

FOLHA DE PROCESSO DIGITALIZADA POR MEIO DE APLICATIVO DE REALIDADE AUMENTADA

Anthony Cecílio da Silva (FATEC SBC)

Roberto Monteiro da Silva (FATEC SBC)

William Aparecido Celestino Lopes (FATEC SBC)

Resumo

A aplicação de pilares da indústria 4.0 como a realidade aumentada em processos de industriais permite o aumento da eficiência das empresas ao auxiliar em atividades assertivas em processos de manufatura. A tecnologia aliada a boas práticas dentro do processo de fabricação junto a processos padronizados permite que os resultados fiquem dentro das referências esperadas. Este artigo possui como objetivo a digitalização de uma folha de processo em realidade aumentada utilizada na montagem de um sistema de transmissão e suspensão utilizado. A metodologia aplicada foi o estudo de caso aplicado a uma empresa que realiza a montagem de AGV com a utilização de folha de processo impressa sendo substituída por um aplicativo associado a um QR-Code desenvolvido para a operação de montagem. A partir do aplicativo utilizado nas operações foi possível digitalizar operações no formato de áudio, vídeo e simulações de montagens em 3D o que resultou na melhoria da compreensão das montagens e na redução de retrabalhos.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria 4.0, Realidade Aumentada, Folha de Processos, Digitalização.

Abstract

The application of industry 4.0 pillars such as augmented reality in industrial processes allows companies to increase their efficiency by assisting in assertive activities in manufacturing processes. Technology allied to good practices within the manufacturing process along with standardized processes allows the results to be within the expected references. This article aims to digitize a process sheet in augmented reality used in the assembly of a used transmission and suspension system. The methodology applied was the case study applied to a company that performs the assembly of AGV with the use of a printed process sheet being replaced by an application associated with a QR-Code developed for the assembly operation. From the application used in the operations, it was possible to digitize operations in the format of audio, video and 3D assembly simulations, which resulted in improved understanding of the assembly and a reduction in rework.

Keywords: Industry 4.0, Augmented Reality, Process Sheet, Digitization

1 INTRODUÇÃO

Atualmente há uma crescente no número de aplicações de pilares da indústria 4.0 em processos de manufatura. Nos últimos anos é possível observar uma grande ascensão e aceitação de ferramentas tecnológicas que tornam o processo produtivo mais eficiente, mais ágil, melhorando assim a competitividade do mercado. Para as indústrias, principalmente aquelas cujo produto é de alto valor, são fatores indispensáveis um processo eficiente e ágil. O sucesso destas empresas na atualidade, estão intimamente ligados a utilização de ferramentas digitais, reorganizando seus métodos de trabalho. (AZEVEDO, 2017).

O processo da Quarta Revolução Industrial, vem com a missão de tornar as empresas cada vez mais “inteligentes”, interligando TI (tecnologia da informação) com chão de fábrica junto ao compartilhamento digitalizado de dados e informações.

O uso das tecnologias tem auxiliado as empresas em seus processos produtivos, aliando a tecnologia da informação, para gerar e gerenciar dados, assim como agilizar processos, controlar a produção, planejar compras de materiais, gerenciar projetos, e

muitas outras atividades. Estas ferramentas fazem a indústria melhorar seu rendimento e ao mesmo tempo asseguram a qualidade. (REINER, 2014).

Com o crescente aumento de competição do mercado, torna-se cada vez mais necessário otimizar processos, deixando-os cada vez mais independentes entre si. Sendo assim, com o intuito de melhorar o entendimento das etapas do processo de montagem, foi realizado um estudo para digitalizar processos de montagem por meio de aplicativo de realidade aumentada, que mostra através de desenhos e vídeos os componentes, sequências de montagens e ferramentas utilizadas no processo, substituindo as folhas de processo de papel impresso.

Para uma melhor compreensão do processo e estudo da viabilidade da proposta de melhoria foram analisadas as etapas da folha de processo de montagem. Deste modo, esse trabalho pretende apresentar o aplicativo com auxílio de realidade aumentada utilizado na empresa FutureBot, nos processos de montagem do AGV, resultando no melhor entendimento e compreensão dos processos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Evolução dos processos de fabricação

Com a Revolução Industrial que se deu pela criação da máquina a vapor, de grande utilidade para movimentar máquinas de grande porte. As utilizações dessas máquinas revolucionaram os processos de fabricação utilizados na época. O desenvolvimento da eletricidade permitiu que fosse criado os motores elétricos, que passaram a ser utilizados cada vez mais nas máquinas operatrizes.

Com as Revoluções Industriais houve uma grande evolução nos processos fabris, com o surgimento de linhas contínuas de produção, principalmente na indústria automobilística. A constante descoberta de novos materiais, a questão ambiental e a robotização das indústrias, mostram a evolução dos processos de fabricação (IGLÉSIAS,1984).

2.2 Adequação de atividades a Indústria 4.0

A transformação digital impulsionada com o avanço da tecnologia, está transformando os processos industriais tradicionais, levando a uma revolução denominada por especialistas de indústria 4.0.

