



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

JOSÉ EDUARDO ARAÚJO LÔBO

A WEB AR COMO FERRAMENTA DE MEDIAÇÃO:
UMA ANÁLISE DE SUA APLICAÇÃO VOLTADA PARA A ATIVIDADE COGNITIVA
DO DESENHO TÉCNICO ATRAVÉS DA PROTOTIPAGEM VIRTUAL DE
PRODUTOS NA PRODUÇÃO CENOGRÁFICA.

Recife
2022

JOSÉ EDUARDO ARAÚJO LÔBO

A WEB AR COMO FERRAMENTA DE MEDIAÇÃO:

UMA ANÁLISE DE SUA APLICAÇÃO VOLTADA PARA A ATIVIDADE COGNITIVA
DO DESENHO TÉCNICO ATRAVÉS DA PROTOTIPAGEM VIRTUAL DE
PRODUTOS NA PRODUÇÃO CENOGRÁFICA.

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Design, da
Universidade Federal de Pernambuco,
para a obtenção do grau de Mestre em
Design de Artefatos Digitais.

Área de concentração: Planejamento e
Contextualização de Artefatos

Orientador: Prof. Dr. Sc. Walter Franklin M. Correia.

Recife

2022

Catálogo na fonte
Bibliotecária Lillian Lima de Siqueira Melo – CRB-4/1425

L799w Lobo, José Eduardo Araújo
A web ar como ferramenta de mediação:
uma análise de sua aplicação voltada para a atividade cognitiva
do desenho técnico através da prototipagem virtual de
produtos na produção cenográfica. / José Eduardo Araújo Lobo. –
Recife, 2023.
273f.: il., fig., tab.

Sob orientação de Walter Franklin Marques Correia.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro
de Artes e Comunicação. Programa de Pós-Graduação em Design, 2023.

Inclui referências e anexos.

1. Planejamento e Contextualização de Artefatos. 2. Realidade
aumentada móvel. 3. Prototipagem virtual.
4.Desenho técnico. 5. Design cenográfico. 6.Habilidades espaciais. I.
Correia, Walter Franklin Marques (Orientação). II. Título.

745.2 CDD (22. ed.) UFPE (CAC 2023-73)

JOSÉ EDUARDO ARAÚJO LÔBO

A WEB AR COMO FERRAMENTA DE MEDIAÇÃO:

UMA ANÁLISE DE SUA APLICAÇÃO VOLTADA PARA A ATIVIDADE COGNITIVA
DO DESENHO TÉCNICO ATRAVÉS DA PROTOTIPAGEM VIRTUAL DE
PRODUTOS NA PRODUÇÃO CENOGRÁFICA.

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Design, da
Universidade Federal de Pernambuco,
para a obtenção do grau de Mestre em
Design de Artefatos Digitais.

Área de concentração: Planejamento e
Contextualização de Artefatos

Aprovada em: 16/01/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Walter Franklin Marques Correia (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. João Marcelo Xavier Natario Teixeira (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Rafael Rieder (Examinador Externo)
Universidade de Passo Fundo (UPF)

RESUMO

Entre as principais tecnologias imersivas, a Realidade Aumentada é uma das mais promissoras e capacitadoras para apoiar designers em ambientes de produção. Esta dissertação investiga a aplicação da realidade aumentada móvel, baseada na Web, como uma ferramenta de mediação voltada a atividades cognitivas de leitura e compreensão de Desenhos Técnicos na produção e montagem, em projetos *Tailor Made*, da indústria cenográfica rotulada como DT Aumentado. A realidade aumentada transcende barreiras como a linguagem, permitindo a equidade comunicacional entre profissionais de diferentes níveis de compreensão projetual. Neste contexto, a pesquisa apresenta um método para usar-se o DT Aumentado para melhorar a leitura de desenhos técnicos, buscando eficiência sobre a visualização de modelos, e troca de informações entre profissionais, envolvidos nos processos de design, produção e montagem de produtos, no âmbito da cenografia. Esta ferramenta de mediação foi desenvolvida usando plataformas Web AR, compatíveis com bibliotecas nativas (ARCore e ARKit) para garantir, em primeiro lugar, compatibilidade com dispositivos comumente usados para os quais os trabalhadores ou empresas possam ter acesso e, em segundo lugar, para aproveitar técnicas de rastreamento híbrido que combinam visão e sensores para melhorar a confiabilidade de visualização da realidade aumentada. O DT Aumentado proposto adota múltiplas técnicas de rastreamento e de navegação a fim de ampliar componentes de Habilidades Espaciais, para assim, proporcionar maior liberdade exploratória aos usuários. O processo de pesquisa decorreu à luz do *Design Science Research Methodology* e o modelo DSR-Model, uma vez que buscou desenvolver uma solução para um problema prático, assim como produzir conhecimento a partir desse processo. Experimentações de campo foram realizadas em duas empresas reais, com usuários finais em seus respectivos dispositivos móveis, a fim de avaliar usabilidade e intenção comportamental, por meio dos questionários de Aceitação, Intenção e Uso da Tecnologia; e de carga de trabalho mental percebida, NASA-TLX (*Task Load Index*). Os resultados experimentais mostram que a adoção desta ferramenta reduz a carga cognitiva no processo de leitura de desenhos técnicos e compreensão dos projetos. Em geral, sua usabilidade e intenção de uso fornecem níveis significativos de satisfação, sendo aceita positivamente por todos os participantes envolvidos no estudo.

