



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Experimentação Tridimensional



MATHEUS PREVEDO

**PROPOSTA DE APLICATIVO PARA SUPORTE À UTILIZAÇÃO DE INSTRUÇÕES
DE TRABALHO FÍSICAS ATRAVÉS DE REALIDADE AUMENTADA**

CURITIBA

2022

MATHEUS PREVEDO

**PROPOSTA DE APLICATIVO PARA SUPORTE À UTILIZAÇÃO DE INSTRUÇÕES
DE TRABALHO FÍSICAS ATRAVÉS DE REALIDADE AUMENTADA**

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Experimentação Tridimensional. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Exatas, Departamento de Expressão Gráfica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Fontana Catapan

**CURITIBA
2022**

RESUMO

Nos dias de hoje, novas tecnologias surgem, são desenvolvidas, tornam-se acessíveis e passam a fazer parte da vida cotidiana das pessoas em uma velocidade cada vez mais alta. Criando novas necessidades e/ou alterando o entendimento de elementos já existentes. Assim, têm a capacidade de transformar os vários setores de uma sociedade. Nesse contexto, está a Realidade Aumentada (RA), tecnologia que sobrepõe elementos virtuais à nossa visão de realidade e tem sua aplicação, cada dia, mais difundida e acessível. Esta monografia aborda o desenvolvimento de um aplicativo para visualização de desenhos em três dimensões (3D) que, através do emprego da Realidade Aumentada, visa contribuir para o aumento da eficácia da leitura e compreensão de instruções de trabalho impressas em papel, que guiam os processos de fabricação de estruturas metálicas de embalagem, dentro de uma indústria de materiais compósitos. Aplicativo esse, desenvolvido dentro do ambiente do *software* Unity 2018.4.36f1 e com o SDK (*Software Development Kit*) Vuforia Engine. Atualmente, em fase de testes da sua versão protótipo. Indicadores positivos relacionados à aplicação, como as reduções de aspectos não conformes e do número de consultas aos setores de apoio por parte dos colaboradores da área operacional, estão sendo avaliados. A análise da possibilidade da extensão da utilização do aplicativo a outros setores dessa empresa também se encontra em andamento. Diante disso, o entendimento é que o aplicativo, objeto desse trabalho, está alcançando resultados bastante satisfatórios.

Palavras-chave: Realidade Aumentada. Aplicativo. Indústria.

ABSTRACT

Nowadays, new technologies emerge, are developed, become accessible and become part of people's daily lives at an ever-increasing speed. Creating new needs and/or changing the understanding of existing elements. In this way, they have the ability to transform the various sectors of a society. In this context, there is Augmented Reality, technology that superimposes virtual elements on our vision of reality and has its application, every day, more widespread and accessible. This monograph addresses the development of an application to visualize three dimension (3D) drawings that through the use of Augmented Reality (AR) aims to contribute to increasing the effectiveness of reading and understanding work instructions printed on paper, which guide the manufacturing processes of metallic packaging structures, in a composite materials industry. This application, developed within the Unity 2018.4.36f1 software environment and Vuforia Engine SDK (Software Development Kit). Currently in the testing phase of its prototype version. Positive indicators related to the application are being analyzed, such as the reduction in non-compliant items and in the number of consultations with the support sectors by employees from the operational area. The analysis of the possibility of extending the use of the application to other sectors of this company is also in progress. Therefore, the understanding is that the application, object of this monograph, is achieving very satisfactory results.

Keywords: Augmented Reality. Application. Industry.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 –	CARTAZ DE DIVULGAÇÃO DO SENSORAMA.....	9
FIGURA 2 –	EXPERIMENTO DE IMERSÃO REALIZADO POR IVAN SUTHERLAND.	10
FIGURA 3 –	TOURING MACHINE – PRIMEIRA EXPERIÊNCIA COM REALIDADE AUMENTADA MÓVEL.....	11
FIGURA 4 –	OBTENÇÃO DE LICENÇA PARA UTILIZAÇÃO DO SDK VUFORIA ENGINE.....	17
FIGURA 5 –	CRIAÇÃO DO BANCO DE DADOS.....	18
FIGURA 6 –	ADIÇÃO DOS CÓDIGOS QR A SEREM UTILIZADOS COMO MARCADORES.....	18
FIGURA 7 –	ESTRUTURAS METÁLICAS DE EMBALAGEM COM AS PEÇAS DE CADA KIT.....	19
FIGURA 8 –	SELEÇÃO DAS VERSÕES DE ANDROID A TEREM SEUS SDK INSTALADOS.....	20
FIGURA 9 –	CONVERSÃO DOS ARQUIVOS “.STEP” EM “.FBX”.....	21
FIGURA 10 –	ALTERAÇÃO DA PLATAFORMA DO UNITY 2018.4.36f1 PARA O SISTEMA ANDROID.....	22
FIGURA 11 –	HABILITAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO SDK VUFORIA ENGINE.....	22
FIGURA 12 –	SELEÇÃO DAS VERSÕES DE COMPATIBILIDADE DO SISTEMA ANDROID.....	23
FIGURA 13 –	IMPORTAÇÃO DA BASE DE DADOS.....	24
FIGURA 14 –	INSERÇÃO DOS MARCADORES.....	24
FIGURA 15 –	MODELO 3D INSERIDO SEM AJUSTE DE POSIÇÃO E ESCALA.	25
FIGURA 16 –	MODELOS 3D INSERIDOS COM AJUSTE DE POSIÇÃO E ESCALA REALIZADOS.....	26
FIGURA 17 –	COMPILAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO DO APLICATIVO.....	26
FIGURA 18 –	APLICATIVO INSTALADO.....	27
FIGURA 19 –	APLICATIVO EXIBINDO O KIT 01 E SUA EMBALAGEM.....	27
FIGURA 20 –	APLICATIVO EXIBINDO O KIT 03 E SUA EMBALAGEM.....	28
FIGURA 21 –	APLICATIVO EXIBINDO O KIT 05 E SUA EMBALAGEM.....	28
FIGURA 22 –	APLICATIVO EXIBINDO O KIT 06 E SUA EMBALAGEM.....	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	7
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	7
1.3. JUSTIFICATIVA.....	8
1.4. HIPÓTESE.....	8
1.5. OBJETIVO	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA REALIDADE AUMENTADA.....	9
2.2. SOLUÇÕES SEMELHANTES AO PROPOSTO DO TRABALHO	12
2.2.1. Soluções para Visualização de Modelos Tridimensionais que não Utilizam a Realidade Aumentada.....	13
2.2.2. Soluções para Visualização de Modelos Tridimensionais que Utilizam a Realidade Aumentada.....	14
3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	16
3.1. FUNÇÕES E REQUISITOS DO PROJETO	16
3.2. PROJETO DE DETALHAMENTO	16
3.2.1. Recursos empregados para o desenvolvimento do aplicativo	16
3.2.2. Obtenção de licença, base de dados e SDK	17
3.2.3. Conversão dos arquivos CAD	20
3.2.4. Programação do aplicativo através do Unity 2018.4.36f1	21
3.3. VALIDAÇÃO DO PROJETO	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5. CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A Realidade Aumentada (RA) é um sistema que suplementa o mundo real com objetos virtuais gerados por computador, parecendo coexistir no mesmo espaço e apresentando as seguintes propriedades: combina objetos reais e virtuais no ambiente real; executa interatividade em tempo real; alinha objetos reais e virtuais entre si. (AZUMA, 2001). Apesar das origens do conceito de Realidade Aumentada darem-se há 60 anos, em 1962, somente atualmente é que a aposta nesta tecnologia tem dado resultados nítidos, com a sua aplicabilidade na indústria, revelando-se vantajosa para as empresas dos mais diversos setores.

De acordo com Albuquerque (1999), “um dos pontos mais importantes do uso do mundo virtual não é a substituição do mundo real, mas sim, para completar a visão do utilizador no mundo real”. Nesse sentido, a Realidade Aumentada pode ser utilizada como uma ferramenta para complementar recursos e métodos já tradicionalmente empregados na execução dos processos produtivos dentro das indústrias. Gerando otimizações que podem refletir em economia de capital e tempo, ao evitar retrabalhos e a fabricação de componentes não-conformes. Este trabalho discorre sobre o desenvolvimento de um aplicativo que, através da utilização dessa ferramenta, visa auxiliar a leitura e interpretação de instruções de trabalho impressas em meio físico, utilizadas durante as etapas de construção de estruturas metálicas para transporte de peças.

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Erros na execução das etapas de qualquer processo fabril fazem parte do dia-a-dia dentro das indústrias. Pois, seja manual ou executado por meio de um elevado nível de automatização, todo processo tem vinculado a si uma probabilidade de desvio e não obtenção do resultado esperado. Dentre os tipos de erros que podem ocorrer na fabricação de produtos estão aqueles que são gerados por falha na leitura de desenhos técnicos devido a interpretações errôneas de desenhos representados em duas

dimensões e, consequentes concepções espaciais, também errôneas, desses objetos em três dimensões.

1.3. JUSTIFICATIVA

Em um panorama global de crescente aumento da competitividade e da demanda por processos mais eficientes, cabe às empresas, que objetivam figurar em posições de destaque dentro dos seus respectivos nichos e consolidarem-se de modo sustentável, mitigar ao máximo a incidência de erros ao longo das etapas de seus processos. Para isso novas tecnologias, como a Realidade Aumentada, que apresenta potencial real de gerar resultados positivos em diversos níveis, podem ser utilizadas servindo de suporte às ações de melhoria, tornando os processos mais robustos, corrigindo e evitando falhas operacionais, e, desse modo, gerando economia de recursos. Uma vez que, através da utilização do *software* Unity 2018.4.36f1 e do SDK (*Software Development Kit*) Vuforia Engine, pode-se desenvolver um aplicativo que agregue todas as funcionalidades, modo de utilização e tecnologia pretendidas e entendidas como vantajosas para a aplicação relacionada, com o importante benefício de não possuir custo, o objeto da atual monografia mostra-se justificável.

1.4. HIPÓTESE

A solução proposta pelo presente trabalho utiliza-se da tecnologia da Realidade Aumentada como recurso de um aplicativo para visualização de modelos tridimensionais em dispositivos móveis.