Com o objetivo de reduzir custos industriais, maior eficiência dos processos de produção e aumento da competitividade. Para a adequação são grandes os desafios, desde as equipes que devem ser detentoras de alto conhecimento técnico, dificuldade de investimento e equipamentos que possibilitem a digitalização dos processos, com isso, a adequação deverá ser gradativa para se adequarem ao novo modelo ainda que representem muitos ganhos de produção, podem demandar grandes investimentos e reformulação no layout (FERREIRA, 2014).

2.3 Necessidade de mudança para atender a novos projetos

Com as mudanças propostas pela indústria 4.0 o modo como é feito a gestão dos projetos teve que ser reavaliado devido as máquinas apresentarem a possibilidade de se conectarem e as informações a serem coletadas instantaneamente. Os dados obtidos são utilizados para tomar a decisão mais apropriada para o momento diante de projetos que precisam passar por mudanças para adequar-se ao novo modelo industrial.

Os pilares tecnológicos da indústria 4.0 estão ligados as fases do gerenciamento de projetos, o que exige uma formação que vai além dos modelos tradicionais adotados nos processos industriais (CARDOSO, 2014).

2.4 Qualificação da mão de obra da empresa

Com as mudanças propostas pela indústria 4.0, temos grandes desafios e um deles é a construção da competência humana, ou seja, preparar os profissionais para o contexto tecnológico, multifacetário e digital. Existe uma preocupação com a diminuição dos postos de trabalho, mesmo verificando o surgimento de novos postos de trabalho ligados às novas oportunidades, mas essa não é a principal questão, tem que investir em formação, capacitação, desenvolvimento tecnológico, instituições de ensino e capacitação para esse novo ambiente em que possa produzir novas soluções, novos setores econômicos e novos produtos (MILLANI, 2016).

2.5 Redução dos riscos de acidentes no desenvolvimento de atividades industriais

Com a proposta de que muitos processos de produção e atividades industriais podem ser automatizadas, com o objetivo de aumentar a eficiência, reduzir custos e dar maior controle ao que está sendo produzido, conseqüentemente, os riscos de acidentes aos quais os profissionais são expostos são diminuídos. Com o desenvolvimento a mão de obra vem sendo substituída por equipamentos e máquinas nas atividades que oferecem maiores riscos. A indústria 4.0 levou as possibilidades de produção com robôs, implementação com sensores e componentes que operem com a Internet das Coisas que proporciona um controle em tempo real e automatizado, além de oferecer um ambiente mais seguro e saudável para os funcionários.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Indústria 4.0

O termo Indústria surgiu pela primeira vez em 2011 e fez parte de um processo estratégico da indústria alemã fazendo uso de altas tecnologias com o intuito de aumentar a produtividade. No ano de 2012 o grupo responsável pelo projeto apresentou um relatório ao governo alemão traçando todas as estratégias para a implementação da indústria 4.0. No ano seguinte esse trabalho foi apresentado na feira de Hannover, onde apresentaram todos os passos necessários para uma indústria nesse formato 4.0 (BERTULUCCI, 2016).

Segundo recomendações, há alguns pontos que precisam ser seguidos para a obtenção do sucesso, que são (KAGERMANN, WAHLSTER e HELBIG, 2013):

- **Normalização:** a indústria 4.0 integrará negócios em rede, com a necessidade de padronização e uma estrutura para servir de modelo;
- **Infraestrutura de comunicação:** precisa ter uma boa comunicação de banda larga para o setor industrial, propiciando uma melhor troca de informações, de forma rápida entre os sistemas;
- **Segurança da informação:** deve evitar vazamento de informações com uma política de segurança para combater acessos não autorizados;

- **Reorganização do trabalho:** os processos serão monitorados em tempo real, onde todos os trabalhadores deverão exercer funções de decisão conforme necessidade do momento;
- **Regulamentação:** a indústria 4.0 precisa estar em conformidade com as leis, criar mecanismos para preservar o direito intelectual e a confidencialidade dos dados que estarão em circulação pela rede;
- **Utilização eficiente dos recursos:** Desenvolver estratégias de redução de custos com foco no uso eficiente dos recursos para se manter competitiva.

3.2 Processos de fabricação industriais

Processos de fabricação industriais são procedimentos realizados para transformar matéria-prima em um produto, seguindo normas ligadas aos conceitos de manufatura. Os processos de fabricação industriais podem ser classificados em: fundição, metalurgia do pó, soldagem, conformação mecânica e usinagem.

