

PROJETO TCC - BCC	ANO/SEMESTRE:	2019/1
-------------------	---------------	--------

USO DA REALIDADE AUMENTADA COM MARCADORES DINÂMICOS

Everton da Silva

Prof. Dalton Solano dos Reis – Orientador

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da informática o homem busca diferentes maneiras de inovar a Interação Homem-Máquina, no início os computadores eram operados manualmente sem a utilização de painéis ou display (COSTA et al., 2011, p.11). Com o passar dos anos foram sendo desenvolvidos monitores com uma interface mais amigável, sistemas operacionais baseados em interface gráfica, mouses e teclados. Essa evolução segue até os dias de hoje, onde um simples computador pode ser carregado na palma da mão (COSTA et al., 2011, p.11).

Com esses avanços tecnológico, surgiu a realidade aumentada, a qual possibilita a sobreposição de objetos 3D em uma cena real (KUMAGAI, 2011, P.8). Diferente da realidade virtual, a realidade aumentada não depende de equipamentos, podendo ser utilizado em qualquer ambiente, sendo portanto, mais abrangente e universal (KIRNER; SISCOOTTO, 2007, p.5).

Em geral a realidade aumentada funciona através de marcadores, onde são configurados e impressos com intuito da aplicação reconhecer e detectar esses marcadores, obtendo informações necessárias para identificar o que e onde gerar. Esta técnica é conhecida como *marker-based tracking* (rastreamento baseado em marcações) (HESS, 2011, p.19). Segundo Kumagai (2011, p.11), a realidade aumentada com marcadores possui limitações, fazendo com que o usuário não interage diretamente com objeto, sendo necessário a implementação de marcadores impressos para que consiga representar algum objeto.

Outra técnica adotada para os recursos da realidade aumentada, é o *markless tracking* (rastreamento sem marcações), considerada a mais ideal, já que a mesma não necessita de marcadores impressos (BIMBER; RASKAR, 2005 apud HESS, 2011, p.19). Vulforia é uma das tecnologias utilizada para trabalhar com realidade aumentada, ela permite a detecção de objetos através de marcadores impressos. Vulforia também permite a detecção de objetos através imagens. A imagem é cadastrada no formato JPG ou PNG, em tons de cinza ou RGB com tamanho máximo de 2 MB. Após o cadastro, o gerenciador de alvos, processa e avalia

características específicas da imagem para determinar um nível de detecção (QUALCOMM, 2015 apud SANTOS, 2015).

Segundo Kumagai (2011, p.17), as vantagens em utilizar a técnica de realidade aumentada sem marcadores são que a mesma contém rastreadores especializados e robustos, além de possibilitar a extração de características da cena real. Porém, implementar essa técnica é complexa e apresentam algumas restrições (TEICHRIEB, 2007 apud KUMAGAI, 2011, p.17).

Diante deste cenário, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma aplicação utilizando os recursos da realidade aumentada baseado em marcadores dinâmicos, onde, não necessita de marcadores impressos, com intuito de melhorar a interação com o usuário, permitindo-o arrastar objetos pela tela, montando sua própria cena e posteriormente mostrar objetos virtuais.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é criar uma aplicação que permite capturar um desenho feito manualmente pelo usuário, e assim transformar este desenho em um marcador dinâmico para ser utilizado na interação com objetos virtuais.

Os objetivos específicos são:

- a) utilizar marcadores dinâmicos com realidade aumentada;
- b) criar espelho para refletir a superfície frontal;
- c) interação com o usuário, permitindo arrastar objetos pela tela;
- d) fazer testes juntamente com usuários.