1.5. OBJETIVO

O objetivo da presente monografia é desenvolver um aplicativo como alternativa de apoio à utilização de instruções de trabalho impressas em meio físico, através de Realidade Aumentada, a ser utilizada na etapa de fabricação de estruturas metálicas para embalagem de peças dentro de uma indústria de materiais compósitos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA REALIDADE AUMENTADA

Diferentemente da Realidade Virtual (RV), que transporta o usuário para um ambiente virtual, a Realidade Aumentada o mantém em seu ambiente físico e transporta o ambiente virtual para o seu espaço. Desta forma, o utilizador interage com os elementos virtuais de forma natural e espontânea sem ser necessária uma aprendizagem mais profunda. (KIRNER e KIRNER, 2011). Todavia, a Realidade Aumentada surgiu da evolução da Realidade Virtual (TORI et al., 2006).

Em 1962, o produtor cinematográfico norte-americano, Morton Heilig construiu um dispositivo com tecnologia multissensorial imersiva, denominado de Sensorama (Figura 1). Essa máquina oferecia uma rica experiência de imersão, por meio de variados tipos de estímulos. Pois era capaz de exibir imagens em três dimensões, reproduzir som estéreo, sensações táteis e olfativas. Tratava-se de uma experiência essencialmente de Realidade Virtual, porém pode ser considerada um marco do princípio de sua derivação, a Realidade Aumentada.

FIGURA 1 – CARTAZ DE DIVULGAÇÃO DO SENSORAMA



FONTE: Adaptado de DUARTE (2006).

Em 1968, o cientista de computação norte-americano, Ivan Sutherland desenvolveu o primeiro *head mounted display* (HMD) a que chamou *The Sword of Damocles*, que é um dispositivo usado na cabeça, ou parte integrante de um capacete, que possui um display óptico em frente de um (HMD Monocular) ou de cada olho (HMD

Binocular). Em um de seus experimentos mais interessantes (Figura 2), Sutherland demonstrou a possibilidade de imersão e da tele presença, ao acoplar um *head mounted display*, cujos movimentos eram controlados diretamente pelos da cabeça do usuário, a duas câmeras posicionadas na laje de um edifício. As sensações, reações, e movimentos do observador, usando o capacete, dentro de uma sala, no interior do edifício, foram similares aos que o mesmo teria, se de fato, estivesse no topo do edifício. (TORI; KIRNER, 2006)

FIGURA 2 – EXPERIMENTO DE IMERSÃO REALIZADO POR IVAN SUTHERLAND



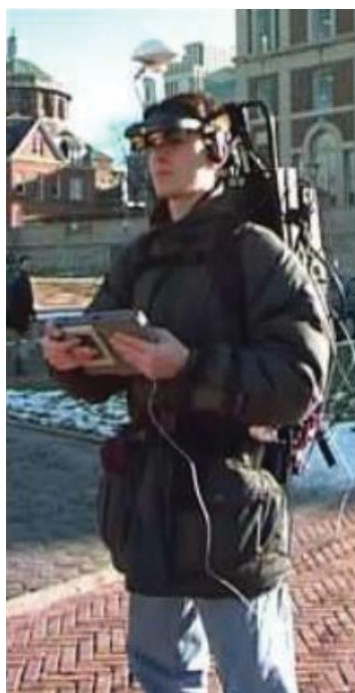
FONTE: Adaptado de KREVELEN V., POELMAN R. (2010).

De acordo com Lee (2012), apesar do conceito já existir há décadas, o termo Realidade Aumentada só foi criado em 1992 pelo engenheiro eletricitista e de computação, Tom Caudell. Ele e o seu colega, o também engenheiro de computação norte-americano, David Mizell tiveram o desafio de fornecer uma alternativa aos diagramas utilizados como guias pelos trabalhadores ao longo da linha de montagem de aviões dentro da empresa Boeing. A solução que desenvolveram foi um *head mounted display* o qual poderia ser usado pelos operadores, exibia os diagramas dos aviões e os projetava em placas reutilizáveis, sendo que a informação a ser visualizada poderia ser alterada através de computadores.

As primeiras experiências móveis de Realidade Aumentada foram feitas em 1996, pela Universidade de Columbia, tendo como principal objetivo aliar a Realidade

Aumentada e a computação móvel. Este sistema experimental iniciou-se com o projeto *Touring Machine* (Figura 3), que, em 1996, foi o pioneiro em ambiente externo. (FEINER, et al, 1997). Nesta primeira etapa, ele oferecia a seus usuários um guia de localização e de consulta sobre pontos de interesse do campus. Além de uma interface de menus e textos no visor. Na fase seguinte, denominada *Mobile's Journalist Workstation*, o projeto passou incluir informação multimídia através da exibição de documentários históricos, modelos tridimensionais simplificados de construções já demolidas do passeio por um sistema de túneis que não estavam mais fisicamente acessíveis. (HÖLLERER, 1999a). Ainda, de acordo com Höllerer (1999b), na terceira etapa, denominada *UI's for Indoor/Outdoor Collaboration*, foram implementados serviços de navegação e de colaboração entre usuários.

FIGURA 3 – TOURING MACHINE – PRIMEIRA EXPERIÊNCIA COM REALIDADE AUMENTADA MÓVEL



FONTE: Adaptado de ITO, E.; AFFINI, L. (2011).

A partir dos anos 2000, com o avanço da tecnologia embarcada em dispositivos móveis, várias aplicações, desenvolvimentos e experiências se deram em torno da Realidade Aumentada. Dentre os quais podemos destacar a criação do ARToolKit – biblioteca desenvolvida pelo engenheiro japonês, Hirokazu Kato, implementada em C e C++ que oferece suporte a programadores para o desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada. Essa biblioteca utiliza o rastreamento óptico, que implementa

técnicas de visão computacional para identificar e estimar, em tempo, real a posição e a orientação de um marcador em relação ao dispositivo de captura de vídeo. Assim, o cálculo da correlação entre os dados estimados do marcador real e a sua imagem, possibilita posicionar objetos virtuais alinhados à imagem do marcador. (KATO et al, 2000).

Desse modo, observamos que, ainda que experiências que possam ser consideradas as origens de seu conceito tenham ocorrido nos anos 1960, a Realidade Aumentada somente apresentou uma verdadeira evolução mais recentemente. Nomeadamente desde o início dos anos 1990. Até essa altura, permanecia indistinta e mesclada ao conceito de Realidade Virtual. Com a uma classificação mais clara, houve espaço para um maior desenvolvimento da tecnologia associada especificamente à Realidade Aumentada.

2.2. SOLUÇÕES SEMELHANTES AO PROPOSTO DO TRABALHO

A utilização de *Computer-aided Design* (CAD) em aplicações industriais tem sido bastante difundida, sendo clara a importância da visualização em três dimensões de um objeto, antes de ser produzido. A Realidade Aumentada, entretanto, vai além, não só permite a visualização tridimensional de objetos virtuais, mas também que o usuário receba instruções e aja em conformidade, com um alto grau de interação com o objeto e sem a necessidade de treinamentos mais aprofundados.

As aplicações de Realidade Aumentada na indústria se dão em diversas áreas, vão de estudos de layout a inspeções de qualidade do produto final. Porém, por mais amplas e difundidas que estejam se tornando, devido a estarem vinculadas a modelos tridimensionais de peças e, mesmo, de produtos inteiros, e, em geral, envolverem altos custos de desenvolvimento, essas aplicações são mantidas como segredo industrial. Por isso, maiores detalhamentos sobre os softwares e demais recursos empregados não estão acessíveis. O presente trabalho objetiva desenvolver um aplicativo para complementar a utilização de instruções de trabalho impressas em mídia física, nesse contexto, podemos considerar algumas soluções já existentes no mercado, que também permitem ser utilizadas para visualização de modelos tridimensionais através de dispositivos móveis. Entre essas, pode-se estabelecer a classificação em duas macros categorias, são elas: soluções para visualização de modelos tridimensionais

que não usam a Realidade Aumentada e soluções para visualização de modelos tridimensionais que usam a Realidade Aumentada.

2.2.1. Soluções para Visualização de Modelos Tridimensionais que não Utilizam a Realidade Aumentada

A utilização da Realidade Aumentada não é uma premissa para o desenvolvimento desse projeto e, sim, uma ferramenta a qual tem seu uso, dentro do aplicativo, a ser avaliado. Por isso, a seguir, levanta-se algumas das soluções mais populares no mercado com finalidades semelhantes, mas que não utilizam da Realidade Aumentada:

- Autodesk Inc – A360 – Acesse arquivos CAD;
- CAD Assistant – OPEN CASCADE;
- Siemens Digital Industries Software – JT2Go;
- Onshape – Onshape 3D CAD;
- Autodesk Inc – Autodesk Viewer;
- CADSoftTools – ShareCAD.

Tais opções exigiriam ter todos os arquivos CAD que se pretende visualizar salvo na memória física de cada um dos dispositivos móveis presentes ao longo da linha de montagem, ou que houvesse a disponibilização desses arquivos em um servidor intranet¹, o que acarretaria em custos e riscos relacionados a distribuição de desenhos de propriedade da empresa. Além disso, por mais que essas alternativas, tenham interfaces relativamente simples, caberia ao usuário localizar, identificar e selecionar o arquivo CAD correspondente a peça da qual deseja visualizar o desenho. Isso demandaria capacitação da equipe através de treinamentos mais aprofundados, o que mitigaria, mas ainda não eliminaria o risco de o operador selecionar um desenho não correspondente a peça física. As duas últimas alternativas, as quais são sites, teriam ainda o ônus de limitar a visualização dos modelos, somente onde houvesse conexão com a internet. Dado isso, entende-se como viável a utilização da Realidade

¹ Intranet: é uma rede de computadores de acesso exclusivo de uma empresa ou corporação. (LAWTON, 1995).

Aumentada no desenvolvimento do aplicativo, recurso que eliminaria os riscos descritos anteriormente.

