativo de RA sem a inserção de luz em uma cena, os modelos virtuais exibidos ficaram muito escuros, pois não havia luz incidindo neles (Figura 7-esquerda). Por meio deste teste, foi possível atestar a necessidade de inserção de luzes externas no Unity 3D, de forma que o modelo virtual pudesse ser devidamente visualizado em RA.

Almejando qualidade de iluminação e contraste na exibição dos modelos virtuais, diversos testes foram realizados calibrando e posicionando luzes Unity 3D. A (Figura 7: - meio) exibe a pista de skate com uma luz atingindo o modelo somente na lateral, o que deixou parte do modelo virtual muito iluminada e outra parte muito escura. Na (Figura 7: - direita), há excesso de iluminação sobre o modelo virtual da pista de skate, pois foram colocadas duas luzes em direções opostas incidindo no mesmo modelo. A melhor configuração encontrada foi com a inserção de diversos pontos de luz, com intensidade calibrada, espaçados uniformemente sobre os modelos.

Figura 7: Efeitos da incidência de luz nos modelos virtuais: pista de skate sem a inserção de luz na cena do Unity 3D (esquerda), inserção de uma única luz na cena do Unity 3D (meio), inserção de duas luzes em direções opostas na cena do Unity 3D (direita)



Fonte: Cuperschmid (2014)

6.3.6. O Aplicativo equipAR!

O aplicativo **equipAR!** foi desenvolvido para visualização e interação com modelos de equipamentos urbanos para áreas de lazer em RA. O aplicativo funciona em *smartphones* e *tablets* com sistema operacional iOS e Android e *smart glasses* Epson Moverio. O equipAR! foi disponibilizado na Apple Store⁸, Google Play⁹ e Moverio Store¹⁰.

⁸ Disponível em < <https://itunes.apple.com/ch/app/equipar!/id606331119?l=en&mt=8> > Acesso em 29 de set. 2016.

⁹ Disponível em < https://play.google.com/store/apps/details?id=br.com.marketingaumentado.equipAR1&hl=pt_BR > Acesso em 29 de set. 2016.

¹⁰ Disponível em < https://moverio.epson.com/jsp/pc/pc_application_detail.jsp?pack=br.com.marketingaumentado.equipAR1&page=0&key=equipar&cat= > Acesso em 29 de set. 2016.

Desenvolvimento de Aplicativo de Realidade Aumentada para Uso em Projeto Participativo de Áreas de Lazer

O aplicativo desenvolvido é capaz de reconhecer a imagem de um marcador e sobrepor a este um modelo virtual correspondente, ou reconhecer marcadores fiduciais. Cada equipamento de lazer é associado à seu respectivo marcador. O usuário pode interagir com um modelo da área de lazer por meio da movimentação do marcador e/ou pela movimentação do dispositivo.

Para usá-lo, o usuário deve baixar este aplicativo para seu dispositivo e ter em mãos os marcadores impressos preferencialmente em papel couchê 240 gramas ou superior. Uma vez instalado no dispositivo, o equipAR! deve ser aberto e ter a câmera externa direcionada para os marcadores, possibilitando a visualização e a interação com o equipamento urbano virtual (Figura 8).

Figura 8: Modo de usar o aplicativo equipAR!



Fonte: adaptado de Cuperschmid (2014)

Como vantagens do aplicativo equipAR! tem-se que: (i) após baixá-lo para o dispositivo móvel não é mais necessário conexão com a internet; (ii) os equipamentos urbanos podem ser manuseados e visualizados por meio da RA simultaneamente; (iii) maior mobilidade em relação à sistemas *desktop*; (iv) com o *smartphone* em mãos, ou o *smart glasses* nos olhos, o usuário visualiza a RA do mesmo ponto de vista em que está – facilitando a compreensão do que está sendo manuseado e visualizado; (v) reconhecimento imediato do marcador pelo aplicativo e exibição do modelo virtual a ele associado, pois o modelo já está embutido no aplicativo, não há *download* no momento da utilização; (vi) também pode ser visualizado com uso de projeção externa.