Palavras-chave: realidade aumentada móvel; prototipagem virtual; desenho técnico; design cenográfico; habilidades espaciais; design science.

ABSTRACT

Among the leading immersive technologies, Augmented Reality is one of the most promising and empowering to support designers in production environments. This dissertation investigates the application of mobile augmented reality, based on the Web, as a mediation tool focused on cognitive activities of reading and understanding of Technical Drawings (labeled DT Aumentado) in the production and assembly for Tailor Made projects of the scenographic industry. Augmented reality transcends barriers such as language, allowing communicational equity among professionals of different levels of project development understanding. In this context, the research presents a method to use the DT Aumentado to improve the reading of technical drawings, seeking efficiency on the visualization of models and the exchange of information between professionals, involved in the processes of design, production and assembly of products, in the scope of scenography. This mediation tool was developed using Web AR platforms, compatible with native libraries (ARCore and ARKit) to ensure, first, compatibility with commonly used devices that workers or businesses can access, and secondly, to leverage hybrid tracking techniques that combine vision and sensors to improve the reliability of augmented reality viewing. The proposed DT Aumentado adopts multiple tracking and navigation techniques in order to expand Space Skills components to provide greater exploratory freedom to users. The research process took place in the light of *the Design Science Research Methodology* and the DSR-Model, since it aimed to develop a solution to a practical problem, as well as to produce knowledge from this process. Field experiments were conducted in two real companies, with end users on their respective mobile devices, in order to evaluate usability and behavioral intent, through the Acceptance, Intent and Use of Technology questionnaires; and perceived mental workload, NASA-TLX (Task Load Index). The experimental results show that the adoption of this tool reduces the cognitive load in the process of reading technical drawings and project's understanding. In general, it's usability and intent to use provide significant levels of satisfaction, being positively accepted by all participants involved in the study.

Keywords: mobile augmented reality; virtual prototyping; technical drawing; scenic design; spatial ability; design science.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – O Contínuo da Realidade-Virtualidade (<i>Reality-virtuality continuum</i> , termo original).	22
Figura 2 – Número de usuários de RAM em todo o mundo de 2015 a 2023 (em bilhões).....	23
Figura 3 – Oportunidade construtiva x Intervenção destrutiva.	26
Figura 4 - Assunto de DSR: um artefato interagindo com um contexto.....	29
Figura 5 – Rede de países (a dimensão dos pontos nodais representa centralidade).	33
Figura 6 – Custos de alteração de projeto ao longo do ciclo de desenvolvimento de produto.	35
Figura 7 – Modelo-DSR: elementos centrais e revisão da literatura para suas fundamentações.....	37
Figura 8 – Caracterização do Artefato.....	39
Figura 9 – Objeto da Design Science: um artefato interagindo com um contexto	40
Figura 10 – Visualização de uma rede de citações de 508 publicações sobre o tema de realidade aumentada e o design. Apenas as 80 publicações citadas com mais frequência são incluídas na visualização.....	44
Figura 11 – Identificação dos <i>Clusters</i> (agrupamentos).	45
Figura 12 – Drill Down do Grupo 1, com 39 publicações e 49 links.	45
Figura 13 – Drill Down do Grupo 2, com 25 publicações e 26 links.	46
Figura 14 – Representação da Reality-Virtuality Continuum que mostra a relação entre RA e RV e define a área de Realidade Mista (RM).....	49
Figura 15 – Áreas de aplicações atuais e futuras da Web AR.	50
Figura 16 – Evolução histórica da Realidade Aumentada.	50
Figura 17 – Modalidades de gatilhos de entrega para uma experiência na WebAR.....	51
Figura 18 – Tarefas de framework de sistema RA, genérico.	52
Figura 19 – Processo da RAM.	53
Figura 20 – Reconhecimento dos pontos-chaves. Através da <i>User Experience/Interface</i> (UX/UI), os usuários interagem com a experiência aumentada, incluindo ensiná-los quando e como digitalizar	