2.2.2. Soluções para Visualização de Modelos Tridimensionais que Utilizam a Realidade Aumentada

Conforme já citado, ao longo dos últimos anos a Realidade Aumentada e sua utilização em dispositivos móveis vêm se tornando mais difundidas, e já existem no mercado soluções consolidadas que empregam essa tecnologia para a visualização de arquivos 3D. O Sketchfab é um site norte-americano de plataforma de modelagem tridimensional para publicar, compartilhar e comercializar conteúdo 3D, de Realidade Virtual e Realidade Aumentada. Fornece um visualizador, baseado nas tecnologias WebGL² e WebXR³, que permite aos usuários visualizar modelos tridimensionais em qualquer navegador móvel, navegador de desktop ou *headset* de Realidade Virtual.

O Wikitude é um provedor de tecnologia de Realidade Aumentada móvel com sede em Salzburg, Áustria. Fundada em 2008, a Wikitude inicialmente se concentrou em fornecer experiências de realidade aumentada baseadas em localização por meio do aplicativo Wikitude World Browser. Em 2012, a empresa reestruturou sua proposta lançando o Wikitude SDK, uma estrutura de desenvolvimento que utiliza reconhecimento e rastreamento de imagens e tecnologias de geolocalização.

Ambas as plataformas, Sketchfab e Wikitude, poderiam ser utilizadas para a finalidade de dar suporte as instruções de trabalho impressas, ao longo da linha de montagem, por meio da visualização de modelos tridimensionais através de dispositivos móveis, fazendo uso da tecnologia de Realidade Aumentada. Porém, quando comparadas ao aplicativo proposto pelo presente trabalho, observamos algumas desvantagens. O Sketchfab demanda conexão com a internet e a disponibilização dos arquivos CAD a um servidor externo, o que implica em problemas como a restrição à utilização em áreas com acesso à internet e riscos de segurança relacionados a disponibilização de desenhos de propriedade da empresa.

² WebGL: Web Graphics Library é uma interface de programação de aplicativos (API) do JavaScript para renderizar gráficos 3D e 2D dentro de um navegador web compatível sem o uso de plug-ins (MDN Web Docs, 2021).

³ WebXR: é uma API que descreve o suporte para acessar dispositivos de realidade aumentada e realidade virtual, como HTC Vive, Oculus Rift, Oculus Quest, Google Cardboard, HoloLens, Magic Leap ou Realidade Virtual de Código Aberto (OSVR), em um navegador da web (MDN Web Docs, 2021).

Já o Wikitude SDK é a alternativa que mais aproxima-se em termos de tecnologia e forma de utilização do aplicativo proposto. Pois utiliza-se da Realidade Aumentada, vinculada a marcadores físicos, não necessita de acesso à internet, também não necessita que os arquivos com os modelos 3D sejam disponibilizados a servidores externos. Porém o custo do desenvolvimento de um aplicativo através do Wikitude, a partir de R\$13.530,00, tornaria o atual projeto inviável.

3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

3.1. FUNÇÕES E REQUISITOS DO PROJETO

O aplicativo deve possuir uma funcionalidade central: visualizar de modo facilitado modelos tridimensionais de estruturas metálicas usadas para embalagens de peças. Essa função conduz à primeira premissa do projeto, a de ser de fácil utilização. Assim, reduzindo a possibilidade de o usuário cometer erros e não exigindo a aplicação de treinamentos mais aprofundados, dispendiosos e que consumiriam recursos. O baixo custo para o desenvolvimento e implementação do aplicativo também é um limitante. Quanto menos recursos forem demandados, maiores são as chances de uma implementação mais veloz e consistente. O que, inclusive, pode viabilizar a extensão da aplicação para outras áreas da empresa. A implementação também deve ser facilitada, balizando a forma como os modelos 3D são disponibilizados e aspectos como a complexidade e os formatos de tecnologia e, também, de componentes, como dos marcadores utilizados. Devido ao aplicativo envolver desenhos de propriedade da indústria, que, portanto, podem ser sigilosos, é fundamental que a aplicação seja segura. Evitando a submissão desses arquivos a servidores externos ou à memória interna de cada dispositivo móvel destinado ao uso desse aplicativo. Segurança e facilidade de implementação também nos guiam para um último requisito: a não necessidade de conexão com internet para operar. Desse modo não há restrições da área onde o aplicativo pode ser usado, o que contribui para uma eventual extensão da utilização da aplicação.

3.2. PROJETO DE DETALHAMENTO

3.2.1. Recursos empregados para o desenvolvimento do aplicativo

O aplicativo foi desenvolvido dentro da plataforma do *software* Unity 2018.4.36f1, com o SDK Vuforia Engine e com o *software* Android Studio 2021.2.0.0, para a instalação desse SDK. Os modelos CAD foram desenhados previamente

através do *software* SOLIDWORKS 2018, para convertê-los foi utilizado o programa SOLIDWORKS Visualize 2018, conforme será detalhado.

3.2.2. Obtenção de licença, base de dados e SDK

O primeiro passo para a criação do aplicativo foi a obtenção de licença para permitir o uso do SDK Vuforia Engine. Isso se deu através do site <https://developer.vuforia.com>, na aba “*Develop*”, na seção “*License Manager*”, onde selecionou-se a opção “*Get Basic*”. Na nova tela apresentada, deu-se o nome de “App de Embalagens” para a licença que foi utilizada no projeto, conforme demonstrado na Figura 4, e então selecionado a opção “*Confirm*”.

FIGURA 4 – OBTENÇÃO DE LICENÇA PARA UTILIZAÇÃO DO SDK VUFORIA ENGINE

Back To License Manager

Add a license key to your Basic plan

License Name *

App de Embalagens

You can change this later

License Key

Basic

Price: No Charge

Reco Usage: 1,000 per month

Cloud Targets: 1,000

VuMark Templates: 1,000 Active

VuMarks: Unlimited

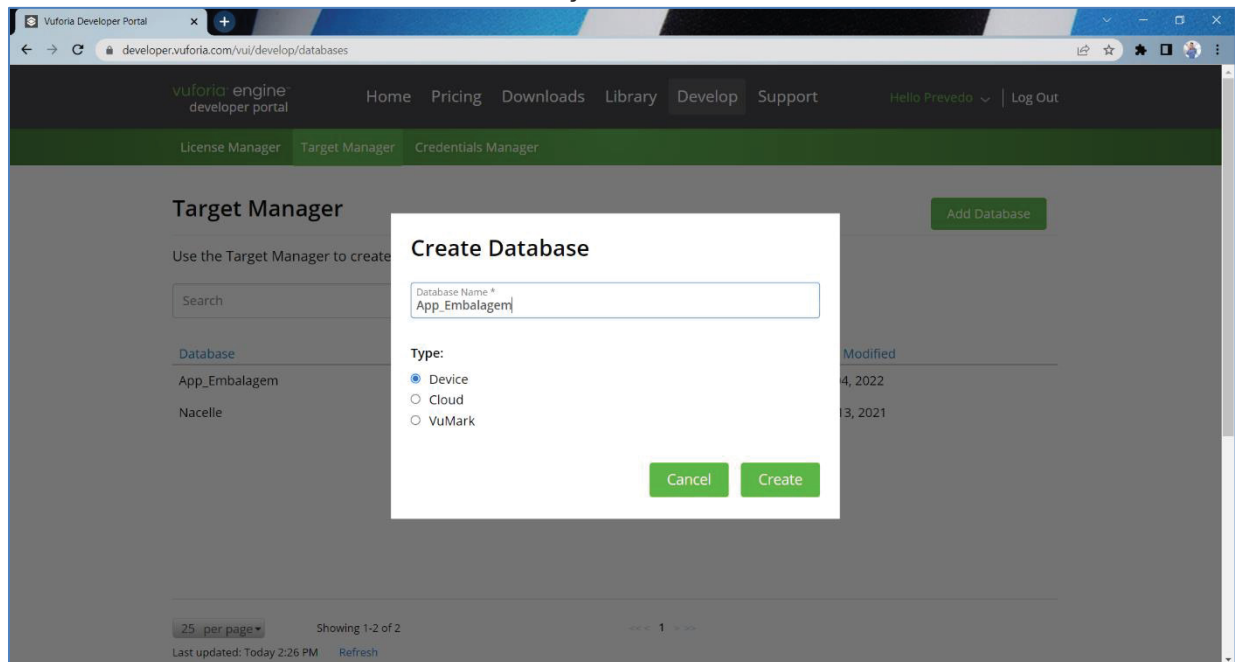
☐ By checking this box, I acknowledge that this license key is subject to the terms and conditions of the [Vuforia Developer Agreement](#).

Cancel Confirm

FONTE: O autor (2022).

O segundo passo foi a criação da base de dados (Figura 5) que posteriormente foi importada ao Unity 2018.4.36f1. Na tela da etapa anterior, selecionou-se a aba “*Target Manager*” e então a opção “*Add Database*”, onde nomeou-se a base de dados como “App_Embalagem”, selecionou-se a opção “*Device*” para o tipo de base e confirmou-se a sua criação, pelo botão “*Create*”.