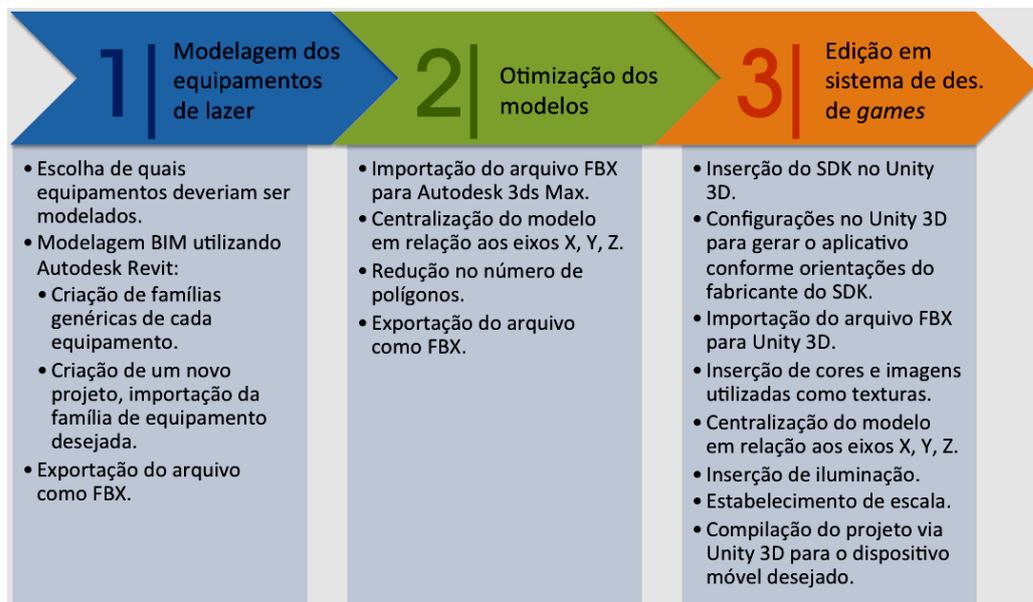
O equipAR! conta com 20 modelos de equipamentos urbanos, como: campo de futebol society cercado, pista de skate, 2 opções de parques aquáticos do tipo Water Spray Park, 2 opções de academia ao ar livre, 3 opções de parque infantil, 2 opções de pergolado (1,2 ou 2,4 metros), 3 modelos de banco de praça, 2 opções de arquibancada (30 ou 40 metros), 2 modelos de mesas com assentos e quadra de bocha.

6.3.7. Síntese do Desenvolvimento do Aplicativo

Embora tenham sido encontradas dificuldades de utilizar os modelos em escala determinada, com qualidade e posicionamento adequados ao uso desta tecnologia para o projeto arquitetônico, foi possível desenvolver um aplicativo com estas características.

O desenvolvimento do aplicativo equipAR! pôde ser sintetizado em três etapas principais (Figura 9).

Figura 9: Síntese do desenvolvimento do equipAR!



Fonte: Elaborado pelas autoras

7. Demonstração de Uso do Sistema e Avaliação Preliminar

Para avaliar as condições de uso proposto de RA, realizou-se um teste de utilização do equipAR! (versão 0.1) por projetistas. O aplicativo foi testado por dois arquitetos professores doutores da FEC com experiência em PP e ensino de projeto. O teste envolveu o uso da impressão em escala (1:100) da vista aérea do conjunto Campinas F, para que, sobre ela fossem posicionados os marcadores para utilização com o aplicativo. equipAR! (Figura 10).

Figura 10: Captura de telas durante o pré-teste: marcadores dispostos sobre a vista aérea do conjunto Campinas F (esquerda) e visualização em RA utilizando o equipAR! em escala 1:100



Fonte: Elaborado pelas autoras

Foram feitas observações e anotações durante o teste. Os professores participantes alertaram para o fato de que, no aplicativo de RA, os modelos sofriam múltiplas influências. As influências percebidas foram: (i) a imagem impressa do próprio equipamento funcionando como marcador afetava a compreensão dos modelos virtuais em RA e (ii) a fotografia aérea do Campinas F utilizada como base para a RA dificultava a compreensão do que se via em RA.