	(esquerda), quando e onde colocar os modelos virtuais (central), e fornecer feedback visual para cada uma dessas etapas (direita).	54
Figura 21	– Técnicas de exibição visual e posicionamento.....	58
Figura 22	– Sistemas portáteis de RA baseados em smartphones e tablets exibem sobreposições de informações e conteúdo digital vinculado a objetos físicos e locais. No exemplo mostrado, o aplicativo para tablet é capaz de reconhecer um ícone RA embutido na ilustração montada na parede para revelar um modelo 3D de uma alça de válvula, que permanece estável enquanto o usuário move o tablet.	59
Figura 23	– Desempenho e suporte de tecnologias habilitadoras da Web (<i>WebAssembly</i> , <i>WebGL</i> , <i>WebRTC</i> e <i>Web Workers</i>) para aplicação na Web AR, analisados até dezembro de 2018. Os números indicam apenas as versões de cada navegador, enquanto as cores determinam de fato a compatibilidade.....	61
Figura 24	– WebGL 2.0 - Próxima versão do WebGL. Baseado no OpenGL ES 3.0. Acima, relatório de suporte ao WebGL 2.0 para cada versão dos navegadores. Abaixo, uso relativo predominante da versão de cada navegador.	62
Figura 25	– Complexidades Computacionais, de Armazenamento e Rede para os três mecanismos de implementação da Realidade Aumentada Móvel (RAM).	64
Figura 26	– Mecanismos de Rastreamento Natural, baseado em características 2D/3D - reconhece e rastreia imagens planas (esquerda) e objetos 3D (direita), em tempo real.....	66
Figura 27	– Interface de UX (<i>User Experience</i>) com menu flutuante estático, aplicada para interagir com diferentes efeitos holográficos aumentados a partir de um mesmo alvo.	69
Figura 28	– Visualização dos Eixos X, Y, Z e os parâmetros de movimento (pitch, roll, yaw), respectivamente.	71
Figura 29	– Framework de funcionamento do Pixel Streaming (plataformas de computação terceirizadas).	73
Figura 30	– Relação entre design de interação, interação humano-computador (IHC) e outras abordagens. As setas duplas significam sobreposição.....	76

Figura 31 – Google Earth: um exemplo de interface Panorâmica + Detalhe. A visualização panorâmica do globo no canto da tela permite o usuário de visualizar o contexto da região detalhada. Além disso, a plataforma utiliza do Zoom com transição animada e velocidade cautelosamente calibrada para reduzir a carga cognitiva entre foco e contexto. Da esquerda para a direita, Contexto panorama, transição (zoom) animada e foco.	80
Figura 32 – Exemplos de abordagens para apresentação da informação - da esquerda para a direita, respectivamente: Powerpoint com vista Panorâmica + Detalhe; Alvo de movimento por distorção (Mac OS); técnica de sugestão focal com desfoque de profundidade de campo (DOF, <i>depth-of-field</i>); técnica de sugestão contextual com uso de círculos na tela, indicando novos pontos de interesse focais.....	81
Figura 33 – Sistema de Codificação Espacial, Alocêntrico e Egocêntrico.....	82
Figura 34 – Framework teórico: dimensões das habilidades de visualização e suas previsibilidades de implementação.	83
Figura 35 - Framework conceitual de classificação de EOR para o uso da RA.	89
Figura 36 – Sub-componentes da Habilidade/Capacidade espacial.	92
Figura 37 – Exemplo de PV em RA.....	99
Figura 38 – Pessoas, práticas, problemas e artefatos. Estrutura, função e ambiente.	105
Figura 39 – Etapas metodológicas (DSRM) e o Modelo-DSR.....	109
Figura 40 - Esquema de design e desenvolvimento do artefato, baseado em métodos ágeis.....	118
Figura 41 – Subcomponentes e testes de medição das Habilidades Espaciais....	124
Figura 42 – Exemplos do MRT de Vandenberg (Vandenberg, 1978).....	125
Figura 43 – Exemplo do teste D.A.T:SR5.	125
Figura 44 – Exemplo do PT/SOT - <i>Perspective Taking-Spatial Orientation Test</i> . .	126
Figura 45 – Configuração espacial dos setores funcionais de produção, empresa Ceno Mais. Imagem superior, visão geral. Imagem inferior, pontos nodais de revisão/ alinhamento projetual.	136
Figura 46 – Estrutura Baluarte: segmentação setorial da linha de produção.	137
Figura 47 – Organograma funcional de produção, Baluarte.....	139