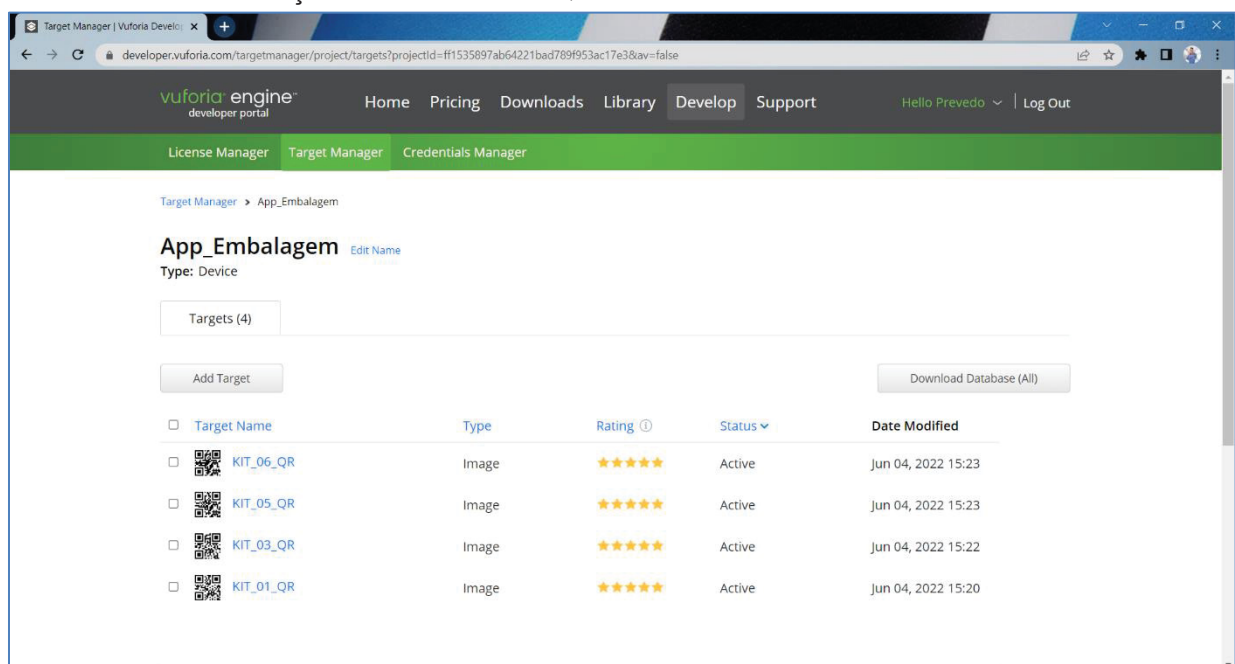
FIGURA 5 – CRIAÇÃO DO BANCO DE DADOS



FONTE: O autor (2022).

Dentro da base de dados criada, foram inseridos quatro códigos *Quick Response* (QR), conforme Figura 6, posteriormente utilizados como marcadores. Os mesmos foram gerados previamente através do site: <https://www.the-qrcode-generator.com/>.

FIGURA 6 – ADIÇÃO DOS CÓDIGOS QR A SEREM UTILIZADOS COMO MARCADORES

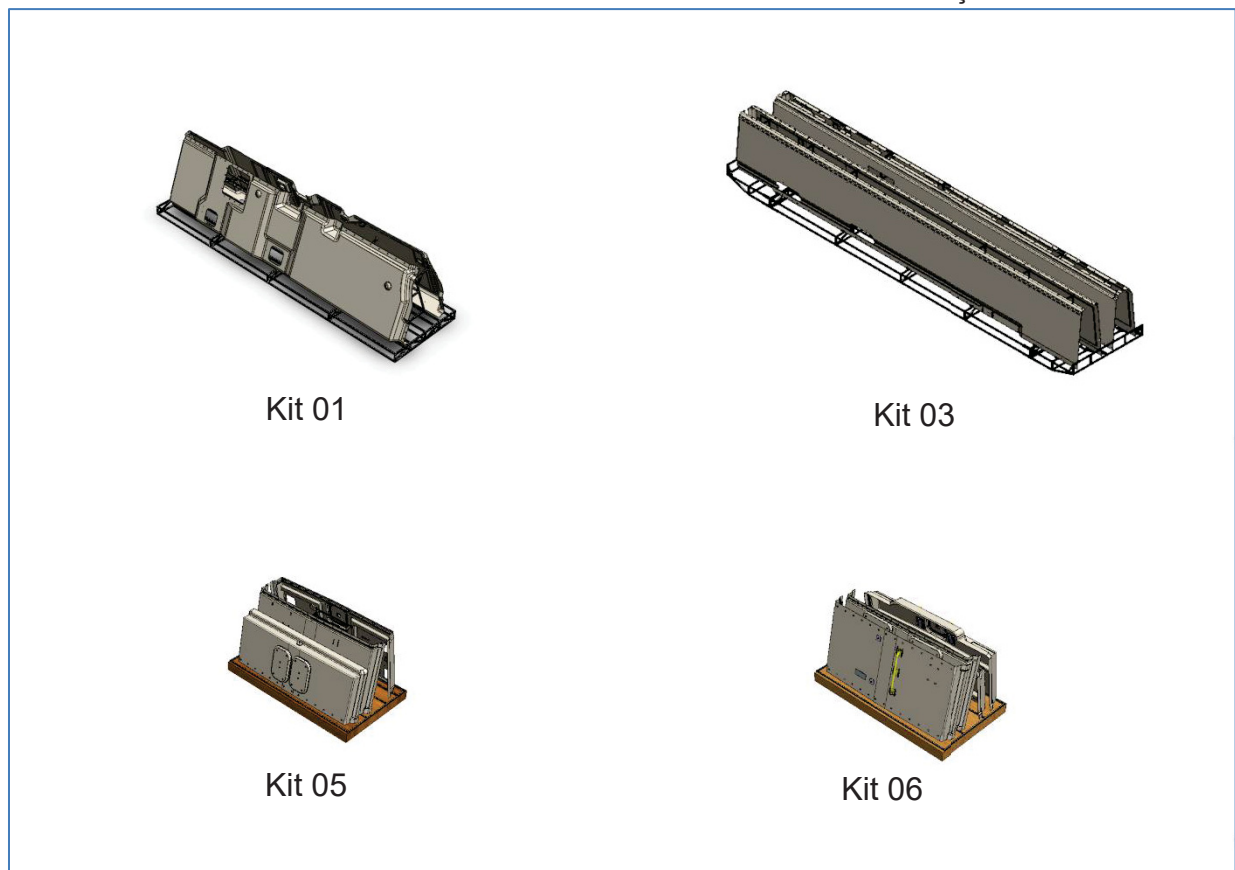


FONTE: O autor (2022).

Os códigos QR foram escolhidos como marcadores devido a facilidade de sua obtenção e de estarem cada vez mais vinculados ao ato de se apontar um celular, ou qualquer outro dispositivo móvel, para o mesmo e esperar que a informação vinculada seja apresentada na tela do dispositivo. O que contribui para um uso mais simplificado da aplicação.

Os marcadores foram nomeados como: KIT_01_QR, KIT_03_QR, KIT_05_QR e KIT_06_QR. Essas denominações fazem referência ao conjunto de peças a ser embalado por cada estrutura metálica cujo modelo tridimensional será exibido. A esse conjunto de peças chama-se de “Kit” e associa-se um número, como demonstrado na Figura 7.

FIGURA 7 – ESTRUTURAS METÁLICAS DE EMBALAGEM COM AS PEÇAS DE CADA KIT



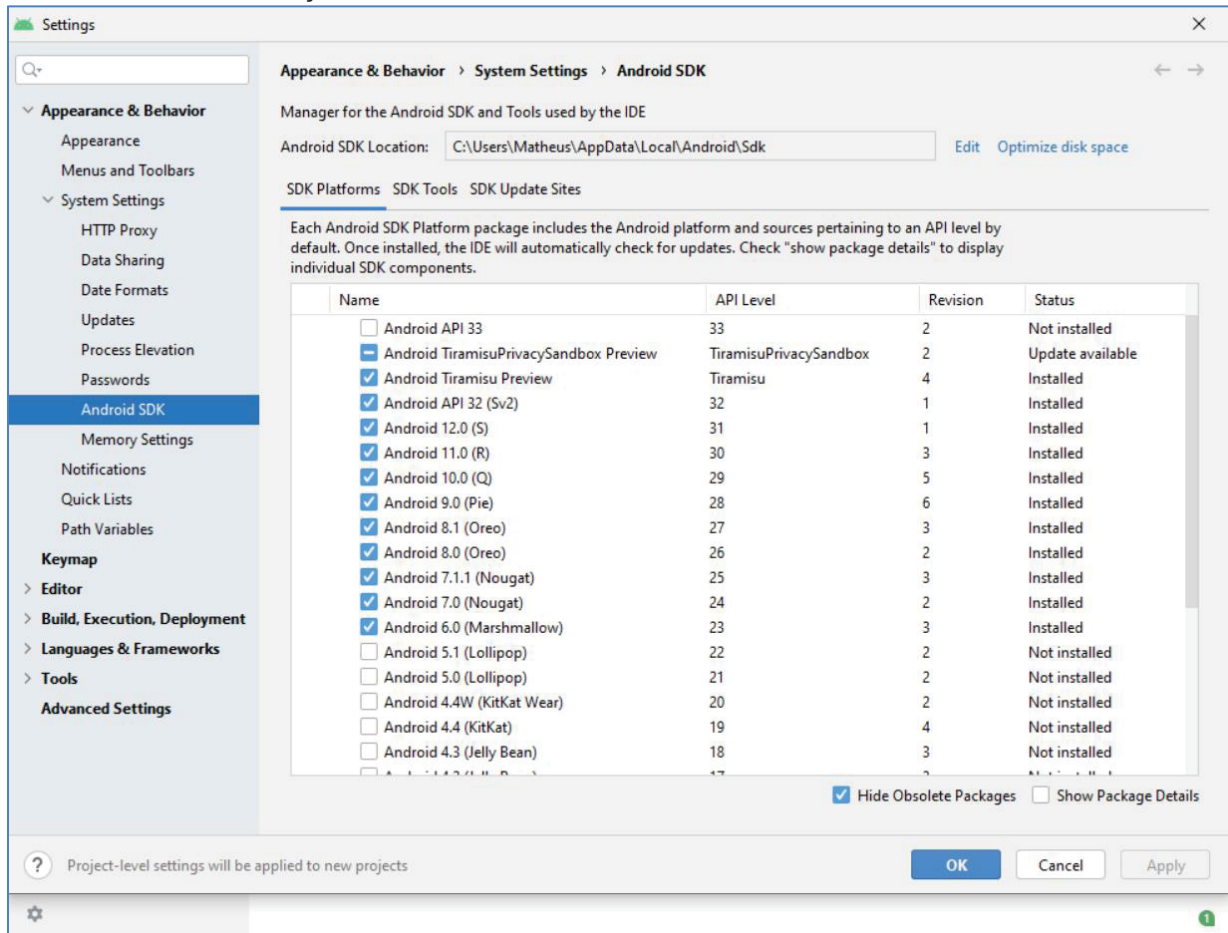
FONTE: O autor (2022)..

