



## Modelo de Realidade Aumentada para Edifícios Históricos

Aluno Orientado: Alisson M. B. Campos

Professor Orientador: Ulisses M. Dias

### 1. Fundamentação teórica

Dentre as tecnologias atualmente desenvolvidas para a área de Construção Civil está a BIM (Building Information Modelling ou Modelagem da Informação da Construção, em português). Ela opera nas etapas de implantação, construção, projeto e manutenção de edifícios por meio da simulação desses edifícios em escala real. Isso a tornou parte importante do avanço das demais tecnologias da área, além de tornar o processo de construção algo mais sustentável.

Através do BIM, é possível visualizar opções para o projeto de uma construção de maneira antecipada, facilitando o entendimento geral do mesmo para então ser realizada a etapa de construção.

De acordo com a Autodesk (2020), o processo do BIM é dividido em quatro etapas:

- Planejamento: “Forneça informações à equipe de planejamento combinando dados de captura da realidade e do mundo real para gerar modelos contextuais dos ambientes construído e natural”.
- Projetistas: “Nessa fase estão as tarefas de projeto conceitual, análise, detalhamento e documentação. O processo de pré-construção começa com o uso de dados BIM para informar as equipes responsáveis por cronogramas e logística”.
- Construir: “Nessa fase, a fabricação começa a usar especificações BIM. A logística da construção do projeto é compartilhada com empresas contratadas e empreiteiras para assegurar a melhor sincronização e a maior eficiência”.
- Opere: “Os dados BIM são encaminhados às ações de operação e manutenção dos equipamentos concluídos. Os dados BIM podem ser usados futuramente em tarefas de renovação ou mesmo desconstrução, com economia de custos”.

Além disso, o BIM utiliza-se de metadados capturados durante o processo de desenvolvimento para auxiliar nas atividades de gerenciamento, aumentando a eficiência do projeto como um todo.

Ainda assim, segundo Quattrini et al. (2017), edifícios já existentes não compartilham das mesmas utilidades da tecnologia BIM. Isso se dá pela dificuldade de implementar detalhes mais

minuciosos característicos principalmente de edifícios antigos, costumeiramente mais irregulares.

Dentre os trabalhos já existentes na área, Dore e Murphy (2012) propuseram uma metodologia chamada Modelagem da Informação da Construção Histórica, que consiste em integrar os dados entre o registro de imagens e escaneamento a laser para coletar e modelar representações destas arquiteturas de maneira semiautomática. Estes modelos têm bases claramente diferentes das aplicadas a construções novas. São levados em consideração parâmetros históricos, culturais e sociais, que nem sempre são facilmente identificados. Quaisquer alterações físicas realizadas nos edifícios a serem analisados através do tempo, como reformas, por exemplo, devem ser avaliadas.

A Realidade Aumentada é uma tecnologia atual que fornece a possibilidade de sobrepor objetos virtuais (gerados por computador, como imagens, texto, vídeo) a frações da realidade em tempo real. Ela está em ascensão e encontra-se como foco de pesquisa devido à necessidade de sua implementação em situações empresariais.

De acordo com Carmigniani et al. (2016), na Realidade Aumentada, são fornecidas ao usuário informações geradas digitalmente através da sua percepção da realidade. Por exemplo, ela pode ser utilizada para mostrar as estruturas e sistemas de um edifício através de uma visualização baseada nas proporções da vida real.

As interações de um usuário com os elementos de uma implementação de Realidade Aumentada podem ser registradas em um banco de dados. Portanto, ao invés de um usuário simplesmente ver um item na vida real, ele pode apontar uma câmera de celular e ver, em tempo real, além das informações reais, outras, digitais, que trazem mais dados a serem visualizados por ele, como vídeos e imagens. Isto é, elementos do mundo físico podem ser associados a itens do mundo virtual, aumentando-os ao trazer mais informações advindas do seu paralelo digital.

Em arquitetura, a Realidade Aumentada permite o design, verificação, manutenção e construção de edifícios com maior precisão e redução de erro por meio de simulações que tem como objetivo otimizar os processos. Segundo

Moreira e Ruschel (2018), a produtividade de um funcionário sofre um certo aumento com o uso da Realidade Aumentada e os processos ficam constantemente sendo monitorados. Os benefícios são, por exemplo, a diminuição do tempo de execução de tarefas e diminuição dos erros nas diversas fases de construção, facilitando o serviço da equipe envolvida.