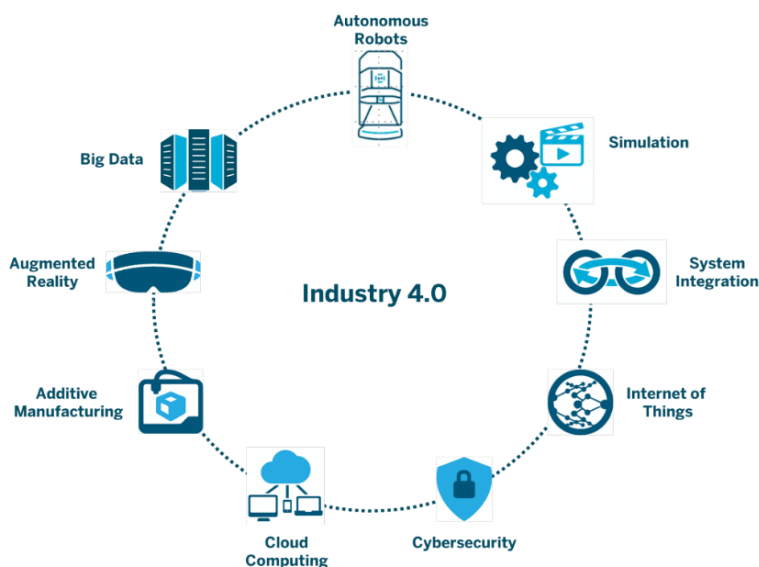
3.3 Novas tecnologias e demandas – redução do tempo de montagem

Com o uso de novas tecnologias nos processos industriais do setor produtivo, a análise dos dados em tempo real e o sensoriamento se tornaram essenciais para tomada de decisão e acompanhamento das linhas de produção. Com o monitoramento em tempo real de todos os processos industriais, aumentou a verificação de qualidade, com ajustes mais rápidos e precisos, garantindo um mínimo de falhas, menor redução de tempo e ganhando competitividade (KIRNER, 2007).

3.4 Pilar da indústria 4.0 – Realidade Aumentada

A indústria 4.0 possui nove ferramentas que se consolidaram como seus pilares o que pode ser observado na figura 1 (ESTÉVEZ, 2016).

Figura 1 – Pilares da indústria 4.0



Fonte: ISA Distrito (2016)

Dos nove pilares da indústria 4.0, vamos falar da realidade aumentada, que é a interação entre o mundo real e o virtual, que tem como objetivo inserir o usuário em um ambiente virtual, completamente distinto do mundo real, através de óculos de realidade virtual, onde é preciso acessar esse ambiente e interagir com o mesmo. Na realidade aumentada, a intenção é manter o usuário no mundo real com interações com os ambientes virtuais.

3.5 Integração entre atividades manuais e automatizadas

A integração entre as atividades permite a unificação dos sistemas de gerenciamento e o modo de conectar o chão de fábrica com o nível corporativo. Essa integração permite aumentar a produtividade, reduzir custos e uma maior flexibilização da produção (ARKTIS, 2016).

3.6 Importância dos Softwares de CAD e Realidade Aumentada

O CAD (Computer Aided Design) é um software de desenho que tem a proposta de trazer a computação para a engenharia, auxiliando no desenho e modelos de peças onde são definidas todas as geometrias necessárias para a manufatura (SOUZA,2013).

Os softwares permitem simulações, apresentação de projetos em três dimensões, a integração de informações, possibilitando muitas formas de visualização e diminuindo as possibilidades de erros (FIGUEIRA, 2002).

A integração entre os softwares de CAD e Realidade Aumentada permite que os projetistas visualizem seus projetos através de uma combinação dos mundos real e digital (PROCONCEPT, 2018).

Para o desenvolvimento do aplicativo utilizamos os seguintes softwares:

- **SOLIDWORKS:**

Software de computação gráfica que permite a criação de objetos no ambiente tridimensional, facilitando a visualização dos projetos de forma mais rápida e detalhada.

- **VISUALIZE:**

Software de renderização foto realística. Aplicado no projeto para a criação de fotos realistas, onde pode-se obter imagens do modelo 3D muito próximas ao produto final, utilizado também na criação de animações e geração de vídeos, demonstrando a montagem dos subconjuntos.

- **3DS MAX:**

Software de CAD 3D, amplamente utilizado para modelagem, animação e renderização. Aplicado no projeto para a importação dos arquivos 3D gerados pelo Solidworks, e exportação do Design do arquivo para (.fbx), assim possibilitando o vínculo com o Unity.

- **UNITY**

Multiplataforma utilizada para a criação de jogos em 2D e 3D, para diversas plataformas, como computadores, consoles de jogos, dispositivos móveis (como celulares), realidade virtual e aumentada. Aplicado no projeto para o desenvolvimento do ambiente virtual e criação da interface do aplicativo 3D.

- **VUFORIA**

Plataforma de desenvolvimento de realidade aumentada, que permite criar aplicativos para dispositivos móveis. Aplicado no projeto para a criação de aplicativo e detecção de objetos e reconhecimento de imagens, como QR-CODE.

Com a integração e estruturação dos softwares, temos o seguinte arranjo, como representado na Figura 2.

Figura 2 – Estruturação dos Softwares



Fonte: Autoria Própria

4 MÉTODOS

A análise inicial do trabalho foi uma pesquisa exploratória na empresa FutureBot analisando os seguintes aspectos:

- Acompanhamento em linha de produção para conhecimento do método atual;
- Mapeamento das etapas de montagem;
- Análise da influência da folha de processo na produção;
- Levantamento dos tempos de montagem e ajustes mecânicos;
- Custos e viabilidade de documentos físicos aplicados a elaboração e armazenagem;
- Falhas nos processos de montagem e operações.