Figura 48 – Estação de trabalho para consultas/acompanhamentos projetuais, Ceno Mais.	141
Figura 49 – Estação de usinagem, Baluarte. Na imagem, impressão A4 extraído do DT para confecção da peça.	141
Figura 50 – Estação de usinagem. À esquerda, impressão em plotter, sob escala 1:1, para mapeamento dos cantos e curvatura manual da peça. À direita, visualização do modelo com medidas originais e inferências realizadas pelo gestor de projetos ao lado.	142
Figura 51 – Análise visual dos dados por participante.	147
Figura 52 – Classificação ponderada do NASA-TLX (PRÉ-EXPERIMENTO) entre as empresas analisadas.	149
Figura 53 – NASA-(PRÉ-EXPERIMENTO) - BALUARTE_ID1 – Diretor Executivo.....	149
Figura 54 – NASA-TLX (PRÉ-EXPERIMENTO) - Ceno_ID4 – Encarregado de Pintura.....	150
Figura 55 – Arquivos SVG (acima), malha UV para aplicação da textura (inferior esquerda), e modelo <i>low poly</i> para uso na RAM (inferior direita).....	162
Figura 56 – Composição da cena 3D.....	162
Figura 57 – Modelagem final propositiva para uso na ferramenta mediadora de Web AR. Esquerda: visualização da cadeira de compensado. Direita: vista explodida do modelo 3D.....	163
Figura 58 – Ângulos na projeção isométrica.	164
Figura 59 - Criação da projeção isométrica.....	164
Figura 60 – Exemplo de Ficha de DT Aumentado (Ficha 3) do artefato de instanciação em sua primeira interação.....	165
Figura 61 – Modelos otimizados para visualização em RA.	168
Figura 62 – Diagrama de caso de uso em UML: DT Aumentado.....	169
Figura 63 – Telas de carregamento. A esquerda, Sistema Android; a direita, Sistemas Apple (iOS).....	172
Figura 64 – DT Aumentado: UX e elementos da IU, exploração virtual em 6DOF com <i>Hotpoints</i> inseridos, acesso ao DT na nuvem e visualização do DT virtualmente.....	173
Figura 65 – IU com PV realista e <i>Hotpoints</i> , pontos de ativação com informações complementares. Ficha 1.....	174

Figura 66 – Visualização do Modelo 3D – Ficha 3. Visualização entre plataforma Web AR (esquerda) e ARCore em tema escuro nativo – Android (direita).	175
Figura 67 – Visualização do Modelo 3D explodido – Ficha 3. Visualização entre plataforma Web AR (esquerda) e ARCore (direita).	175
Figura 68 – Instant Tracking de modelo em RA. Da esquerda para direita: posicionamento do objeto (com gesto de um dedo); rotação e zoom do modelo 3D com uso de dois dedos (indicador e polegar direito); exploração do modelo virtualmente posicionado sobre o mundo real.	176
Figura 69 – Verificação interativa dos mapas de textura com a estimação de luz do ARCore.	177
Figura 70 – Validação da estimação de luz pelo ARCore e a textura do modelo 3D.....	177
Figura 71 – Vistas Ortogonais do modelo 3D - Ficha 2. As imagens apresentam as etapas do posicionamento do DT Aumentado no mundo real, e etapas da animação presente do modelo.	179
Figura 72 – Etapas de Montagem - Ficha 4.	180
Figura 73 – Testes da Placa Tangencial – Fichas 3 e 4.....	181
Figura 74 – Configuração do ambiente controlado para experimento.....	184
Figura 75 – Demonstração da Ficha 1 - Introdução ao Modelo. Análise geral do produto e finalidade. Inferência de escala real e oclusão de objetos em primeiro plano.....	185
Figura 76 – Demonstração 2, Ficha 1 – Modelo com referência ergonômica.	186
Figura 77 – Demonstração 3, Ficha 2 – Vistas Ortográficas. Testes do <i>Flow</i> , animação e rastreamento híbrido.....	186
Figura 78 – Demonstração 3, Ficha 2. Interação Primitiva Estática e Dinâmica. ...	187
Figura 79 – Ficha 3 – Vista Explodida. Posicionamento e simulações de uso (integração funcional e cognitiva).....	188
Figura 80 – Ficha 4 – Etapas de montagem. Projeção do modelo animado em diferentes pontos do espaço real.	188
Figura 81 – Demonstração da Manipulação Tangencial. IU para início, execução e oclusão da imagem de rastreamento, respectivamente.	189