Quando usada na construção de plantas de obras de arquitetura, a Realidade Aumentada fornece suporte para os funcionários simularem a construção e analisarem as plantas dos edifícios conforme o que foi indicado da Realidade Aumentada pelos clientes, pelo dono da empresa ou pelos profissionais responsáveis pela construção, como sugerem Assis, Brochardt e Andrade (2016). Isso melhora o tempo de construção e o resultado final dos projetos. A Realidade Aumentada no contexto de Arquitetura tem como principal foco a diminuição dos erros, o que desencadeia em processos melhores, mais eficazes e, portanto, mais rápidos, economizando tempo do projeto.

Em relação ao tratamento dos modelos BIM que já possuíamos, tínhamos a seguinte proposta:

- Armazenamento das informações a serem adicionadas aos elementos que tomarão parte na Realidade Aumentada.
- Sobreposição de elementos virtuais após o devido reconhecimento, tanto para objetos 2D quanto 3D.

Os materiais que tínhamos como ponto de partida eram o modelo BIM criado usando fotografias e nuvens de pontos no projeto “Digital scanning and BIM modeling for modern architecture preservation”, de Carvalho et al. (2018).

Uma nuvem de pontos é um conjunto de dados em um espaço, comumente definidos pelas coordenadas X, Y e Z. Ela é criada por scanners 3D e normalmente tem como objetivo demonstrar a aparência da superfície externa de um objeto.

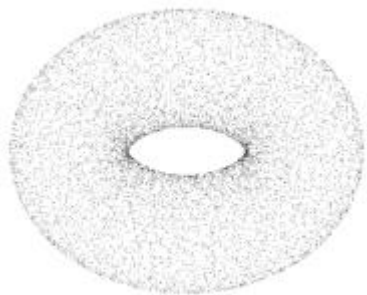


Figura 1 – Nuvem de pontos de um toro

Seguindo a metodologia de modelagem proposta por Volk et al. (2014) e Tang et al. (2010), o processo do BIM para edifícios antigos foi dividido em três etapas:

- Levantamento de dados: Capturas fotográficas foram feitas por um quadricóptero amador, o Spark, da empresa DJI. Também foi empregado um TLS para a varredura digital, o modelo Focus3D X130 da Faro Technologies.
- Processamento: Foram utilizados dois programas, o Pix4Dmapper da Pix4D e o Scene, software da Faro technologies. As fotos foram processadas pelo Pix4Dmapper, levando cerca de 50 minutos para a sua execução. As varreduras do TSL foram registradas no software Scene. Os arquivos gerados nos dois sistemas (formatos .OBJ e .PTS, respectivamente) foram importados no software CloudCompare para serem alinhados e mesclados em uma única nuvem de pontos.
- Modelagem: A nuvem foi exportada do CloudCompare em formato .LAS e importado para o Autocad para que fosse possível realizar recortes que viabilizaram a modelagem de cada fragmento (como arestas de paredes, por exemplo). Estruturas parabólicas se mostraram um desafio por trabalharem simultaneamente com paredes e cobertura, dificultando sua adequação aos padrões de paredes planas internas e fachadas.

Estes processos já foram realizados por Carvalho et al. (2018), e os modelos 3D foram gerados no âmbito da Faculdade de Tecnologia da Unicamp pelos professores Marco Antonio Garcia de Carvalho e Eloisa Dezen-Kempter, sendo que esta última participou diretamente deste projeto, possuindo muito interesse na aplicação dos modelos construídos no contexto de Realidade Aumentada.

## 2. Atividades realizadas

O projeto foi realizado em quatro etapas:

### 1. Estudo das SDKs de Realidade Aumentada.

Kits de desenvolvimento de software (SDK, do inglês Software Development Kit) na área de Realidade Aumentada são plataformas que facilitam o desenvolvimento de software. Dentre as facilidades proporcionadas pelos SDKs podemos citar: leitura de marcadores, reconhecimento de imagens e objetos 3D, reconhecimento de faces, gerenciadores de conteúdo e outros. Alguns SDKs já estão consolidados na área, como o ARToolKit, Vuforia e ARCore, enquanto outros surgiram

mediante os recentes avanços. Abaixo uma lista não extensiva dos SDKs que foram estudadas:

- ARToolkit: biblioteca de desenvolvimento multi-plataforma utilizada tanto por desenvolvedores quanto pesquisadores de Realidade Aumentada. Possui código livre para modificações e uso no desenvolvimento de aplicações não comerciais sob licença GPL (General Public License). A versão proprietária para comercialização é oferecida pela ARToolworks (ARTOOLKIT, 2019).
- Vuforia: um dos frameworks mais utilizados para o desenvolvimento de aplicações em Realidade Aumentada, oferece a SDK como plugin para diversas plataformas de desenvolvimento, incluindo o Unity. No ambiente Web, os usuários podem criar e gerenciar seus marcadores e obter as licenças necessárias para publicar e analisar suas aplicações. Permite o rastreamento sem marcadores, mediante as tecnologias de Terreno Inteligente e Rastreamento Ampliado (VUFORIA, 2019).
- ARCore: ferramenta de Realidade Aumentada específica para aplicativos Android. Funciona rastreando a posição do smartphone enquanto ele se move e constrói sua própria compreensão do mundo real de acordo com tecnologias responsáveis por integrar o conteúdo virtual ao mundo real (ARCORE, 2019).
- DroidAR: framework para Realidade Aumentada no Android baseado em localização e marcadores. A licença é gratuita e tem a vantagem de a aplicação funcionar em aparelhos móveis mais antigos (DROIDAR, 2019).
- AR.js: tecnologia para Realidade Aumentada que funciona no navegador de internet usando o javascript como linguagem de desenvolvimento. Disponível para todos os sistemas operacionais de smartphones, sendo tudo desenvolvido de forma online entre o computador e o celular. O ponto negativo desse sistema é que os requisitos de aparelho e computador são altos (AR.JS, 2019).
- EasyAR: framework gratuito, em que não há limitações ou marcas d'água. Oferece suporte a várias funcionalidades: Realidade Aumentada com base em objetos 2D, reprodução de vídeo baseada em codecs HW, transmissão de vídeo transparente, reconhecimento de código QR, reconhecimento de vários alvos simultaneamente (EASYAR, 2019).

- Wikitude: framework que mostra imagens virtuais ao usuário por meio da visualização da câmera de seu dispositivo, incluindo o reconhecimento de imagem e exibição de modelos 3D do mundo real. Ele se baseia na localização geográfica para obter as informações a serem apresentadas ao usuário (WIKITUDE, 2019).
- ViewAR: maneira mais fácil de construir aplicativos de realidade aumentada. Permite que os desenvolvedores criem aplicativos de realidade aumentada e realidade virtual com base em modelos HTML. Modelos prontos para uso permitem que o foco do usuário seja alterado para estilo e conteúdo (VIEWAR, 2019).

Apenas foram consideradas para a escolha as SDKs que possuem algum plug-in para o ambiente de desenvolvimento escolhido na etapa 2.

Nesta etapa, concluímos que a ferramenta Vuforia atenderia os nossos requisitos de maneira satisfatória. A mesma se integra com o ambiente de desenvolvimento Unity e proporciona os recursos básicos que permitem a realidade aumentada. A destacar:

1. Rastreamento de marcadores: a ferramenta permite que os marcadores sejam adicionados online, no site do Vuforia. Os marcadores são transformados em uma assinatura de pontos e, posteriormente, o download dessa assinatura é possível em um arquivo de extensão ".ob". Feito isso, o arquivo pode ser inserido no ambiente de desenvolvimento. Ao compilar o código para o celular, a assinatura é capaz de identificar o marcador, o que permite que um gatilho seja disparado.
2. Sobreposição de Conteúdo Digital: o plugin do Vuforia traz consigo uma "câmera virtual" que recebe os frames da câmera real do dispositivo. É possível adicionar imagens, vídeos e objetos 3D diretamente aos frames nessa câmera virtual, sendo que o resultado é automaticamente enviado para a tela do tablet ou do celular. Isso permite que o usuário tenha a sensação de que novos objetos foram inseridos diretamente no mundo real, sendo esse o efeito desejado da tecnologia de Realidade Aumentada.

## **2. Estudo dos ambientes de desenvolvimento.**

Para este projeto analisamos os seguintes: Unity e Unreal. Como vantagem, o Unity tem a capacidade de ser utilizado em máquinas com desempenho inferior, mas o Unreal é capaz de

utilizar os modelos BIM prontos sem necessidade de conversão externa, graças ao plugin Datasmith.

Foi adicionada mais uma atividade durante o desenvolvimento da pesquisa, onde a arquiteta Eloisa Dezen-Kempter, parceira do projeto, havia descrito a demanda de uma ferramenta que permitisse ao usuário visualizar o interior de uma construção através de uma espécie de Raio X, seccionando o edifício em um plano horizontal, apagando qualquer parte acima do mesmo.