4.1 Coleta e análise dos dados

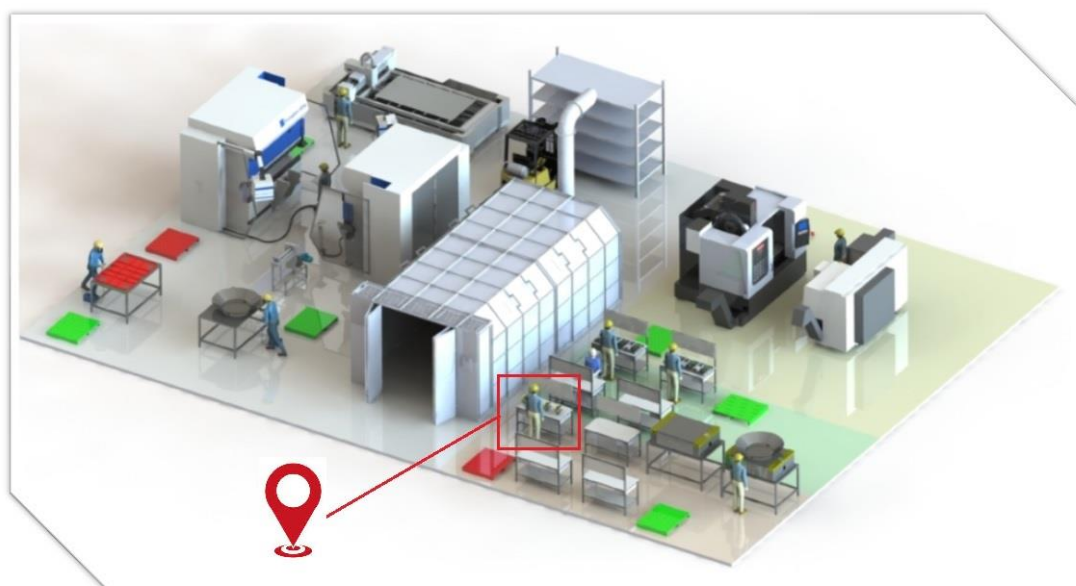
As coletas e análises dos dados foram obtidas numa empresa fabricante de robôs AGV, a FUTUREBOT, empresa sediada no município de São Bernardo do Campo, localizada em um ponto estratégico para sua operação. Inserida em um mercado altamente competitivo, mas se destaca por atender um nicho específico de mercado, o transporte de pneus.

A coleta dos dados envolveu o mapeamento das ordens de processo, fluxo de informações e áreas competentes pelo desenvolvimento desses documentos. Foram coletados custos com documentos físicos, custo de mão de obra, armazenagem,

impacto ambiental e satisfação dos usuários internos quanto a entendimento e satisfação.

A abordagem foi realizada no setor de montagem, que faz parte de um setor da empresa que pode ser visualizado na planta em 3D, conforme Figura 3.

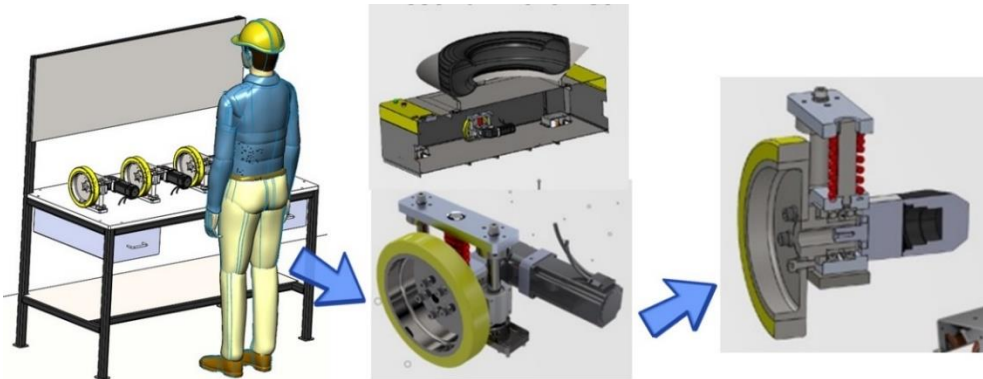
Figura 3 – Setor de Montagem



Fonte: Autoria Própria

Esse setor de montagem dispõe de bancadas onde são realizadas as atividades de montagem do sistema de transmissão, cujo sistema é responsável por tracionar e dar direção ao robô móvel, na vista em corte é possível ter um melhor entendimento das peças que compõem o conjunto, conforme pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 – Produto