Foi constatado a necessidade de validar o conjunto de componentes em RA para a dinâmica de PP necessitando a realização de experimentos com usuários e ajustes nos modelos, nos marcadores e na imagem utilizada como base. Essas validações foram desenvolvidas e apresentadas em Cuperschmid (2014), não sendo foco deste artigo. Entretanto, vale mencionar que o aplicativo equipAR!, após esses ajustes, pôde ser utilizado como uma ferramenta de comunicação com participantes leigos em uma dinâmica de PP arquitetônico.

8. Considerações Finais

Por meio deste estudo foi possível transpor modelos virtuais desenvolvidos no Revit para utilização em RA. As dificuldades encontradas para gerar, no aplicativo equipAR!, modelos em escala, qualidade e posição apropriados foram relatadas neste artigo. A partir delas, foram descritas diretrizes para desenvolvimento de modelos virtuais adequados para uso em aplicativos de RA Móvel que fizerem uso da mesma biblioteca de programação.

Com o desenvolvimento do equipAR!, a presente pesquisa contou com um avanço em relação à tecnologia adotada, uma vez que o aplicativo demonstrado não depende de conexão com a internet para funcionar, permite utilizar diversos modelos simultaneamente e exibe modelos em escala. Nesta pesquisa, buscou-se desenvolver uma aplicação customizada para que a tecnologia não fosse uma barreira para o uso proposto e sim um meio alternativo para viabilizar a participação de usuários leigos e especialistas no processo de PP arquitetônico.

O artefato na forma de um aplicativo em si é uma contribuição e os benefícios de sua documentação, geraram outras contribuições significativas à temática de RA: (i) comparativo de aplicativos para desenvolvimento; (ii) instrução para transformação de componentes arquitetônicos em modelos para RA (equipamentos de lazer); (iii) otimização dos modelos; (iv) processo de edição em sistema de desenvolvimento de games; (v) síntese do desenvolvimento. O aplicativo equipAR! demonstrado, foi desenvolvido para *smartphones*, *tablets* e *smart glasses*.

Referências

- AMIM, R. R.; LANDAU, L.; CUNHA, G. G. Realidade Aumentada Aplicada à Arquitetura e Urbanismo In: WORKSHOP DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA (WRVA'07), 2007. **Anais...** Itumbiara, Goiás: 2007. p. 155-157.
- BEHZADAN, A. H. Use of virtual world technology in architecture, engineering and construction: Integrated Information Modeling and Visual Simulation of Engineering Operations using Dynamic Augmented Reality Scene Graphs. **Journal of Information Technology in Construction**: ITcon. 16: p. 259-278, 2011.

BELCHER, D.; JOHNSON, B. R. ARchitectureView-an Augmented Reality Interface for Viewing 3D Building Information Models. In: 26TH ECAADE CONFERENCE. **Proceedings...** Antwerpen, Belgium. 2008. p. 561-568.

BILLINGHURST, M.; KATO, H.; POUPYREV, I. Tangible augmented reality. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER GRAPHICS AND INTERACTIVE TECHNIQUES (SIGGRAPH ASIA 2008). **Proceedings...** ACM: New York, n. 7, 2008. Disponível em <<http://portal.acm.org/>>. Acesso em 03 de out. 2010.

BILLINGHURST, M.; KATO, H. Collaborative augmented reality. **Communications of the ACM**: How the virtual inspires the real, v. 45, n. 7, p. 64-70, 2002. DOI: 10.1145/514236.514265

BIMBER, O; RASKAR, R. **Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds**. Wellesley: A K Peters, Ltd., 2005, 369p. ISBN 1-56881-230-2.

CUPERSCHMID, A. R. M.; GRACHET, M. FABRÍCIO, M. M. Realidade Aumentada como Auxílio à Montagem de Parede em Wood-Frame. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 6, n. 4, p. 266-276, dez. 2015.