2 TRABALHOS CORRELATOS

Foram selecionados quatro trabalhos correlatos que apresentam semelhanças com o proposto neste trabalho. Na seção 2.1 é apresentado o Masterpiece da Osmo Play, aplicativo com intuito de melhorar a interação com o usuário (VENTURE BEAT, 2015). Na seção 2.2 é apresentado o iAR ferramenta desenvolvida por Hess (2011) onde é possível executar os recursos da realidade aumentada na plataforma iOS. Na seção 2.3 é apresentado a ferramenta Animar, desenvolvida por Reiter (2018) que tem como objetivo criar cenas animadas utilizando os recursos da realidade aumentada. Por fim, na seção 2.4 é apresentado um

prótipo desenvolvido por Kumagai (2011), onde o mesmo utilizou técnicas de reconhecimento de objetos sem marcadores.

2.1 MASTERPIECE - OSMO PLAY

Masterpiece é um dos aplicativos da Osmo, que permite crianças e adultos se tornarem artistas digitais. O aplicativo inicia quando é tirado uma foto pelo iPad ou pesquisada uma imagem na internet. Em seguida o usuário deve conectar o espelho reflexivo na câmera frontal do iPad. Ao realizar essas etapas, a aplicação utiliza a visão computacional para analisar a imagem e a cena, sugerindo assim um melhor esboço da imagem para ser desenhada (VENTURE BEAT, 2015), ilustrado na Figura 1. O usuário pode colocar um papel na frente do iPad e traçar as linhas que a aplicação sugeriu. O espelho fixado na câmera permite capturar o movimento do instrumento de escrita utilizado e reflete na tela do iPad para que o mesmo possa ver as linhas sendo desenhadas na folha. Assim ao invés de olhar para a folha o usuário desenha olhando para a tela do dispositivo (VENTURE BEAT, 2015).

Figura 1 - Imagem analisada



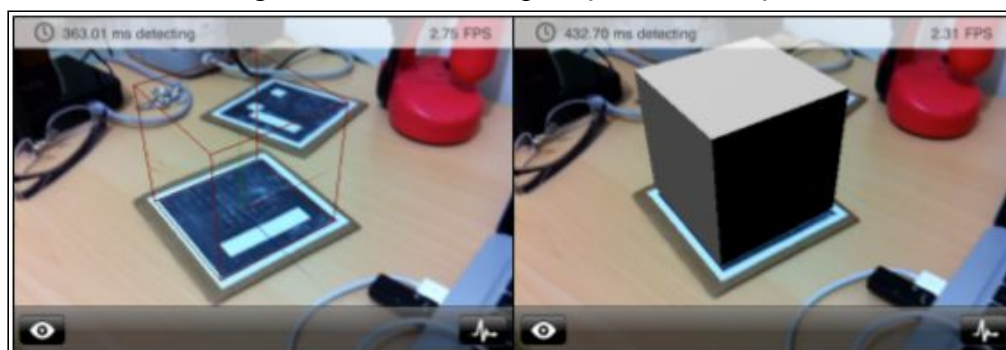
Fonte: (VENTURE BEAT, 2015).

2.2 EXPLORANDO MODELOS VIRTUAIS 3D COM REALIDADE AUMENTADA NO SDK DO IPHONE

Hess (2011) desenvolveu uma ferramenta chamada iAR onde é possível executar os recursos da realidade aumentada na plataforma iOS. Segundo Hess (2011, p.53), o iAR foi desenvolvida em formato *Application Programming Interface* (API), com funções para facilitar a criação de uma aplicação para qualquer objetivo.

A Figura 2 ilustra a aplicação sendo executada, é possível observar dois botões na parte inferior da tela. O botão do lado esquerdo, permite o usuário selecionar entre os modos de visualização 3D. O segundo botão mostra as informações de desempenho dos recursos da realidade aumentada, como tempo de execução de detecção de marcadores e o número de quadros por segundos atingidos (HESS, 2011, p.57).

Figura 2 – Quadro da aplicação em execução



Fonte: Hess (2011, p.57).

A ferramenta foi desenvolvida em C++ e explora o uso de algumas ferramentas como OpenGL ES versão 2.0 para apresentação de objetos 3D, bibliotecas como ArUco para identificar a posição e a orientação dos objetos 3D a partir de marcadores, OpenCV biblioteca para tratamentos de imagens digitais e Libobj um analisador de arquivos com extensão obj, que auxilia na criação de objetos 3D a partir de definições geométricas contidas no arquivo (HESS, 2011, p.42).