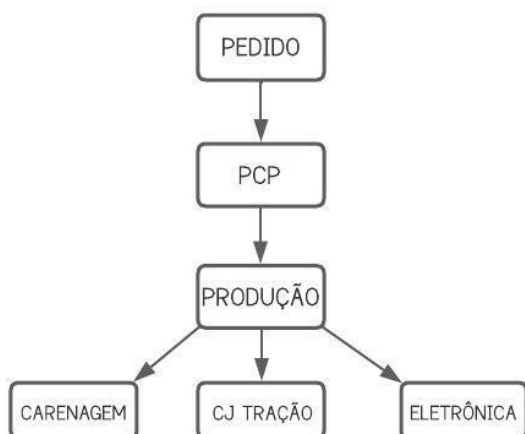


Fonte: Autoria Própria

4.2 Mapeamento das ordens de processo

Para viabilizar a folha de operação com realidade aumentada, foi feito um mapeamento de fluxo, desde a entrada do pedido até a saída do produto final. Com a integração dos dados, o pedido é enviado para o PCP que realiza a avaliação do pedido e a demanda dos materiais, logo depois é transferido para a manufatura, que é o responsável pelas folhas de processos e informações de montagens. A Figura 5 exemplifica o fluxo de informação:

Figura 5 – Fluxograma de informações



Fonte: Autoria Própria

4.3 Coleta das informações para criação da folha de processo

A coleta de dados foi feita de forma a contribuir para a melhoria contínua e eficiência da planta do robô móvel embasado em fatores como:

- Quantidade de folhas utilizadas no processo;
- Custos das impressões;
- Melhor visualização do processo de montagem;
- Insegurança dos dados;
- Melhor entendimento da operação a ser realizada;

A partir da coleta de dados da empresa foi elaborado uma nova folha de processo de montagem do sistema de transmissão do robô móvel que futuramente integrará parte da digitalização do aplicativo conforme a figura 6.

Figura 6 – Folha de Processo

Folha de Processo		Máq/Disp:
	Descrição da Operação: Montagem Roda	
	Setor: Montagem	Desenho FB.02.10.00.01
Célula: Bancada	Descrição da Peça: Roda + Motorização	Revisado: 23/03/23
Sequência de Operações	Meios de Segurança da Operação (OBRIGATORIO)	
- Montagem	Óculos Protetor Auricular Luva Sapato de Segurança	
Detalhamento da Operação:		
- Verificar os itens que serão montados; - Posicionar a roda e os parafusos; - Encaixar a roda no eixo e fixar com um parafuso; - Realizar todas as fixações; - Encaixar a motorização no mancal e fixar com um parafuso; - Realizar todas as fixações; - Colocar o conjunto montado na área determinada.		
Produto		
		
Elaborado por: Roberto Monteiro		05/03/2023
Aprovado por: Anthony Cecilio		05/03/2023

Fonte: Autoria Própria

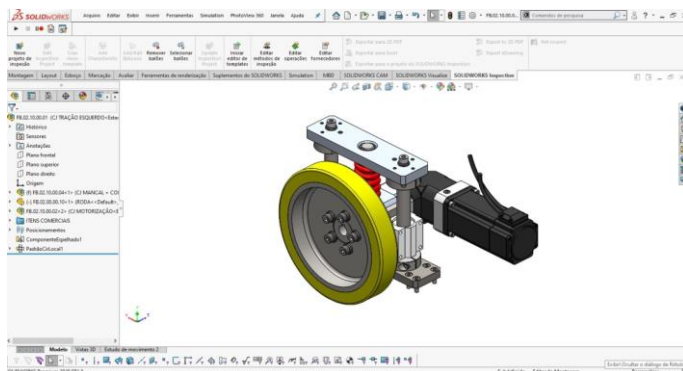
4.4 Criação dos objetos em 3D

As criações dos modelos em 3D foram desenvolvidas no software Solidworks, que é um software CAD (Desenho Assistido por Computador) para modelagem 3D, detalhamento de peças e criação de montagens de conjuntos e subconjuntos, programa este utilizado por projetistas e engenheiros. No ambiente do programa, a criação do modelo 3D começa com a definição de um modelo 2D, em seguida o mesmo é transformado em 3D. Para a criação do subconjunto utilizado no estudo foram realizadas as seguintes etapas:

- Modelamento das peças
- Montagem de conjunto e subconjuntos
- Detalhamento de peças
- Lista de peças e materiais

A Montagem final do sistema de transmissão do robô móvel da empresa FutureBot no software de modelamento 3D SolidWorks pode ser observado na figura 7.

Figura 7 – Criação objetos 3D



Fonte: Autoria Própria

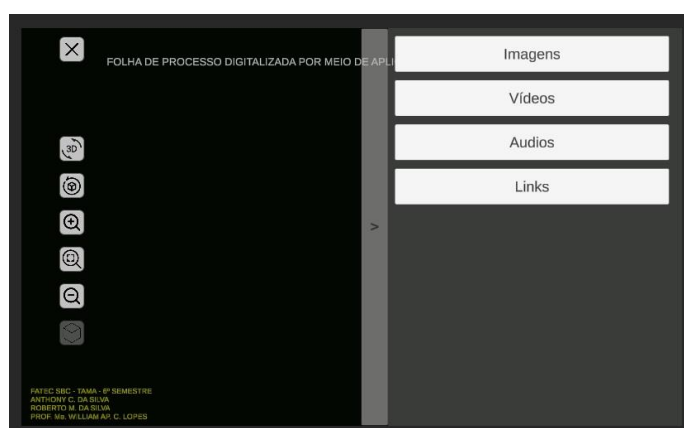
4.5 Inserção na realidade aumentada no aplicativo

A inserção na realidade aumentada é uma das principais funcionalidades do Unity, que permite integrar elementos virtuais ao mundo real, utilizando a câmara de

dispositivos móveis ou de outros dispositivos compatíveis com a tecnologia. Todo o layout do aplicativo foi desenvolvido com base nas necessidades de como as informações precisariam ser demonstradas ao usuário, inserindo assim as informações coletadas.