CUPERSCHMID, A. R. M. **Realidade Aumentada no processo de projeto participativo arquitetônico**: desenvolvimento de sistema e diretrizes para utilização. 2014. 285p. Tese (Doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidades) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

CUPERSCHMID, A. R. M.; FREITAS, M. R. de ; RUSCHEL, R. C. Tecnologias que suportam Realidade Aumentada empregadas em Arquitetura e Construção. **Cadernos do PROARQ (UFRJ)**, v. 19, p. 47-69, 2012.

CUPERSCHMID, A. R. M.; RUSCHEL, R. C. Desenvolvimento de Modelos 3D para Utilização no Aplicativo de Realidade Aumentada equipAR! In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3.; ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 6., 2013, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2013.

HALLER, M.; BILLINGHURST, M.; THOMAS, B. Emerging Technologies of Augmented Reality: Interfaces and Design. Idea Group Publishing, 2007. 415p. ISBN 1-59904-066-2.

HANZL, M. Information technology as a tool for public participation in urban planning: a review of experiments and potentials. **Design Studies**, v. 28, n. 3, p. 289-307, 2007.

HÖLH, W. **Interactive Ambient with Opens-Source Software**: 3D Walkthroughs and Augmented Reality for Architects with Blender 2.43, DART 3.0 and ARTToolkit 2.72. Springer-Verlag: Viena, 2009, 239 p.

KALKOFEN, D.; MENDEZ, E.; SCHMALSTIEG, D. Comprehensible Visualization for Augmented Reality. v. 15, n. 2, p. 193-204, 2009. ISSN 1077-2626. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4569839> >. Acesso em 23 mar. 2011.

LACERDA, D. P. et al. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão da Produção**, São Carlos, vol.20, n.4, p. 741-761, 2013. ISSN 0104-530X.

MACHADO, L. et al. A Design Research como método de pesquisa de Administração: Aplicações práticas e lições aprendidas. In: **XXXVII Encontro da ANPAD**, Rio de Janeiro: RJ, 2013.

- MINETTO, E. L. **Frameworks para Desenvolvimento em PHP**. São Paulo: Novatec. 2007.
- OLSSON, T. D. Concepts and Subjective Measures for Evaluating User Experience of Mobile Augmented Reality Services. In: HUANG, W., ALEM, L., & LIVINGSTON, M. (Eds.). **Human factors in augmented reality environments**. Springer, 2013, cap. 9, p. 203-232.
- PEFFERS, K. et al. A design science research methodology for information systems research. **Journal of management information systems**. v. 24, n. 3, p. 45-77, 2007.
- PIIRAINEN, K. A.; GONZALEZ, R.A. Seeking constructive synergy: design science and the constructive research approach. In: **Design Science at the Intersection of Physical and Virtual Design**. Springer Berlin Heidelberg, 2013. p. 59-72.
- REICH, Y. et al. Varieties and issues of participation and design. **Design Studies**, Oxford, United Kingdom, v. 17, p. 165-180, 1996. ISSN 0142694X.
- SANTOS JÚNIOR, G. P. et al. Uso da realidade aumentada na visualização de projetos arquitetônicos em dispositivos móveis. In: 6º WORKSHOP DA REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA, 2009. **Anais...** UNISANTA: 2009.
- SCHNABEL, M. A. Framing Mixed Realities. In: WANG, X.; SCHNABEL, M. A (Ed.). **Mixed Reality in Architecture, Design & Construction**: Springer. 2009, cap. 1. p.13-21. ISBN 978-1-4020-9087-5.
- THOMAS, B.; PIEKARSKI, W.; GUNTHER, B. Using Augmented Reality to Visualize Architecture Design in an Outdoor Environment. **International Journal of Design Computing**: Special Issue on Design Computing on the Net, DCNET99. Sidney, 1999. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu>>. Acesso em 03 mai. 2012.
- WANG, X. Exploring an Innovative Collaborative Design Space through Mixed Reality Boundaries. In: 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK IN DESIGN (CSCWD 2007). **Proceedings...** Melbourne, Vic. 2007. p. 264-269.