Segundo Hess (2011, p.64), a biblioteca ArUco foi a mais importante dentre as utilizadas, devido ao seu eficiente algoritmo de detecção de marcações. A biblioteca apresenta uma interface fácil de ser utilizada e tem forte dependência das funções do OpenCV, exigindo sua compilação para plataforma (HESS, 2011, p.58).

Segundo Hess (2011, p.58), foi identificado problemas na geração de matrizes de visualização e de projeção inconsistente devido o tamanho e orientação das imagens capturadas, sendo necessário forçar o usuário a utilizar a aplicação sempre na vertical, além de redimensionar a imagem para o tamanho necessário. Apesar de alguns aspectos apresentarem bons desempenhos, Hess (2011, p.59) afirma ser necessárias alterações para tornar a ferramenta mais produtiva.

2.3 ANIMAR: DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA CRIAÇÃO DE ANIMAÇÕES COM REALIDADE AUMENTADA E INTERFACE TANGÍVEL

Reiter (2018, p.13) desenvolveu uma ferramenta com objetivo de criar cenas, adicionar objetos e gravar animações, utilizando os conceitos da realidade aumentada e Interfaces Tangíveis. Segundo Reiter (2018, p.7), o aplicativo permite a criação e manipulação de cenários e objetos tridimensionais virtuais, sendo possível dar “vida” à cena ao utilizar Interfaces Tangíveis para a criação de animações dos objetos virtuais (Figura 3).

Figura 3 – Marcador cena, visto pela câmera



Fonte: (REITER, 2018, p.62).

A ferramenta foi desenvolvida utilizando *engine* gráfica Unity em conjunto com Microsoft Visual Studio Ultimate 2013 como editor de código (REITER, 2018, p.32). O Vuforia foi utilizado para a realidade aumentada que já vem embutida nas versões mais recentes do Unity (REITER, 2018, p.32). Para criação dos marcadores foi utilizado AR Marker Generator by Brosvision ferramenta que gera imagens aleatoriamente e otimizada para reconhecimento dos marcadores. Para edição das imagens foi utilizado Adobe Photoshop CS6 (REITER, 2018, p.32).

Reiter em junho de (2018, p.69), realizou testes diretamente com alunos do curso de Pedagogia. Todos conseguiram realizar a atividade proposta, porém o teste do seletor de cenas foi o mais difícil, onde 28,7% dos alunos tiveram dificuldades em realizar o teste (REITER,

2018, p.69). Segundo Reiter (2018, p.71) este é o passo mais difícil de ser executado, pois, há uma maior interação com a Interface Tangível.

Segundo Reiter (2018, p.69), os resultados foram satisfatórios, mesmo os alunos apresentarem uma certa dificuldade na utilização da aplicação, isso devido a maioria dos alunos não utilizarem recursos de realidade aumentada e Interfaces Tangíveis.

2.4 ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DE REALIDADE AUMENTADA SEM MARCADORES

Kumagai (2011, p.8) implementou um protótipo que possibilita utilizar os recursos da realidade aumentada sem marcadores (do inglês *Markerless Augmented Reality* - MAR). Esse processo permite a inserção dos elementos virtuais no ambiente real, utilizando informações naturalmente presentes como arestas, texturas ou a própria estrutura da cena sem a necessidade de marcadores (SIMÕES, 2008, p.8).

Uma das técnicas utilizada por Kumagai (2011, p.29) foi MAR baseado em aresta, uma técnica recursiva baseada na amostragem de pontos nas arestas de um modelo 3D previamente construído para guardar as informações a serem relacionados com a cena, possibilitando o rastreamento da câmera e implementando a realidade aumentada sem marcadores (SIMÕES, 2008, p.25).

Para implementação do projeto Kumagai (2011, p.33) utilizou a API OpenCV com a ferramenta Microsoft Visual Studio 2010 com a linguagem C++. Já a biblioteca OpenGL foi utilizada para desenhar os objetos 3D na tela.