Cada informação apresentada no aplicativo possui grande relevância, foram elaboradas visando a facilitação de entendimento e agilidade dos processos conforme as funcionalidades apresentadas na figura 8.

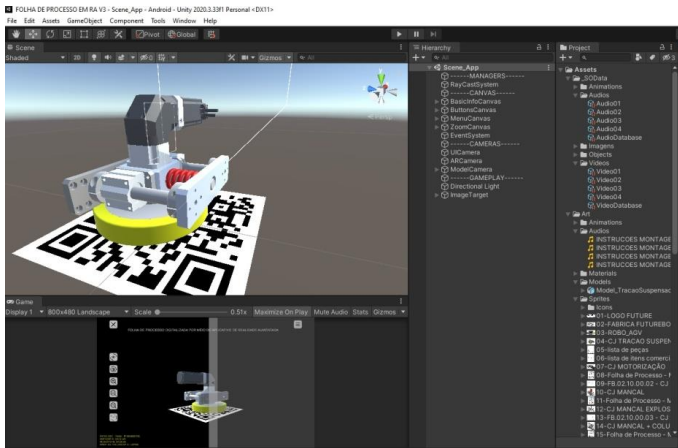
Figura 8 – Interface do Projeto



Fonte: Autoria Própria

Na figura 9 é apresentada a projeção do modelo 3D após a leitura do QR-Code, com a possibilidade de interação com o mesmo. As funções como rotacionar, aproximar e afastar são operações que podem ser visualizadas:

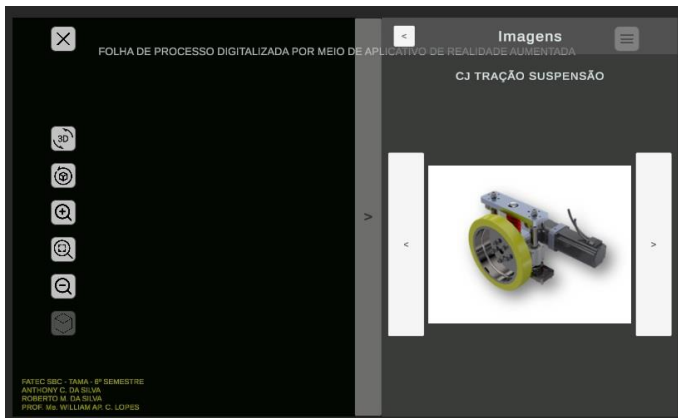
Figura 9 – Projeção do modelo 3D



Fonte: autoria própria

Para atender outra necessidade da empresa, a apresentação de imagens no aplicativo abordou as seguintes informações: imagem do setor de montagem, desenhos técnicos das montagens e peças, folhas de instruções sobre as montagens, listas de itens e ferramentas, conteúdo estes abordados na figura 10.

Figura 10 – Apresentação de Imagens



Fonte: autoria própria

Outro fator verificado durante as pesquisas e desenvolvido durante a elaboração do aplicativo foi a inserção de vídeos demonstrando as vistas explodidas de cada subconjunto a ser montado conforme a figura 11.

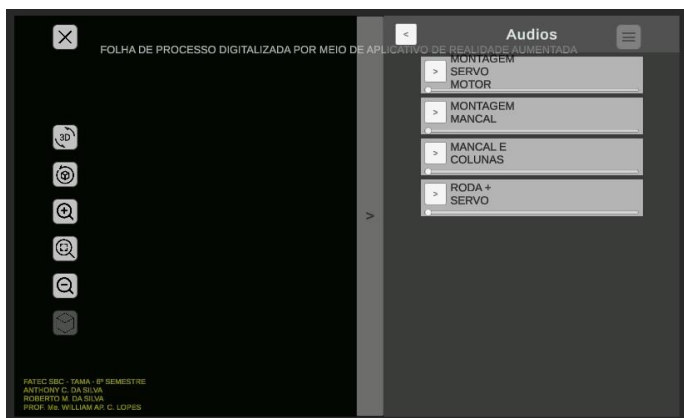
Figura 11 – Apresentação de Vídeos



Fonte: autoria própria

Devido à dificuldade de interpretação de alguns funcionários durante a montagem dos sistemas, fez-se necessário também a inserção de áudio descrições para facilitar a explicação referente a montagem dos subconjuntos por tópicos conforme apresentado na figura 12.