A próxima etapa é a instalação do SDK Vuforia Engine para o sistema operacional Android⁴. Isso foi realizado através do software Android Studio 2021.2.0.0.

⁴ Android: é um sistema operacional (SO) baseado no núcleo Linux, desenvolvido por um consórcio de desenvolvedores conhecido como Open Handset Alliance, sendo o principal colaborador o Google. Com uma interface de usuário baseada na manipulação direta, o Android é projetado principalmente

Na tela inicial do programa selecionou-se “More Actions”, então “SDK Manager”. Em “Appearance and Behavior”, no subitem “System Settings”, em “Android SDK”, selecionou-se as versões de sistema Android (Figura 8) para as quais era desejado instalar os pacotes de ferramentas de programação. Após isso, com a confirmação pelo botão “OK” a instalação foi realizada.

FIGURA 8 – SELEÇÃO DAS VERSÕES DE ANDROID A TEREM SEUS SDK INSTALADOS



FONTE: O autor (2022).

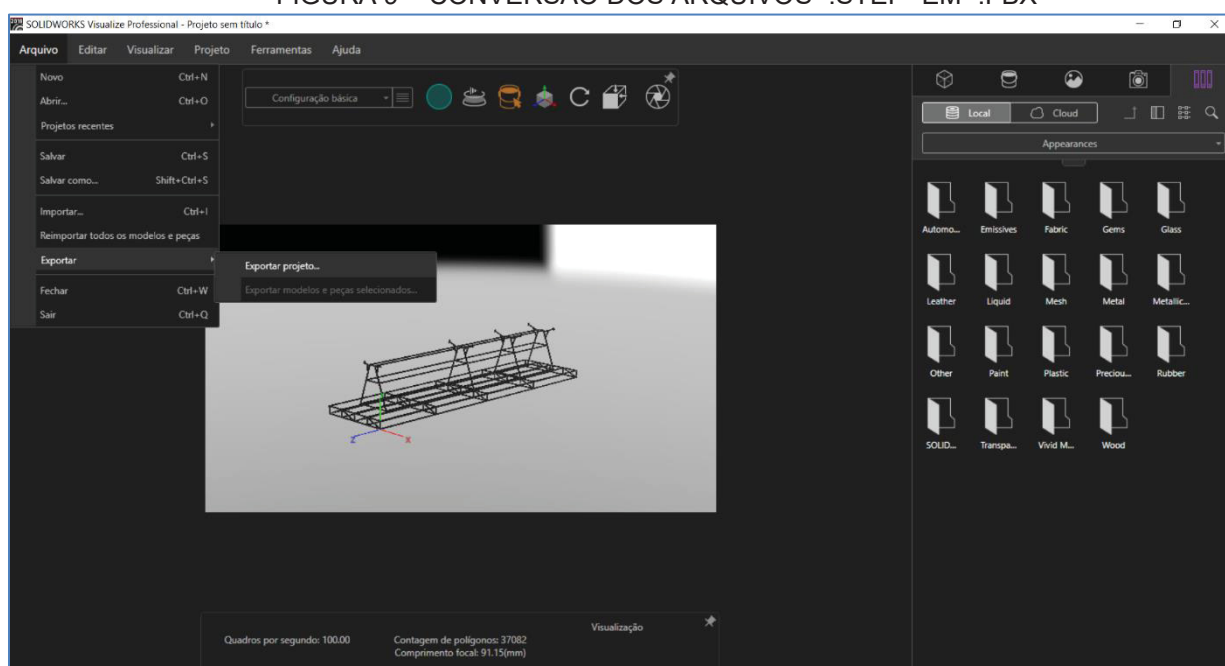
3.2.3. Conversão dos arquivos CAD

Os modelos 3D, respectivos às estruturas metálicas de embalagem, foram desenhados previamente a esse projeto, através do programa SOLIDWORKS 2018, esses modelos foram salvos em extensão “.STEP”. A fim de utiliza-los dentro da

para dispositivos móveis com tela sensível ao toque como smartphones e tablets. (BERTEL KING, 2016).

plataforma do *software* Unity 2018.4.36f1, converteu-se esses arquivos para a extensão “.fbx” através do programa SOLIDWORKS Visualize 2018. No botão “Arquivo”, selecionou-se “Exportar” e então “Exportar projeto”, conforme a Figura 9. Selecionou-se a extensão “.fbx”, ao invés da extensão “.obj”, para que os dados de aparência dos arquivos também fossem exportados, gerando um resultado visual mais agradável.

FIGURA 9 – CONVERSÃO DOS ARQUIVOS “.STEP” EM “.FBX”

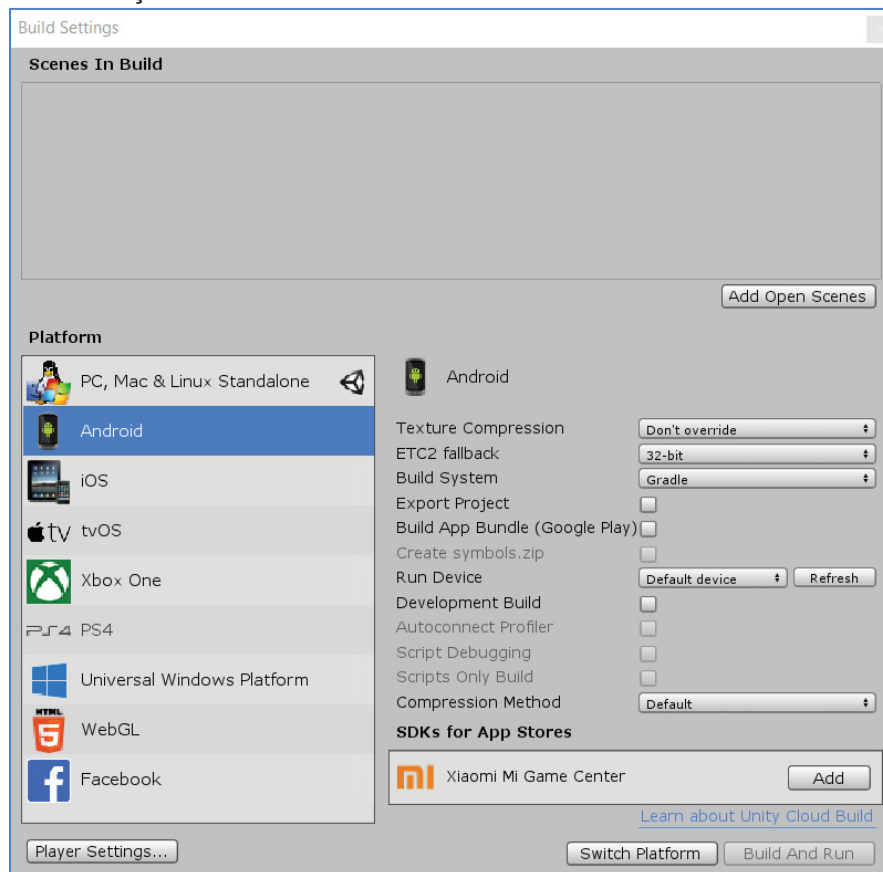


FONTE: O autor (2022).

3.2.4. Programação do aplicativo através do Unity 2018.4.36f1

Dentro do *software* Unity 2018.4.36f1, iniciou-se um novo projeto, através da seleção do botão “New”. Denominou-o de “Embalagens SERIES 2”, referenciando-se ao nome do produto que utiliza como embalagens as estruturas metálicas a serem visualizadas. Alterou-se a plataforma para que opere para o sistema Android selecionando-se as opções “File”, “Build settings”. Clicou-se em “Android” e então no botão “Switch Platform”, conforme a Figura 10.

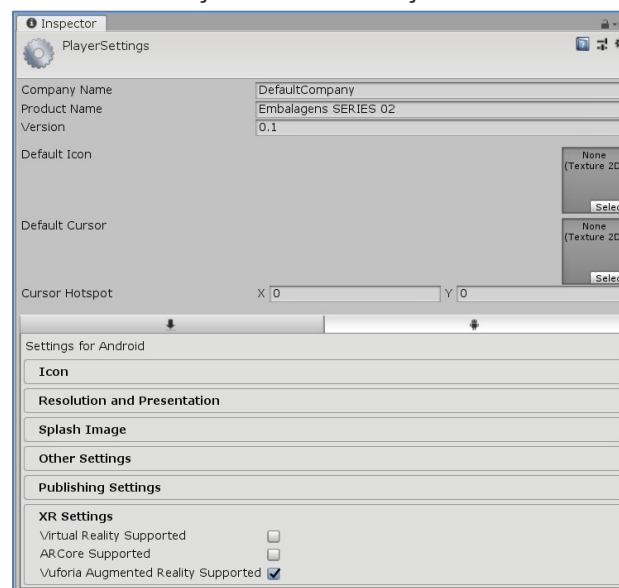
FIGURA 10 – ALTERAÇÃO DA PLATAFORMA DO UNITY 2018.4.36f1 PARA O SISTEMA ANDROID



FONTE: O autor (2022).

A etapa seguinte consistiu em selecionar o botão “Player Settings” e habilitar o uso do SDK Vuforia Engine clicando-se em “Vuforia Augmented Reality Supported” (Figura 11).

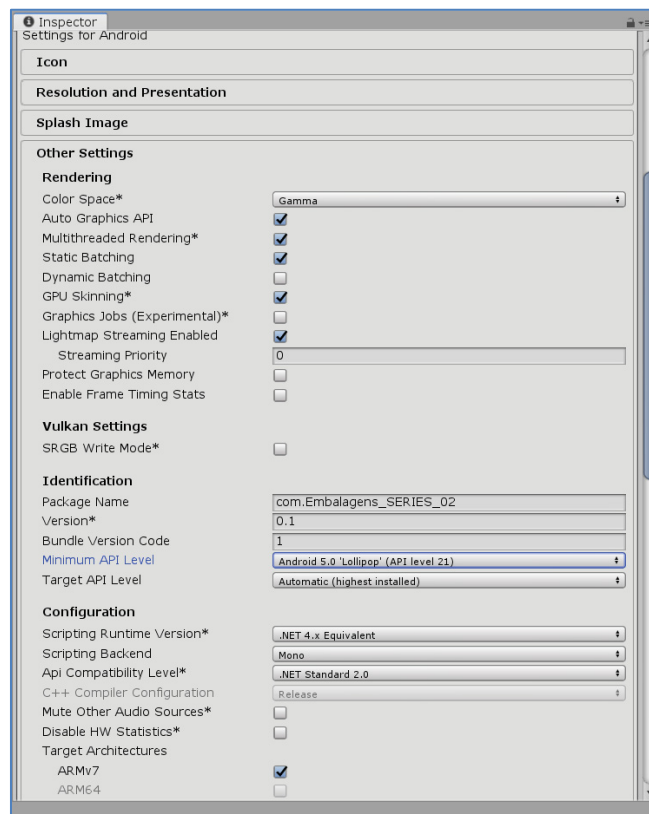
FIGURA 11 – HABILITAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO SDK VUFORIA ENGINE



FONTE: O autor (2022).