Segundo Kumagai (2011, p.42), a técnica de reconhecimento de objetos foi implementada com sucesso e mostrou-se robusta a movimentos suaves e variação de luminosidade mesmo com classificador de qualidade baixa, ilustrado na Figura 6. Porém, em algumas cenas o classificador identifica áreas de interesse mesmo quando a mesma não é de interesse.

Figura 6 – Reconhecimento da mão e projeção do objeto 3D



Fonte: (KUMAGAI, 2011, p.39).

Segundo Kumagai (2011, p.42), o protótipo implementado possui algumas limitações, como, de não projetar mais de um objeto virtual na mesma cena, e pela questão de variação de luminosidade e movimentos bruscos, sendo necessário equipamentos de alta qualidade.

3 PROPOSTA DA APLICAÇÃO

Este capítulo tem como objetivo apresentar as justificativas para a realização do trabalho proposto e as metodologias de desenvolvimentos. A seção 3.1 apresenta a justificativa deste projeto. A seção 3.2 apresenta a lista de Requisitos Funcionais (RF) e os Requisitos Não Funcionais (RNF). A seção 3.3 mostra as metodologias que serão utilizadas no projeto proposto.

3.1 JUSTIFICATIVA

No Quadro 1 é apresentado uma comparação entre as características dos trabalhos correlatos. É possível observar que nenhum dos trabalhos tem o recurso de arrastar objetos pela tela do dispositivo. Todos os trabalhos usam os recursos da realidade aumentada, mas apenas o Masterpiece não apresenta objetos 3D na tela. O aplicativo do Masterpiece e do iAR são específicos para as plataformas iOS, enquanto o Animar suporta Android e iOS, já o protótipo desenvolvido por Kumagai, o mesmo não deixou claro para quais plataformas desenvolveu.

Masterpiece por não apresenta objetos 3D, logo não utiliza nenhum tipo de marcador. Os aplicativos iAR e Animar, ambos necessitam de marcadores para apresentar objetos em tela. O protótipo desenvolvido por Kumagai (2011), por se

tratar de um protótipo baseado em realidade aumentada sem marcadores, não necessita dos marcadores impressos.

Quadro 1 – Comparativo entre os trabalhos correlatos

Características/Trabalhos correlatos	Másterpiece	i	A	RA - MARK
arrastar objetos da cena	Não	N	N	Não
utiliza realidade aumentada	Sim	S	S	Sim
apresentar objetos 3D	Não	S	S	Sim
multiplataforma	Não	N	S	Não especificado
usa marcadores impresso	Não	S	S	Não

Fonte: elaborado pelo autor.

Diante do exposto acima, o trabalho proposto se torna relevante pelo fato de desenvolver uma aplicação utilizando os recursos da realidade aumentada sem a necessidade de marcadores impressos, facilitando seu uso em qualquer ambiente. O trabalho se destaca também pela interação direta com o usuário, onde o mesmo pode arrastar objetos pela tela do dispositivo, montando sua própria cena para posteriormente serem apresentados em 3D.

Este trabalho poderá trazer contribuições para o tema e principalmente para futuras

implementação de aplicações utilizando recursos da realidade aumentada baseada em marcadores dinâmicos, assim como, a oportunidade de aprofundar os conhecimento em detecção de objetos sem a necessidade de marcadores impressos.

3.2 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

A aplicação desenvolvida deve:

- a) apresentar uma tela inicial, com opção de selecionar um tema desejado para iniciar o desenho (Requisito Funcional - RF);
- b) apresentar um menu na lateral da interface (RF);
- c) permitir o usuário arrastar os objetos pela tela do dispositivo (RF);
- d) refletir na tela a superfície frontal do dispositivo (RF);
- e) apresentar botão de finalizar o desenho (RF);
- f) apresentar objetos 3D ao ser reconhecido pela câmera (RF);
- g) ser desenvolvida para iOS e Android (Requisito Não Funcional - RNF);
- h) utilizar o ambiente Unity para desenvolvimento (RNF);
- i) utilizar recursos da realidade aumentada para apresentar os objetos 3D (RNF);
- j) utilizar as bibliotecas ArUco e ARToolKit para detectar marcadores (RNF);
- k) utilizar biblioteca OpenCV para Unity para reconhecimento de imagens (RNF);
- l) utilizar base de dados para armazenar os marcadores.