Figura 82 – Registro de imagens para compartilhamento de informações, a partir da plataforma.	190
Figura 83 – Demonstração da Placa Tangencial – Ficha 03.....	190
Figura 84 – Demonstração da Placa Tangencial – Ficha 04. Interação dinâmica do celular com placa fixada sobre a mesa em diversos ângulos.	191
Figura 85 – Demonstração da Ficha 04 – Etapas de Montagem.	192
Figura 86 – Instanciação do Modelo-DSR aplicado ao DT Aumentado.	193
Figura 87 – DT Aumentado instalado na mesa de fabricação cenográfica durante realização da atividade de leitura com uso da RAM.	195
Figura 88 – Exploração da RAM nas Fichas 1 e 2.	196
Figura 89 – Interações no DT Aumentado.	196
Figura 90 – Interação do DT Aumentado sobre mesa de trabalho - Ficha 2.....	197
Figura 91 – Exploração do modelo explodido em RA estático e animado.	197
Figura 92 – Interação direta com as mãos: Leitura de código QR e manipulação da placa tangencial.	198
Figura 93 – Interação direta com as mãos em diferentes contextos da cenografia.	199
Figura 94 – Inconsistência de acesso a RA a partir do navegador.	200
Figura 95 – NASA-TLX (PRÉ-EXPERIMENTO), Ceno Mais e Baluarte; NASA-TLX PÓS-EXPERIMENTO (Ceno Mais e Baluarte), respectivamente.....	202
Figura 96 – Comparação das Classificações ponderadas reincidentes: NASA-TLX PRÉ e PÓS-EXPERIMENTO - Ceno mais e Baluarte.	205
Figura 97 – Questionário de Aceitação, Intenção e Uso da Tecnologia: o gráfico mostra a escala de concordância para cada participante, segmentados por coluna. Pontuações baixas são melhores do que as pontuações altas devido às âncoras usadas (concordo completamente / discordo completamente), exceto aos argumentos do constructo de Ansiedade (frases negativas).	208

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	– Modelo para problemas de design.	31
Quadro 2	– Taxonomia de Dispositivos de Entrada RA.	55
Quadro 3	– Taxonomia de Dispositivos de Saída RA.	57
Quadro 4	– Benefícios da VISLAM.....	68
Quadro 5	– Principais características dos Dispositivos baseados na visão.	68
Quadro 6	– Boas práticas para o rastreamento de imagens.	70
Quadro 7	– Níveis de aptidão (Alta, Média, Baixa) tecnológica para sistemas Web AR na atual rede 3G/4G. Uma comparação da capacidade computacional.	74
Quadro 8	– Questões cognitivas envolvidas no uso de sistemas RA para apresentação das informações na realidade aumentada móvel.	78
Quadro 9	– Recomendações para designers - revisão das interfaces: Visão Geral + Detalhes, zoom e foco + contexto.	80
Quadro 10	– Aspectos da interação física na RAM, relacionadas à Navegação.	85
Quadro 11	– Aspectos da interação física na RAM, relacionadas à Manipulação Direta.....	86
Quadro 12	– Classes de métodos para PV.....	100
Quadro 13	– Benefícios e limites da PV.....	101
Quadro 14	– Comparativo entre DSR, Estudo de Caso e pesquisa-Ação.	104
Quadro 15	– Critérios para condução do DSR.....	106
Quadro 16	– Métodos para avaliação de artefatos.....	107
Quadro 17	– Etapas metodológicas	111
Quadro 18	– Protocolo de Pesquisa com foco no ambiente externo (cenografia) e ambiente interno (artefato).	112
Quadro 19	– Framework para análise de similares obtidos da base teórica.	115
Quadro 20	– Critérios para análise (requisitos), obtidos da base teórica.	116
Quadro 21	– Medição de confiabilidade e validade da amostra de usuários.	120
Quadro 22	– Framework de observação	122
Quadro 23	– Cronograma	127
Quadro 24	– Orçamento detalhado.....	134
Quadro 25	– Características dos artefatos similares.....	154