Em “Other Settings”, na seção “Identification” selecionou-se a versão mais antiga, em “Minimum API Level”, e a mais recente, em “Target API Level”, do sistema Android dentro do qual o aplicativo poderá ser executado (Figura 12). A opção de “Minimum API Level” como Android 5.0 foi realizada por ser a mais antiga presente nos dispositivos da empresa.

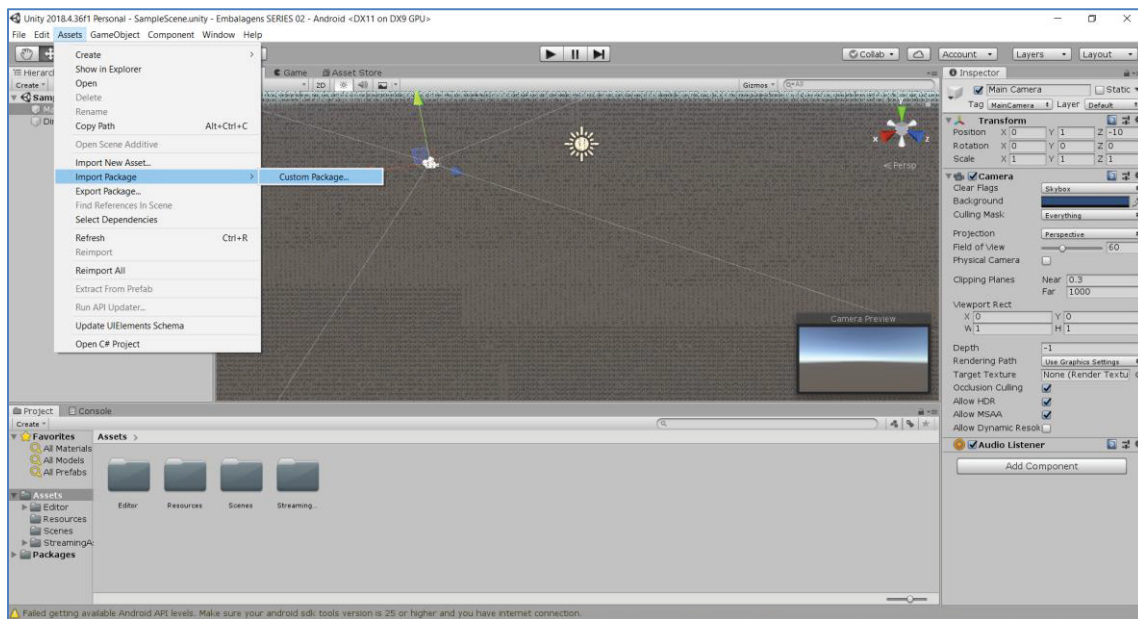
FIGURA 12 – SELEÇÃO DAS VERSÕES DE COMPATIBILIDADE DO SISTEMA ANDROID



FONTE: O autor (2022).

A importação da base de dados “App_Embalagem”, gerada nas etapas iniciais do projeto, foi realizada selecionando-se o botão “Assets”, então “Import Package” e “Custom Package”, posteriormente selecionando-se o referido arquivo de base, conforme Figura 13.

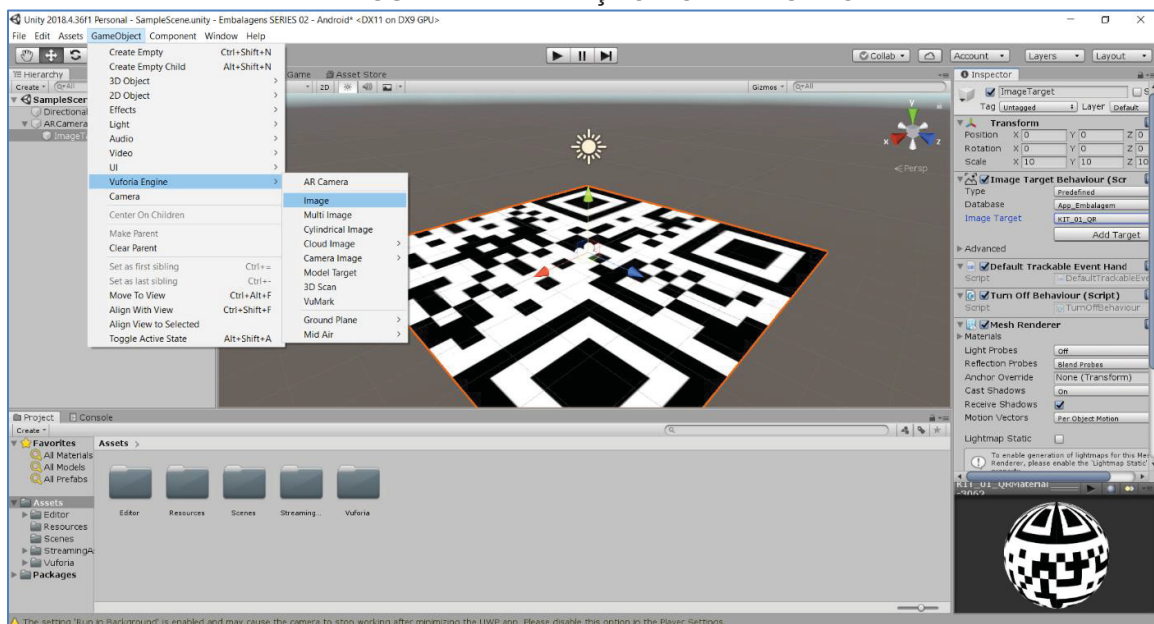
FIGURA 13 – IMPORTAÇÃO DA BASE DE DADOS



FONTE: O autor (2022).

Então deletou-se a câmera padrão do programa, “Main Camera”, adicionou-se uma câmera de Realidade Aumentada através da seleção da aba “GameObject”, do item “Vuforia Engine” e da opção “AR Camera”. Adicionou-se também o primeiro marcador, através dos passos descritos anteriormente, mas, por último, selecionando-se a opção “Image”, conforme Figura 14. Então alterou-se o nome padrão dado ao marcador, vinculando-o ao Kit e, assim, ao modelo 3D que seria a ele associado.

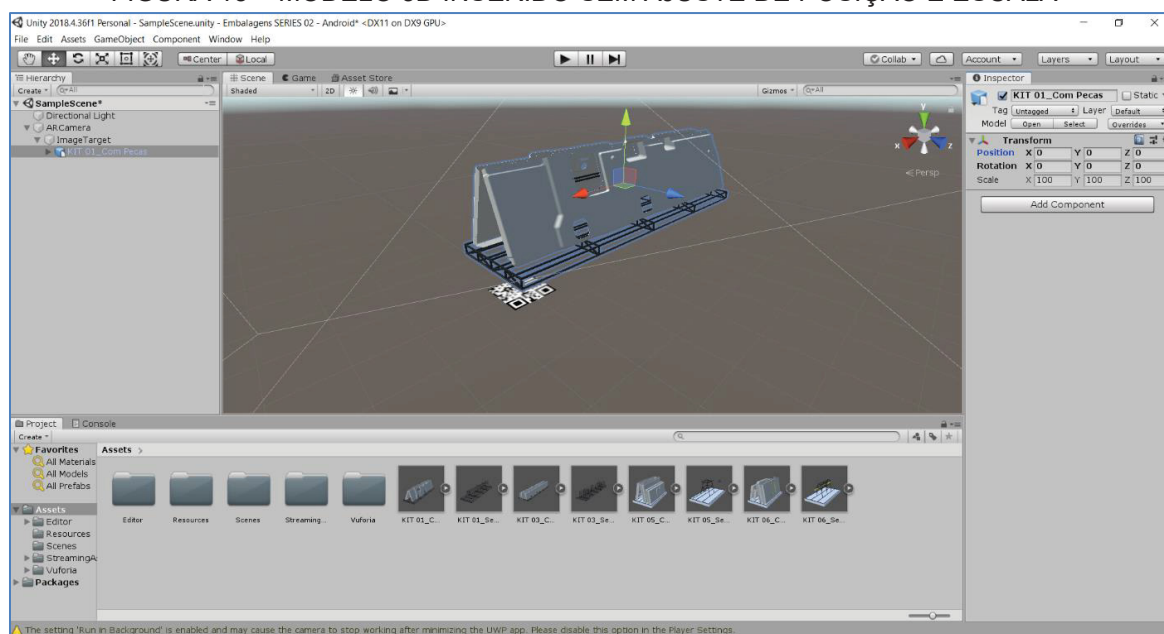
FIGURA 14 – INSERÇÃO DOS MARCADORES



FONTE: O autor (2022).