3.3 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- a) levantamento bibliográfico: realizar pesquisas bibliográficas com relação ao proposto no trabalho, mas especificamente, realidade aumentada com marcadores dinâmicos;
- b) elicitação de requisitos: baseando-se nas informações da etapa anterior, reavaliar os requisitos propostos para aplicação e alterá-los caso necessário;
- c) especificação e análise do trabalho: elaborar funcionalidades por meio de diagramas de classes e atividades da Unified Modeling language (UML), utilizando a ferramenta online draw.io;
- d) implementação: a partir da análise, requisitos e modelagem, implementar a aplicação proposta, utilizando o ambiente Unity para desenvolvimento, juntamente

com a linguagem C#, as bibliotecas ArUco e ARToolKit para detecção de marcadores, OpenCV para reconhecimento de imagens e base de dados para armazenamento dos marcadores;

- e) testes: realizar testes durante e após a implementação, a fim de buscar melhorias e garantir o bom funcionamento da aplicação. Realizar testes juntamente com usuários com a intenção de colher um *feedback* sobre a aplicação.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 2.

Quadro 2 - Cronograma

etapas / quinzenas	2019									
	ago.		set.		out.		nov.		dez.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
levantamento bibliográfico										
elicitação de requisitos										
especificação e análise do trabalho										
Implementação										
Testes										

Fonte: elaborado pelo autor.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentado os principais assuntos para realização deste trabalho. A seção 4.1 aborda os recursos da realidade aumentada, utilizado para sobrepor objetos virtuais em ambientes reais. A seção 4.2 apresenta a biblioteca ArUco, responsável pela detecção de marcadores. A seção 4.3 aborda a biblioteca ARToolKit, assim como ArUco, responsável pela detecção de marcadores. A seção 4.4 aborda a biblioteca OpenCV disponibilizada para o ambiente Unity. Por fim a seção 4.5 aborda os recursos da realidade aumentada com marcadores dinâmicos.

4.1 REALIDADE AUMENTADA

A realidade aumentada teve sua primeira aparição na década de 90, permitindo a sobreposição de objetos e ambientes virtuais com o ambiente físico através de algum dispositivo tecnológico (KIRNER; SISCOOTTO, 2007, p.5). Esse recurso ficou mais acessível no início dos anos 2000 com a convergência de técnicas de visão computacional, software e dispositivos com um melhor custo-benefício (KIRNER; SISCOOTTO, 2007, p.5).

Diferente da realidade virtual, a realidade aumentada não depende de equipamentos, podendo ser utilizado em qualquer ambiente (fechado ou aberto), sendo portanto, mais

abrangente e universal (KIRNER; SISCOOTTO, 2007, p.5). Segundo Kirner e Siscoutto (2007, p.6), a realidade aumentada permite o uso de ações Tangíveis e de operações multimídias, envolvendo voz, gestos, tato, etc, facilitando o trabalho dos usuários sem treinamento.

A convergência tecnológica e o desenvolvimento de interfaces estão apontando para a nova geração de interfaces computacionais baseadas em realidade aumentada para uso nas mais variadas áreas, desde entretenimento, como jogos, até experimentos científicos coletivos, constituindo verdadeiros laboratórios de pesquisa. (KIRNER; SISCOOTTO, 2007, p.6, grifo do autor)