Quadro 26 – Características das ferramentas analisadas, a partir dos requisitos extraídos da literatura.	157
Quadro 27 – Elicitação dos requisitos da ferramenta mediadora.	159
Quadro 28 – Características norteadoras para implementação da RA e mecanismos aplicados no artefato de instanciação.	167
Quadro 29 – Tempo de carregamento e incidência de travamento em Galaxy S10 Plus.	171
Quadro 30 – Peso dos elementos da cena realista.	173
Quadro 31 – Problemas, indícios e soluções norteadoras das interações.	178
Quadro 32 – Problemas, indícios e soluções norteadoras das interações.	181
Quadro 33 – Validações das interações de desenvolvimento do artefato de mediação. A direita, comparativo com características do TaDiMa, similar mais abrangente para os requisitos elucidados.	183

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos dispositivos visuais de RA pesquisados por Poelman e Van Krevelen no artigo: A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations.	60
Tabela 2 – Avaliação da carga de trabalho NASA-TLX (PRÉ-EXPERIMENTO) em Líderes dos setores na Cenografia Ceno Mais.....	146
Tabela 3 – Avaliação da carga de trabalho NASA-TLX (PRÉ-EXPERIMENTO) em Líderes dos setores na Cenografia Baluarte.....	146
Tabela 4 – Avaliação dos três componentes de Habilidades Espaciais nos líderes de Cenografia. Em laranja, indivíduos com capacidades de interpretação/construção de DTs. Em Azul, indivíduos sem capacidades para interpretação na integra de DTs.	151
Tabela 5 – Avaliação da carga de trabalho NASA-TLX (PÓS-EXPERIMENTO) em líderes e funcionários das Cenografias. Destaco em verde, indivíduos que participaram da primeira avaliação – NASA-TLX (PRE-EXPEREIMENTO).	201

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA	25
1.2	PROBLEMÁTICA	28
1.3	JUSTIFICATIVA	32
1.4	RECORTE	36
1.5	OBJETIVOS	38
1.5.1	Objetivo Geral	38
1.5.2	Objetivos Específicos	39
1.5.3	Objeto de Estudo	39
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	41
2.1	WEB AR: WEB-BASED AUGMENTED REALITY	42
2.1.1	A RA baseada na Web	48
2.1.2	Métodos de Entregar a Web AR	51
2.1.3	As Tecnologias de Habilitação da Realidade Aumentada	52
2.1.3.1	Hardware de RA	55
2.1.3.2	Softwares	60
2.1.4	Web AR: Mecanismos de Implementação	63
2.1.4.1	Sensores	64
2.1.4.2	Visão Computacional	65
2.1.4.3	Rastreamento híbrido	67
2.1.5	Recursos de Web AR para o rastreamento do ambiente real	68
2.1.5.1	Planar Image Tracking (Captura de imagem plana)	69
2.1.5.2	Surface Tracking (Captura de Superfície)	70
2.1.6	Web AR: Métodos de Implementação	71
2.2	ASPECTOS COGNITIVOS: FATORES HUMANOS	74
2.2.1	A cognição incorporada na interação de RAM	76
2.2.1.1	Apresentação das Informações	77
2.2.1.2	Interação Física	84
2.2.1.3	Experiência Compartilhada	87
2.2.2	Fatores emocionais	88
2.3	ASPECTOS COGNITIVOS: HABILIDADES ESPACIAIS	90
2.3.1	Componentes da habilidade espacial	92