A plataforma Unity foi selecionada pela familiaridade do orientado com a linguagem C# e pela capacidade de ser utilizada em máquinas de desempenho inferior. Há a possibilidade de importar modelos de várias outras fontes, criar modelos no próprio sistema, gerar cenários 3D, gerar uma interface gráfica com botões e formulários comuns, criar shaders, que descobrimos posteriormente e que foi útil para a ferramenta de Raio X. A plataforma ainda disponibiliza uma série de elementos já prontos, como texturas, numa biblioteca elaborada por outros usuários.

Unity é também a responsável por trás da plataforma de desenvolvimento 3D em tempo real (RT3D) mais utilizada no mundo, oferecendo aos desenvolvedores de todo o mundo as ferramentas para criar experiências ricas em 2D, 3D, RV e RA. As experiências criadas com Unity atingem quase 3 bilhões de dispositivos em todo o mundo e foram instalados 24 bilhões de vezes em 2019. Unity está impulsionando o RT3D em setores como arquitetura, automotivo, construção, engenharia, cinema, jogos e muito mais.

A excelência do Unity é demonstrada também através do desenvolvimento multi-plataforma, atividade muito útil e em tendência atualmente. Com esta prática, é possível que um único script seja compilado e utilizado em várias plataformas.

Muitos materiais de ensino têm sido gerados sobre o uso do Unity com RA, por exemplo através de plataformas como Coursera ou Udemy, o que comprova ainda que, além de ser a ferramenta adequada no momento, possui longevidade e não irá cair em desuso no futuro próximo.

### **3. Conversão das plataformas do Autodesk para as plataformas de Realidade Aumentada.**

Como os modelos possuem particularidades individuais e irregulares (pois tratam-se de edifícios antigos), a conversão dos modelos teve de ser feita individualmente para que fosse garantida a integridade de seu estado original.

A plataforma Revit permite o desenvolvimento de modelos arquiteturais sofisticados. No entanto, não foi possível usar o objeto Revit diretamente no Unity, já que este não

suporta o formato nativo. Analisamos então as seguintes ferramentas externas e licenciadas pela própria Autodesk:

- Revit 2020
- ReCap
- CloudCompare
- Walk-Through-3D for Autodesk Revit
- MeshLab 2016
- 3ds Max

Foi com a última que conseguimos inserir um objeto BIM criado para o Revit no Unity, convertendo o formato .rvt do original para o formato .fbx, que pode ser lido pelo Unity. Todas as texturas do Revit são perdidas no processo de conversão, o que implica na eventual necessidade de reinserção dentro do próprio Unity.

### **4. Desenvolvimento do primeiro aplicativo de realidade aumentada usando marcadores.**

O primeiro modelo precisaria reconhecer os marcadores e apresentar o prédio histórico.

O desenvolvimento ocorreu completamente na plataforma Unity. A princípio, utilizamos o plug-in Walk-Through-3D do Revit para visualizar um dos modelos que tínhamos como material pronto na plataforma.

Após isso, procuramos simular o efeito de Raio X com o item de tesoura que foi demonstrado no paper da International Conference on Cultural Heritage and New Technologies about Augmented Reality in Architectural Exhibitions (NAGAKURA, 2014).

Inicialmente, tentamos utilizar a aplicação desenvolvida no artigo Procedural Mesh Splitting (SCHOU, 2012). Nele, os modelos dos objetos são divididos em dois e, através de equações geométricas, têm suas novas faces preenchidas para que as texturas mantenham a exibição funcional. No entanto, este ponto de partida se demonstrou muito complexo e entramos em contato com o próprio professor Takehiko Nagakura, do departamento de Arquitetura do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, que nos auxiliou ao indicar que o uso dos shaders no Unity seriam a forma mais fácil de fazê-lo, sendo inclusive a que o mesmo utilizou no seu projeto.

Com este conhecimento em mãos, utilizamos o tutorial Clipping a Model with a Plane (BÖHRINGER, 2018) para aplicar o uso de shaders - pequenos scripts que calculam a cor de pixels específicos com base em sua posição e iluminação - com base em um plano, fazendo com que os pixels com determinada posição relativa ao plano não fossem reproduzidos para que o modelo permanecesse sempre intacto, com apenas a sua exibição sofrendo alterações. A princípio, utilizamos esta técnica com sucesso em objetos simples, seguindo de modelos complexos de edifícios reais.