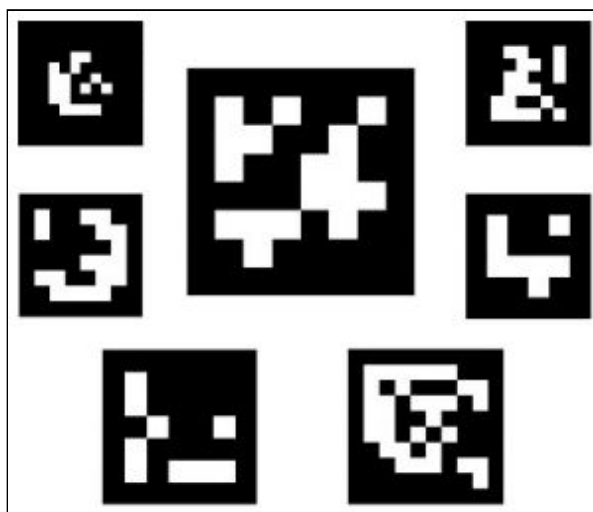
A realidade aumentada pode ser definida de várias maneiras. Por exemplo, como uma forma de enriquecer o ambiente real com objetos virtuais, ou ainda, melhoria no mundo com textos, imagens e objetos virtuais (INSLEY, 2003 apud KIRNER; SISCOOTTO, 2007, p.10). Permite também, misturar mundos reais e virtuais sem algum ponto da realidade/virtualidade (AZUMA, 2001 apud KIRNER; SISCOOTTO, 2007, p.10).

As ferramentas utilizadas na realidade aumentada auxiliam a construção dos objetos virtuais e sua integração com ambiente real, incluindo alguns comportamentos, como, por exemplo, quando um marcador é detectado um objeto virtual é adicionado na cena (KIRNER; SISCOOTTO, 2007, p.123).

4.2 ARUCO

ArUco (*Augmented reality University of cordoba*) é uma biblioteca *Open Source* escrita em C++, responsável pela execução de rotinas de detecção de marcadores (HESS, 2011, p.69). ArUco gera os marcadores quadrados sintéticos composto por uma borda preta larga e com uma matriz binária que determina um identificador único dentro deles. A borda preta facilita sua rápida detecção na imagem e a codificação binária permite sua identificação (ARAUJO, 2018, p.44). O tamanho do marcador determina o tamanho da matriz interna, por exemplo, um marcador 4x4 é composto por 16 bits. A Figura 5 mostra um exemplo de marcadores ArUco (ARAUJO, 2018, p.45).

Figura 5 – Exemplo marcadores ArUco



Fonte: (ARAUJO, 2018, p.45).

Suas principais características são: detectar marcadores com uma única linha de código; detectar bibliotecas como: AprilTag, ArToolKit, ArToolKit +, ARTAG, CHILITAGS; mais rápido que qualquer outra biblioteca para detecção de marcadores; multiplataforma (Windows, Linux, Mac OS, Android); poucas dependências; integração com OpenCV, OpenGL e OGRE (APLICACIONES DE LA VISIÓN ARTIFICIAL, 2011).

4.3 ARTOOLKIT

Segundo Kirner e Siscoutto (2007, p.123), “o ARToolKit é um *software* para a detecção dos marcadores nas imagens e adição dos objetos virtuais nas imagens do mundo real”. O ARToolKit utiliza os métodos de visão computacional para fornecer a posição e a rotação 3D de padrões em imagens do ambiente. Esses padrões são expressos por marcadores 2D e são previamente cadastrados antes da execução da aplicação (KIRNER; SISCOOTTO, 2007, p.123).

Para a detecção dos marcadores pelo ARToolKit são executadas as seguintes etapas: a imagem capturada pela câmera é convertida em binária (com valores em preto e branco). Logo após o ARToolKit analisa a imagem e encontra os marcadores e compara com os cadastrados. Ao encontrar um marcador, um objeto tridimensional virtual é adicionado à imagem real, na posição e orientação do marcador original (KIRNER; SISCOOTTO, 2007, p.124).

Segundo Kirner e Siscoutto (2007, p.124), as principais características do ARToolKit são: *tracking* para posicionamento e orientação da câmera; marcadores quadrados com bordas pretas por padrão; possibilidade de uso de qualquer marcador, desde que obedeça ao padrão;

código simples para calibração da câmera; bom desempenho para aplicações de realidade aumentada em tempo real; distribuição multiplataforma (SGI IRIX, Linux, MacOS e Windows) e distribuição do código fonte completo (*Open Source*).