2.3.2	Realidade aumentada para a formação de habilidades espaciais	92
2.3.3	Design de interação & RA para o desenvolvimento de habilidades espaciais	94
2.4	DESIGN CENOGRÁFICO: <i>TAILOR MADES</i>	95
2.5	PROTOTIPAGEM VIRTUAL	98
2.5.1	Tipos de PV	99
2.5.2	Benefícios e Limites	100
3	METODOLOGIA	103
3.1	DSRM E O MODELO-DSR	108
3.2	ETAPAS METODOLÓGICAS	110
3.2.1	Identificação e Conscientização do Problema	113
3.2.2	Definição dos Requisitos	115
3.2.3	Desenvolvimento do Artefato	117
3.2.4	Demonstrar artefato	118
3.2.5	Avaliação	118
3.3	INSTRUMENTOS PARA COLETA DE DADOS	121
3.3.1	Framework de Observação	121
3.3.2	NASA Task Load Index (NASA-TLX)	122
3.3.3	Medição dos Componentes da Habilidade Espacial	123
3.3.3.1	Mental Rotation Test (MRT) de Vandenberg	124
3.3.3.2	Teste D.A.T:SR5 (Differential Attitude Test-Spatial Rotation Subset)	125
3.3.3.3	Perspective Taking/Spatial Orientation Test (PT/SOT)	125
3.4	DESENHO DO ESTUDO	126
3.5	LOCAL	128
3.6	AMOSTRA DE PARTICIPANTES	128
3.7	PROCEDIMENTO PARA COLETA	130
3.8	ANÁLISE E PROCESSAMENTO DOS DADOS	131
3.9	ASPECTOS ÉTICOS	131
3.9.1	Benefícios	132
3.9.2	Riscos	133
3.10	ORÇAMENTO	133
4	RESULTADOS	135
4.1	CONSCIENTIZAÇÃO DO PROBLEMA	135
4.1.1	Espaço	136

4.1.2	Atores	137
4.1.3	Atividades	139
4.1.4	Objetos	140
4.1.5	Ações	142
4.1.6	Eventos	142
4.1.7	Objetivo	143
4.1.8	Temporal	143
4.1.9	Afetivo	144
4.1.10	Análise Cognitiva: NASA-TLX (PRÉ-EXPERIMENTO) e Testes de HE	144
4.2	DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS	152
4.2.1	Identificação dos artefatos similares	152
4.2.2	Requisitos	155
4.2.3	Configuração de Classe de Problemas	156
4.3	DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO PARA RESOLVER O PROBLEMA	160
4.3.1	Primeira Interação: Configuração do Modelo 3D e DT	160
4.3.2	Segunda Interação: Implementação do DT Aumentado	165
4.3.3	Terceira Interação: Modelos 3D com Vivacidade	171
4.3.4	Quarta Interação: Modelos Animados	178
4.3.5	Quinta Interação: Manipulação Direta com as Mãos	180
4.4	DEMONSTRAÇÃO DO ARTEFATO	183
4.5	AVALIAÇÃO DO ARTEFATO	192
4.5.1	NASA TLX (PÓS-EXPERIMENTO)	200
4.5.2	Questionário de Aceitação, Intenção e Uso da Tecnologia	206
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	209
6	CONCLUSÕES	213
6.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	215
	REFERÊNCIAS	218
	APÊNDICE A – ARTIGO PUBLICADO	224
	ANEXO A – QUESTIONÁRIO NASA-TLX	226
	ANEXO B – QUESTIONÁRIO DE ACEITAÇÃO, INTENÇÃO E USO DA TECNOLOGIA	228
	ANEXO C – TEST D.A.T:SR5	229

ANEXO D – MENTAL ROTATION TEST (MRT) DE VANDENBERG (1978)	247
ANEXO E – PERSPECTIVE TAKING/SPATIAL ORIENTATION TEST (PT/SOT)	256
ANEXO F – DT AUMENTADO - FICHAS (4)	272

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, são apresentadas algumas das definições sobre tecnologias imersivas, que indicam o desejo de experimentar a realidade acrescida de informações digitais. Com isso, introduz-se o tema da Realidade Aumentada (RA) através das motivações para o seu uso como uma ferramenta de mediação para a atividade cognitiva de leitura do Desenho Técnico¹ (DT) no contexto da produção de ambientes cenográficos - design cenográfico, especificamente voltado à produção de *Tailor Mades*, ou seja, projetos feitos sob medida para atender determinados conceitos de marca, *branding* ou produto.