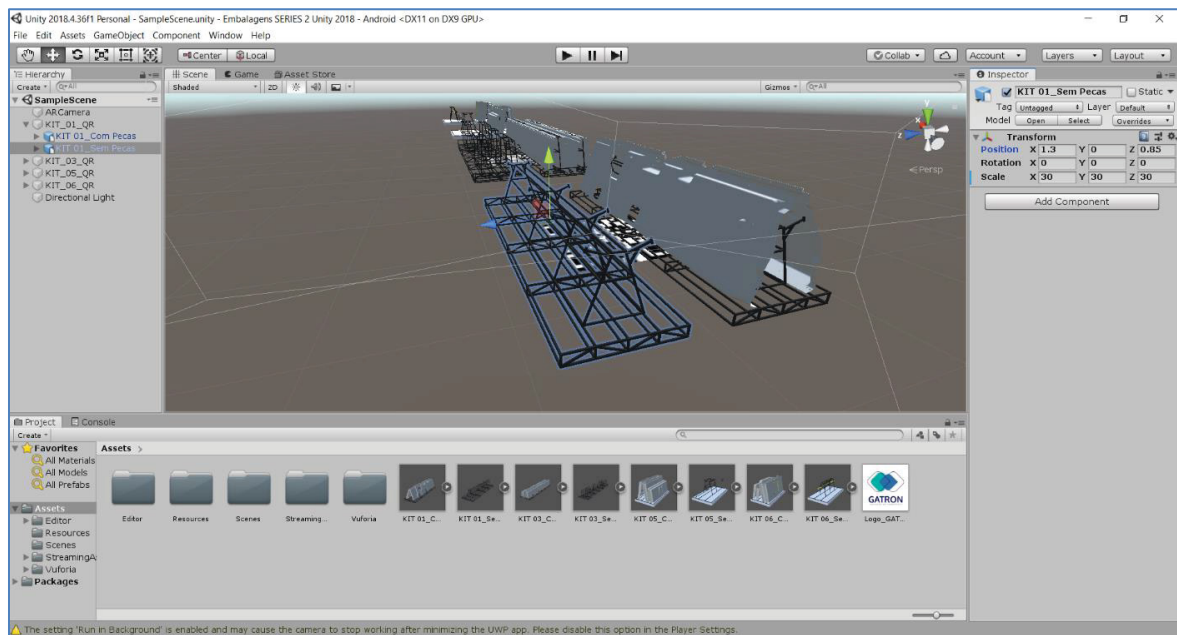
As etapas de inserção dos marcadores foram repetidas até que os quatro marcadores estivessem inseridos na área de trabalho do Unity 2018.4.36f1. Os arquivos com modelos tridimensionais das peças de cada conjunto montadas em suas estruturas de embalagem bem como somente das estruturas metálicas vazias, com extensão “.fbx” foram movidos para a pasta “Assets”, dentro da pasta raiz de onde o projeto “Embalagens SERIES 2” foi salvo. Assim, foi possível inseri-los nos respectivos marcadores, clicando-se em cada um e arrastando-os até o seu marcador. As posições e escalas dos modelos foram ajustadas de modo a utilizar marcadores impressos com 50mm de altura e 50mm de largura, junto às instruções de trabalho já existentes, e o usuário posicionando-os a aproximadamente 400mm de distância de seus olhos. Esses ajustes foram realizados na seção “Transform”, conforme exemplificado nas Figuras 15 e 16.

FIGURA 15 – MODELO 3D INSERIDO SEM AJUSTE DE POSIÇÃO E ESCALA



FONTE: O autor (2022)

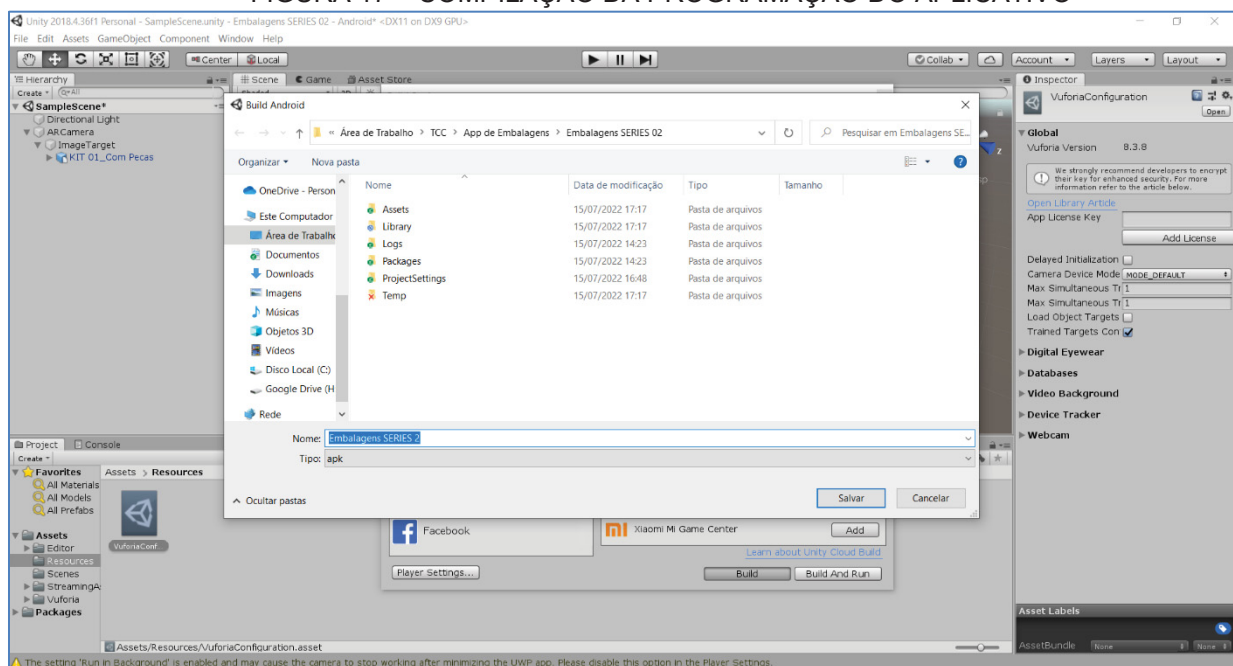
FIGURA 16 – MODELOS 3D INSERIDOS COM AJUSTE DE POSIÇÃO E ESCALA REALIZADOS



FONTE: O autor (2022).

Na sequência, a licença, gerada na primeira etapa desse projeto, foi inserida em “App License Key”, dentro da seção “Vuforia Configuration”. A última etapa dentro do *software* Unity 2018.4.36f1 foi a compilação da programação do aplicativo, realizada através do já descrito menu “Buil Settings”, clicando-se no botão “Build”. Na nova janela exibida, digitou-se o nome do arquivo do aplicativo (Figura 17).

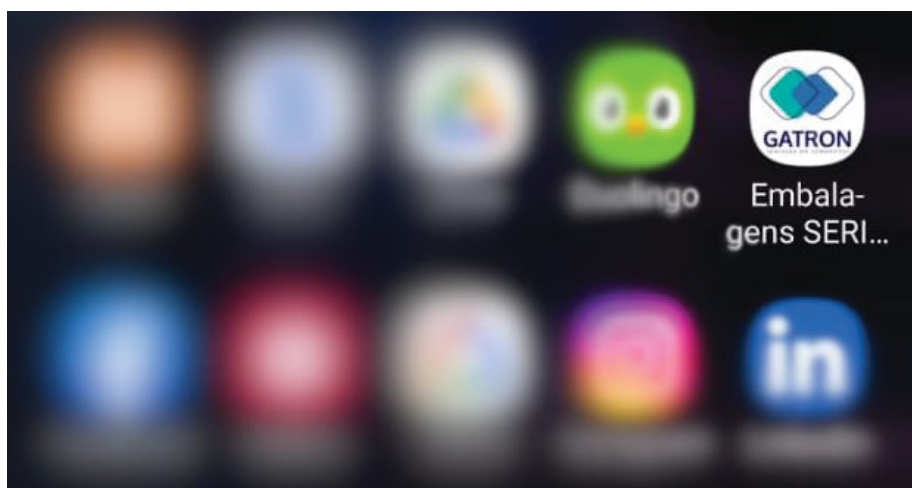
FIGURA 17 – COMPILAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO DO APLICATIVO



FONTE: O autor (2022).

As etapas finais consistiram em transferir o arquivo de extensão “.apk” gerado para o dispositivo móvel, no qual o aplicativo será executado, e instala-lo. Após isso, o resultado obtido foi o aplicativo “Embalagens – SERIES 2” na lista de aplicações pronto para ser utilizado, conforme Figuras 18, 19, 20, 21 e 22.

FIGURA 18 – APLICATIVO INSTALADO



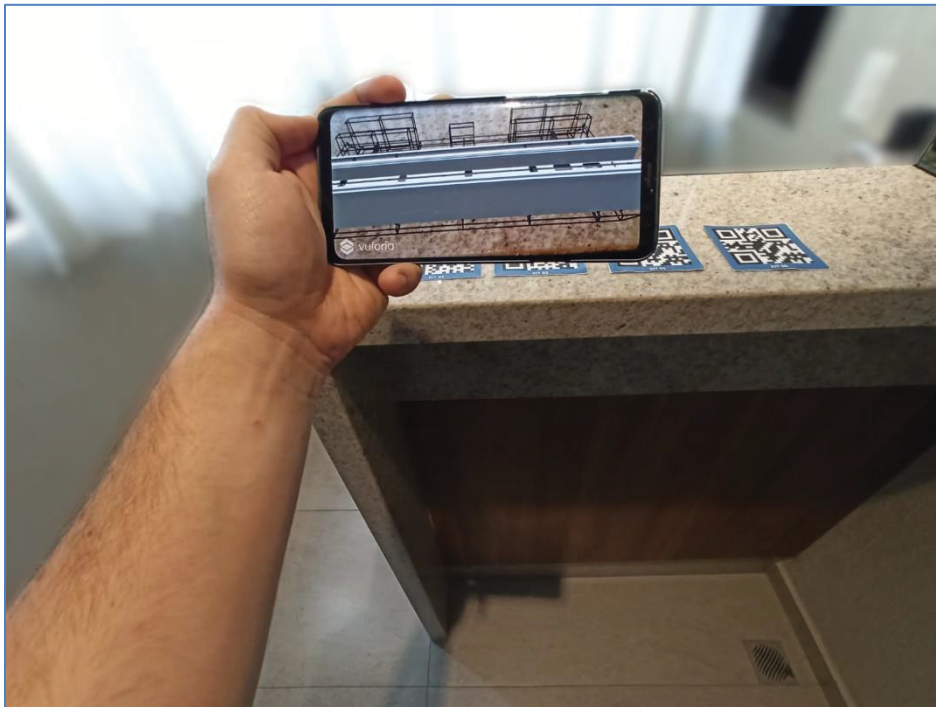
FONTE: O autor (2022).