4.4 ASSETS OPENCV PARA UNITY

Segundo Araujo (2018, p.38), “OpenCV (*Open Source Computer Vision*) é uma biblioteca de *software* de visão computacional e aprendizagem de máquina de código aberto“, a biblioteca possui mais de 2500 algoritmos, onde podem ser utilizados para detectar e reconhecer rostos, identificar objetos, classificar ações humanas em vídeos, rastrear movimentos de câmera, detectar objetos em movimento, extrair modelos 3D de objetos, encontrar imagens semelhantes, acompanhar movimentos oculares, reconhecer cenários e estabelecer marcadores para sobreposição com realidade aumentada (ARAUJO, 2018, p.38).

A biblioteca OpenCV é escrito nativamente em C++ e possui interfaces para C++, Python, Java e MATLAB, suporta as plataformas, Windows, Linux, Android e MacOS (ARAUJO, 2018, p.39). OpenCV é compatível também com Unity, porém, para conseguir tal compatibilidade é necessário declarar todas as funções C/C++ para exportação e em seguida compilar todo o código do OpenCV como um pacote de biblioteca e importá-lo no projeto como um *plug-in* (ARAUJO, 2018, p.39).

A empresa Enox Software desenvolveu o *plug-in* OpenCV for Unity para prover eficiência computacional, sobretudo em aplicações em tempo real. O *plug-in* disponibiliza uma API para C# baseada na API para Java disponibilizada pelo próprio OpenCV (ARAUJO, 2018, p.39). Para adquirir a API OpenCV for Unity é necessário fazer o *download* na loja *Assets* do Unity e comprar a licença da mesma (OPENCV FOR UNITY, 2019).

4.5 REALIDADE AUMENTADA COM MARCADORES DINÂMICOS

A realidade aumentada com marcadores se caracteriza na inserção de objetos virtuais em ambientes físicos através de marcadores impressos, os quais, ao serem apresentado para uma câmera são reconhecidos e projetados objetos no ambiente (KUMAGAI, 2011, p.11).

A realidade aumentada sem marcadores também se caracteriza na inserção de objetos virtuais em ambientes físicos, mas neste caso, qualquer parte da cena real pode ser utilizada como marcador, podendo ser rastreado e estimada a posição do objeto (KUMAGAI, 2011, p.11),

As técnicas sem marcadores tem o objetivo de realizar rastreamento da câmera através de informações da cena, como relação entre as características capturadas pela câmera ou modelos 3D gerado a partir dos objetos da cena. Apesar de complexas, as técnicas sem marcadores mostram-se promissoras devido à quantidade de aplicações a qual pode ser aplicada (SIMÕES, 2008, p.10). Estas técnicas podem ser classificadas em dois tipos fundamentais: técnicas baseadas em modelos e técnicas baseadas em estrutura e modelo.

As técnicas baseadas em modelos, necessita de um conhecimento prévio sobre a cena do mundo real, que é guardado na forma de um modelo 3D utilizado para auxiliar na estimativa do objeto pela câmera (KUMAGAI, 2011, p.11). As técnicas baseadas em modelos podem ser divididas em três tipos, são elas: técnicas baseadas em arestas, onde a estimativa da pose da câmera é realizada pelo relacionamento entre o *wireframe* do modelo 3D e as informações das arestas da imagem do mundo real; técnicas baseadas em fluxo óptico, onde as informações utilizadas para estimativa da pose da câmera advém do movimento relativo entre os quadros da sequência; e técnicas baseadas em texturas, onde são utilizadas as informações de textura dos objetos presentes na cena para realizar o rastreamento (KUMAGAI, 2011, p.15).