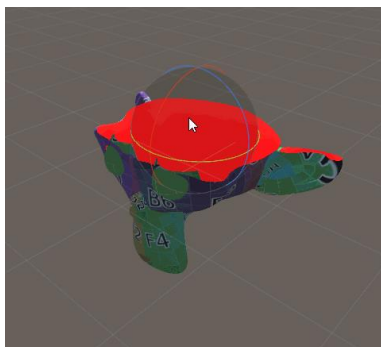


Figura 2 – Efeito causado pela ferramenta de Raio X através do uso de shaders

A conclusão desta tarefa se deu com êxito, tornando-se a versão final do protótipo.

### 3. Conclusão

Devido às circunstâncias externas que influenciaram o desenvolvimento do projeto, não foi possível atingir os resultados inicialmente esperados. No entanto, foi possível avaliar a partir dos resultados que já haviam sido obtidos com a análise das SDKs e a conversão dos modelos da plataforma Autodesk para as plataformas de Realidade Aumentada a utilidade dos modelos BIM para a Arquitetura como um todo, e como o modelo é adaptável e passível de usos variados, como os de prédios históricos.

Além disso, é importante destacar que o orientado adquiriu diversos novos conhecimentos sobre a linguagem C#, metodologia BIM, modelagem 3D através do uso da plataforma Unity, utilização de nuvens de pontos, avaliação de ferramentas para projetos e o uso de SDKs.

Com isso, consideramos que o projeto foi concluído com sucesso dentro da realidade em que foi possível desenvolvê-lo, considerando que o orientado não possuía a infraestrutura necessária para dar continuidade integral como inicialmente planejado.

### 4. Referências

- ARCORE. Site Oficial ARCore. [S.I.], 2019. Disponível em: <<https://developers.google.com/ar/discover/>>.
- ARTOOLKIT. Site Oficial ARToolKit. [S.I.], 2019. Disponível em: <<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>>.
- AR.JS. Site Oficial AR.js. [S.I.], 2019. Disponível em: <<https://medium.com/arjs>>.
- AUTODESK. Site Oficial Autodesk. [S.I.], 2020. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/solutions/bim/benefits-of-bim>>
- BÖHRINGER, Ronja. 2018. Clipping a Model with a Plane. Disponível em:

<<https://www.ronja-tutorials.com/2018/08/06/plane-clipping.html>>.

Carvalho, M., Dezen-Kempton, E., Paiva, P. de & Cogima, C. Digital scanning and BIM modeling for modern architecture preservation: the Oscar Niemeyer's Church of Saint Francis of Assisi. XXII Congresso da Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital, 2018.

Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E. & Ivkovic, M. (2010). Augmented reality technologies, systems and applications. Multimedia Tools and Applications.

Dore, C., & Murphy, M. (2012). Integration of Historic Building Information Modeling (HBIM) and 3D GIS for recording and managing cultural heritage sites. In Virtual Systems and Multimedia (VSMM), 2012 18th International Conference on (pp. 369-376). IEEE.

DROIDAR. Site Oficial DroidAR. [S.I.], 2019. Disponível em: <<https://code.google.com/p/droidar/>>.

EASYAR. Site Oficial EasyAR. [S.I.], 2019. Disponível em: <<https://www.easyar.com>>.

Moreira, L.; Ruschel, R. Realidade Aumentada para a Montagem, Manutenção e Operação da Edificação. Revisão Sistemática de Literatura, 2018.

NAGAKURA, T., & SUNG, W. 2014. Ramalytique: Augmented Reality in Architectural Exhibitions.

Quattrini, R., Pierdicca R. & Morbidoni, C. (2017). Knowledge-based data enrichment for HBIM: Exploring high-quality models using the semantic-web. Journal of Cultural Heritage, 28.

Tang, P., Huber, D., Akinci, B., Lipman, R., & Lytle, A. (2010). Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques. Automation in construction, 19(7), 829-843.

VIEWAR. Site Oficial ViewAR. [S.I.], 2019. Disponível em: <<https://developer.viewar.com/site/home>>.

Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. Automation in construction, 38, 109-127.

VUFORIA. Site Oficial Vuforia. [S.I.], 2019. Disponível em: <<https://www.vuforia.com>>.

WIKITUDE. Site Oficial Wikitude. [S.I.], 2019. Disponível em: <<https://www.wikitude.com>>.