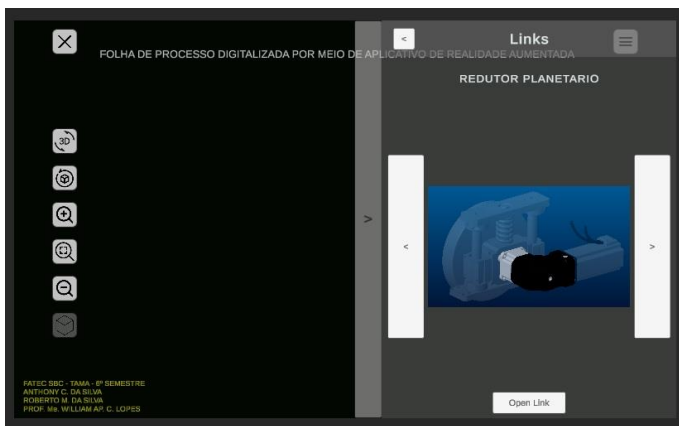
Figura 12 – Apresentação de Vídeos



Fonte: autoria própria

A dificuldade de acesso a manuais durante os processos de montagem incentivou a inserção de *links* associados a imagens, possibilitando consultar informações técnicas direto de sites de fabricantes via internet. Itens padronizados como servomotor, redutor planetário e molas podem ser observados na figura 13.

Figura 13 – Links de acesso à Internet

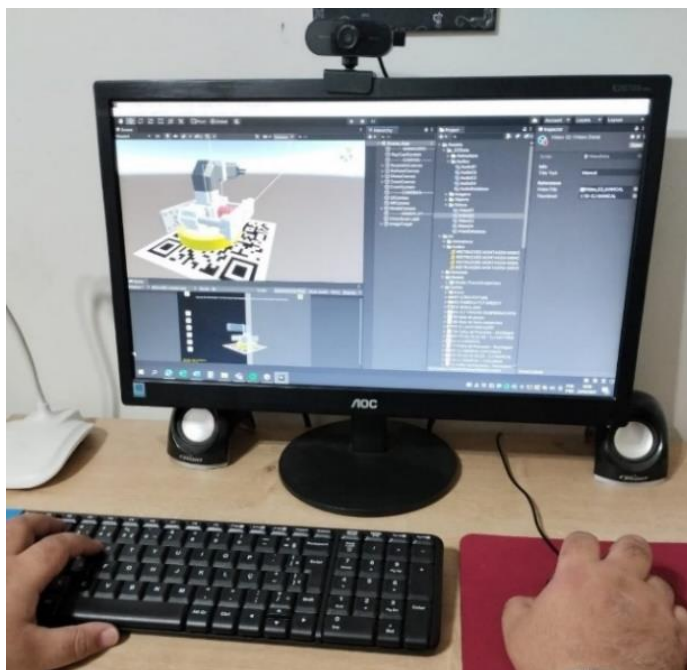


Fonte: autoria própria

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a conclusão das etapas de criação de cada ambiente que será utilizado no aplicativo, foi integrado todas as funcionalidades no software Unity, contendo procedimentos de montagem do sistema de transmissão do robô móvel da FutureBot junto a ferramentas e matérias-primas. O funcionamento dos ambientes no programa pode ser observado na figura 14.

Figura 14 – Testes em Software



Fonte: autoria própria

Conforme apresentado na Figura 15, foram realizando testes das funcionalidades do aplicativo, como a leitura do QR-Code, projeção do desenho 3D na tela, botões de controle do objeto 3D, menu de interação e arquivo na extensão APK.

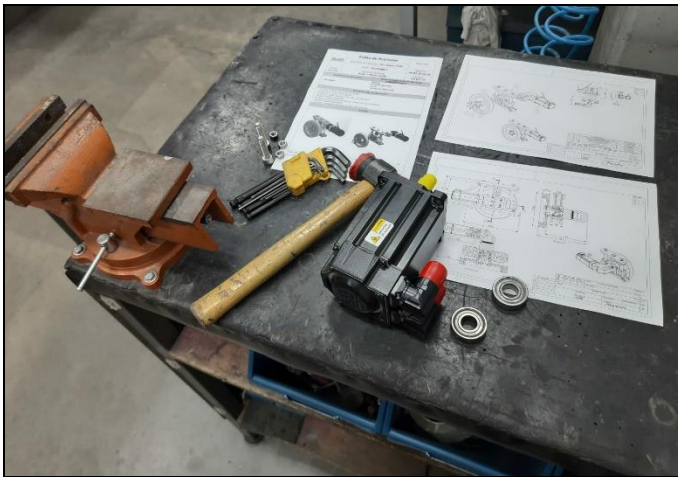
Figura 15 – Testes do Aplicativo



Fonte: autoria própria

A aplicação e validação do funcionamento do aplicativo foi realizada em campo, sendo aplicado testes em condições reais de funcionamento. Na Figura 16 pode-se observar o processo de montagem realizado de maneira tradicional. No processo tradicional o operador possui as folhas impressas e analisa os processos de forma não organizada.