FIGURA 19 – APLICATIVO EXIBINDO O KIT 01 E SUA EMBALAGEM



FONTE: O autor (2022)

FIGURA 20 – APLICATIVO EXIBINDO O KIT 03 E SUA EMBALAGEM



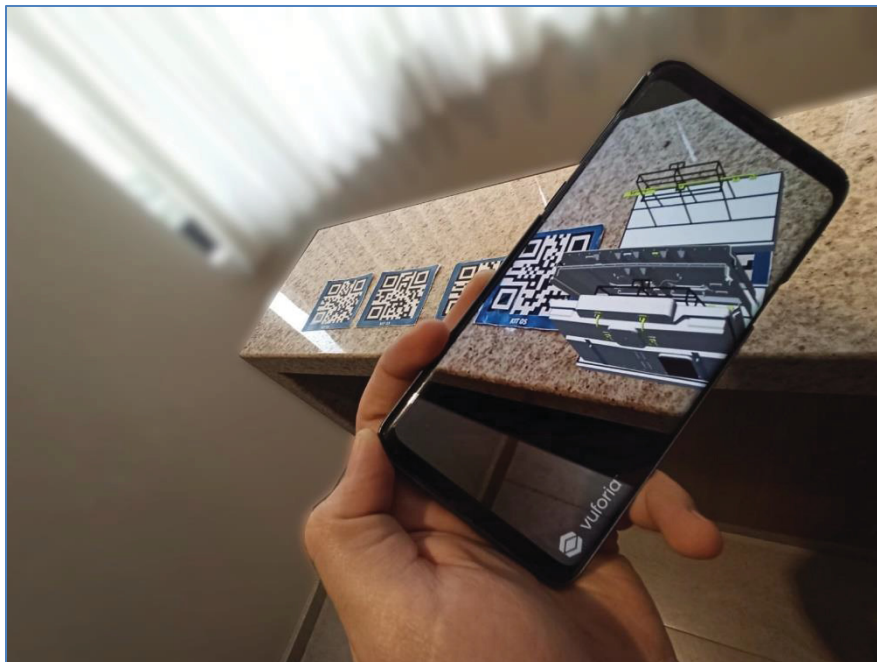
FONTE: O autor (2022)

FIGURA 21 – APLICATIVO EXIBINDO O KIT 05 E SUA EMBALAGEM



FONTE: O autor (2022)

FIGURA 22 – APLICATIVO EXIBINDO O KIT 06 E SUA EMBALAGEM



FONTE: O autor (2022)

3.3. VALIDAÇÃO DO PROJETO

A validação do aplicativo foi estruturada em duas etapas. A primeira consistiu na apresentação e discussão acerca da versão protótipo do aplicativo e do seu funcionamento para a equipe de engenharia responsável por projetar as estruturas metálicas para embalagem. Após a aprovação nessa etapa, passou-se para os primeiros testes em setor fabril. Disponibilizando-se um *tablet*⁵, com o aplicativo instalado, e quatro marcadores impressos, conforme modelos já mostrados nas Figuras 19, 20, 21 e 22, para que os operadores responsáveis pela fabricação das estruturas metálicas fizessem uso. Passou-se a monitorar, com maior frequência, a conformidade dessas estruturas em relação aos seus projetos e também monitorar a quantidade de consultas às áreas de apoio por parte dos operadores envolvidos. Após os processos de validação, caso o aplicativo seja aprovado, os marcadores serão incorporados às instruções de trabalho impressas e o aplicativo passará a ser um recurso padrão para o setor.

⁵ Tablet: dispositivo eletrônico portátil, fino e retangular, com ecrã tátil, usado para visualização e arquivo de vários tipos de ficheiros digitais, comunicação móvel, entretenimento, etc. (TABLET, 2019)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar da segunda etapa de sua validação ainda estar em andamento, reduções em itens não conformes nas estruturas de embalagem e no número de consultas aos setores de apoio por parte dos colaboradores do setor onde o aplicativo está em uso, são bons indicativos de que o mesmo é uma ferramenta funcional. A Realidade Aumentada propicia interagir com objetos virtuais de um modo diferente a qualquer outra tecnologia e desperta o interesse da maioria daqueles que a utilizam, demonstrando-se uma ótima ferramenta para melhorar o entendimento sobre aspectos construtivos de modelos tridimensionais de produtos reais. O aplicativo, fazendo uso da Realidade Aumentada, mostra-se um exemplo prático de emprego da tecnologia, resultando em aumento da eficiência de processo e economia de recursos dentro da indústria.

5. CONCLUSÕES

O principal objetivo do presente trabalho, desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis, que fizesse uso da tecnologia de Realidade Aumentada, como solução alternativa à complementação de instruções de trabalho impressas em meio físico, para ser utilizado no setor de embalagens da empresa onde o estudo foi aplicado, foi atingido satisfatoriamente.

Através de observações em campo de uma oportunidade de melhoria, do levantamento das necessidades, da pesquisa por recursos, da análise de viabilidade e da aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso de pós-graduação Lato Sensu em Experimentação Tridimensional, foi possível desenvolver um aplicativo de baixo custo, seguro, de fácil utilização e rápida implementação que contribuisse efetivamente para uma melhor assimilação do modelo tridimensional por parte de seu usuário.

Resultados positivos, como reduções em itens não conformes nas estruturas de embalagem e no número de consultas aos setores de apoio por parte dos colaboradores do setor envolvido, foram e continuam a ser coletados em torno dessa aplicação. Indicativos que já despertaram a discussão sobre a viabilidade da extensão do aplicativo para outros setores da empresa.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. L. P. **Cenários virtuais com um estudo de sincronismo de câmera**. 95 f. Dissertação (Mestrado), Departamento de Informática, PUC- RIO, Rio de Janeiro, 1999.
- AUTODESK Inc. Versão 3.5.4. Califórnia: A360 Acesse arquivos CAD , 2021. <http://www.autodesk.com/products/autodesk-360/overview>
- AUTODESK Inc. Versão 32.0.5 . Califórnia: Autodesk Viewer, 2020. <https://viewer.autodesk.com>
- AZUMA, Ronald. Recent Advances in Augmented Reality. **IEEE Computer Graphics and Applications**, p. 34-47, nov/dez 2001.
- BERTEL KING, Júnior. Is Android Really Open Source? And Does It Even Matter?. MakeUseOf. **MUO**. St.Laurent, Quebec, dez. 2021. *Disponível em:* <https://www.makeuseof.com/tag/android-really-open-source-matter/>. Acesso em: 19 de jun 2022.
- CAD ASSISTENT. Moulineaux, France: Open Cascade, 2021. <https://www.opencascade.com/>
- CADSoftTools. Versão 2.0. Alemanha: ShareCAD.s/d. <https://sharecad.org/pt>
- DUARTE, Valquíria Aparecida Rosa. **Ferramentas para a Modelagem de Ambientes Virtuais - Um estudo comparativo**. Universidade Federal de Goiás, 2006.
- FEINER, S; MACINTYRE, B.; HÖLLERER, T.; WEBSTER, T. **A touring machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment**. Cambridge, USA, 1997.
- GERADOR de Código QR. Disponível em: <https://www.the-qrcode-generator.com/pt/>. Acesso em: 15 abr 2022.
- HÖLLERER, T., FEINER, S., PAVLIK, J. **Situated Documentaries: Embedding Multimedia Presentations in the Real World**. In: **THIRD INT. SYMP. ON 26 WEARABLE COMPUTERS**. San Francisco, EUA, p. 79-86, outubro de 1999^a.
- HÖLLERER, T.; FEINER, S; TERAUCHI, T.; RASHID, G.. HALLAWAY, D. **Exploring MARS: Developing Indoor and Outdoor User Interfaces to a Mobile Augmented Reality System**. In: **COMPUTERS AND GRAPHICS**, 23(6), ELSEVIER PUBLISHERS, p. 779-785, dez.1999b.
- KATO, H.; BILLINGHURST, M.; POUPYREV, I. **ARToolKit Version 2.33**. Human Interface Lab, Universidade de Washington, 2000.
- KIRNER, Claudio; KIRNER, Tereza Gonçalves. Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada. In: **Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações**

e Tendências. Uberlândia - MG, Editora SBC – Sociedade Brasileira de Computação, Uberlândia-MG, 2011. Pp. 10-25.

KREVELEN, D.W.F. van; POELMAN, R. A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations. **The International Journal of Virtual Reality**, n. 9, 2010.

LAWTON, Stephen. Lawton, Intranets fuls growt of internet acess tools. **Digital News & Reviews** abr 1995, p. 20 e 21. Disponível em: https://www.afab.com/DNR_intranets.htm. Acesso em: 14 abr. 2022.

LEE, Kangdon. Augmented Reality in Education and Training. **TechTrends**, v. 56, p. 13–21, 2012.

MDN Web Docs. **Fundamentals of WebXR**. Retrieved 22 December 2021. 2021a. Disponível em: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebXR_Device_API/Fundamentals. Acesso em 20 abr. 2022

MDN Web Docs. **WebGL**. 2021b. Disponível em: https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/API/WebGL_API. Acesso em 20 abr. 2022

ONSHAPE. Boston, Massachusett: Onshape 3D CAD, 2022. <https://www.onshape.com/>

SIEMENS Product Lifecycle Management Software. Texas: JT2Go. 2022. <http://www.jt2go.com/>

VUFORIA Engine Developer portal. Disponível em: <https://developer.vuforia.com/>. Acesso em 14 abr de 2022.

TABLET. In Dicionário infopédia da Língua Portuguesa. Porto: Porto Editora, 2003-2019. Disponível em: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/tablet>. Acesso em 20 jun. 2022.

TORI, R.; KIRNER, C.; CISCOUTO, R. A. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Porto Alegre: SBC, 2006.

TORI, R.; KIRNER, C. Fundamentos de Realidade vitual. In: TORI, R.; KIRNER, C.; CISCOUTO, R. A. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Porto Alegre: SBC, 2006, p. 2-21.