As técnicas baseadas em estrutura e movimento Struct from motion (SFM), tem como característica a recuperação da pose da câmera e da estrutura da cena ao longo do rastreamento (SIMÕES, 2008, p.14). Nestas técnicas o movimento da câmera é estimado sem nenhum conhecimento da cena sendo adquirido durante o rastreamento (KUMAGAI, 2011, p.18). Segundo Simões (2008, p.14), técnicas deste tipo têm a tendência de serem mais complexas do que as técnicas baseadas em modelos, já que utilizam apenas as imagens capturadas da cena para recuperar a pose da câmera e a estrutura da cena. As técnicas baseadas SFM pode ser divididas em duas categorias, são elas: SFM de tempo real, que ignora ou substitui algumas fases do *pipeline* a fim de torná-lo em tempo real. MonoSLAM, onde estima a pose da câmera sobre o ambiente e cria um mapa disperso do mesmo, porém, é restrito para ambientes fechados, movimentos suaves da câmera e imagem monocromática (TEICHIEB, 2007 apud KUMAGAI, 2011, p.22).

REFERÊNCIAS

APLICACIONES DE LA VISIÓN ARTIFICIAL. ArUco: a minimal library for augmented reality applications based on OpenCV. Córdoba, [2011]. Disponível em: <<http://www.uco.es/investiga/grupos/ava/node/26>>. Acesso em: 18 mai. 2019.

ARAUJO, Thiago A. C. de. Análise da interação de surdos com um aplicativo de realidade aumentada em dispositivos vestíveis para ensino a distância de tarefas manuais. 2018a. 107 f. Dissertação ao curso de mestrado (Pós-Graduação em Ciências da Computação) - Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza. Disponível em: <http://www.uece.br/macc/index.php/arquivos/doc_download/445-thiago-alves-costa-de-araujo> . Acesso em: 17 mai. 2019.

COSTA, José W. A. et al. Realidade Virtual Aumentada Aplicada como Ferramenta de Apoio ao Ensino. Revista Tecnologia em Projeção, [Brasília], v.2, n.1, p. 11-15, jun. 2011.

HESS, Jonathan. Explorando modelos virtuais 3D com realidade aumentada no SDK do Iphone. 2011a. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau. Disponível em: <http://www.bc.furb.br/docs/MO/2011/348549_1_1.pdf> . Acesso em: 13 mai. 2019.

KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson. Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações. Petrópolis, RJ: [s.n.], 2007.

KUMAGAI, Anderson. Realidade Aumentada Utilizando Marcadores Não Convencionais. 2011. 47 f. Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha de Marília, Marília. Disponível em: <<https://aberto.univem.edu.br/bitstream/handle/11077/365/Realidade%20Aumentada%20Utilizando%20Marcadores%20N%e3o%20Convencionais.pdf?sequence=1>> . Acesso em: 18 mai. 2019.

OPENCV FOR UNITY. OpenCV for Unity is an Assets Plugin for using OpenCV from within Unity, [2019]. Disponível em: <<https://enoxsoftware.com/opencvforunity/>>. Acesso em: 25 mai. 2019.

REITER, Ricardo Filipe. Animar: Desenvolvimento de uma ferramenta para criação de animações com Realidade aumentada e interface tangível. 2018a. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau. Disponível em: <http://dsc.inf.furb.br/arquivos/tccs/monografias/2018_1_ricardo-filipe-reiter_monografia.pdf> . Acesso em: 14 mai. 2019.

SANTOS, Júlio C.. Visedu: Aplicativo de realidade aumentada usando objetos interativo. 2015a. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências da Computação) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau. Disponível em: <http://dsc.inf.furb.br/arquivos/tccs/monografias/2015_2_julio-cesar-dos-santos_monografia.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2019.

SIMÕES, Francisco P. G.. Realidade aumentada sem marcadores baseada em arestas, um estudo de caso. 2008a. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Disponível em: <<http://www.cin.ufpe.br/~tg/2008-2/fpms.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2019.

VENTURE BEAT. Osmo Masterpiece could turn every kid into an iPad artist. 2015. Disponível em: . Acesso em: 14 mai. 2019.