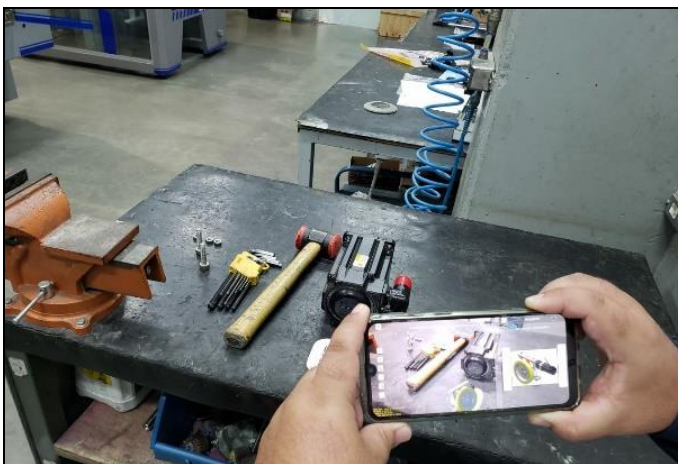
Figura 16 – Montagem Tradicional



Fonte: autoria própria

Na Figura 17 o processo é realizado via digitalização por meio do aplicativo de realidade aumentada. As informações necessárias são encontradas em um único dispositivo de forma organizada e com um menu interativo com direcionamento das atividades.

Figura 17 – Montagem Tradicional



Fonte: autoria própria

O aplicativo obteve êxito, atendendo todas as necessidades observadas no processo de montagem do sistema de transmissão do robô móvel da empresa FutureBot.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o crescimento exponencial do desenvolvimento de tecnologias de processamento, a Realidade Aumentada nos ajuda a mudar a percepção de mundo e o modo como é realizada a interação do ser humano com a tecnologia.

A Realidade Aumentada é uma tecnologia promissora e com grande potencial de transformação em diversos setores. É importante que sejam realizados estudos e debates sobre as implicações e possíveis limitações dessa tecnologia, para que ela possa ser utilizada de forma consciente e eficiente.

Este artigo teve como objetivo a digitalização de uma folha de processo em realidade aumentada para melhorar a compreensão dos processos de montagem e na redução dos retrabalhos. Entende-se que o objetivo foi atingido, já que a empresa FutureBot já utiliza a folha digitalizada no processo de montagem de transmissão e suspensão.

REFERÊNCIAS

ARKTIS. Indústria 4.0, **a Quarta Revolução Industrial**, 2016. Disponível em: <<http://artkis.com.br/a-quarta-revolucao-da-industria/>>. Acesso em: 07 out. 2022.

AZEVEDO, M. T. **Transformação Digital na Indústria**. Teses USP, 2017. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3142/tde-28062017-110639/pt-br.php>>. Acesso em: 9 out. 2022.

BERTULUCCI, C. S. **O que é Indústria 4.0 e como ela vai impactar Mundo**. Disponível em: <http://citisystems.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em 16 mar.2023.

CARDOSO, M.O. **Indústria 4.0: A quarta revolução industrial**, 2016. Disponível em: http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17086/1/CT_CEAUT_2015_08.pdf. Acesso em: 02 abril 2023.

ESTÉVEZ, R. **Lós 9 pilares de la Indústria 4.0**, 2016. Disponível em: <http://www.ecointeligencia.com/2016/06/9-pilares-industria-40-1/>. Acesso em: 18 out 2022.

FERREIRA, J.R.S. **Realidade Aumentada: Conceito, tecnologia e aplicações**, 2014. Disponível em: http://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/5907/1/3930_7645.pdf. Acesso em 25 março 2023.

FIGUEIRA, R. **CAD/CAM/CAE/CIM**. Projeto em Licenciatura em Computadores e Sistemas. Instituto Politécnico do Porto. 2002.

IGLÉSIAS, F. A Revolução Industrial. 5ª Edição, Editora Brasiliense, São Paulo, 1984.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0**, 2013. Disponível em: <http://www.acatech.de/de/publikationen/stellungnahmen/kooperationen/detail/artikel/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-40-final-report-of-the-industrie.html>. Acesso em: 10 set. 2022.

KIRNER, C.; ROBSON, S. **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações**, 2007. Disponível em: http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2007_svrps.pdf. Acesso em: 19 out. 2022.

MILLANI, R. **Como será o engenheiro do futuro?**, 2016. Disponível em: <https://blogs.siemens.com/conexaosiemens/stories/26320/>. Acesso em: 23 fev. 2023

PROCONCEPT. **O CAD do Futuro**. Disponível em: <http://www.proconcept.com.br/blog/o-cad-do-futuro/>. Acesso em: 18 ago. 2022.

REINER, A. **Industrie 4.0 - Advanced Engineering of Smart Products and Smart Production**. 9th October, 2014. ed. Piracicaba: International Seminar on High technology, 2014.

SOUZA, A. ULBRICH, C. **Engenharia Integrada por Computador e Sistemas CAD/CAM/CAE**. 2ª Edição, Editora Artliber, São Paulo, 2013.