Acadêmicos, no geral, possuem o viés de que o objetivo da pesquisa acadêmica seja entender o mundo como ele é, e tendem a desconfiar de pesquisas que visem desenvolver conhecimentos válidos para melhorar o mundo, lidando assim nesse novo paradigma, com o mundo que ainda pode ser (SANTOS, 2018, p. 72). Em outras palavras, esta pesquisa envolve o desenvolvimento de um artefato, neste caso, uma ferramenta utilizando a tecnologia de Realidade Aumentada Móvel (em dispositivos móveis, como *smartphones*), para auxiliar a visualização de fichas de detalhamento para execução técnica de projetos cenográficos. No contexto do design, artefatos também são desenvolvidos cotidianamente: uma marca, um produto, ambiente (cenografia), uma experiência virtual.

Por esta pesquisa científica se relacionar bastante com a atividade projetual do design, ela pode ser definida como uma Pesquisa Realizada por meio do Design, *Research through Design* (RtD): é uma investigação feita por meio e ao longo do desenvolvimento de um projeto, a que possibilita produzir novos conhecimentos científicos (PIMENTEL; FILIPPO; SANTOS, 2020).

O trabalho projetual do designer pode ser respaldado pelo pensamento de Bonsiepe (1997), que, ao reinterpretar as ações do design, elenca algumas características que atribuem ao design a responsabilidade pela construção da relação entre produto, serviço e consumidor.

¹ Desenho Técnico: ao contrário do artístico, deve transmitir todas as características do objeto que representa. Para conseguir isso, o desenhista deve seguir regras estabelecidas previamente estabelecidas, chamadas de normas técnicas. Assim, todos os elementos do desenho técnico obedecem a normas técnicas, ou seja, são normalizados. Cada área ocupacional tem seu próprio desenho técnico, de acordo com normas específicas. Fonte: (FERREIRA; SILVA, [201-]).

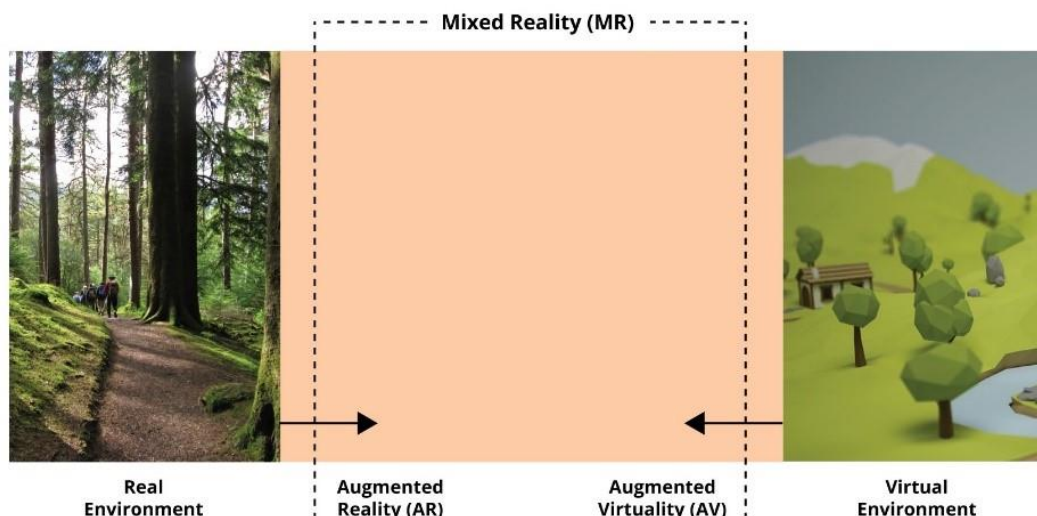
(1) Design é um domínio que pode se manifestar em qualquer área do conhecimento e práxis humana. (2) O design é orientado para o futuro. (3) O design está relacionado à inovação. O ato projetual introduz algo novo no mundo. (4) O design está ligado ao corpo e ao espaço, particularmente ao espaço retinal, porém não se limitando a ele. (5) Design visa à ação efetiva. (6) Design está linguisticamente ancorado no campo dos juízos. (7) Design se orienta à interação entre usuário e artefato. O domínio do design é o domínio da interface (BONSIEPE, 1997, p. 15).

Os conceitos apresentados por Bonsiepe (1997) tornam notório o caráter abrangente do termo design e de seu campo de atuação, trazendo para o universo do design a visão pragmática, de interface, e interação que remetem a questões de interdisciplinaridade. Além disso, Bonsiepe conclui que a metodologia não tem finalidade em si mesma, sendo uma ajuda no processo projetual, fornecendo uma orientação no procedimento do processo, técnicas e métodos, que podem ser usados em certas etapas. Desta forma, o designer controla e decide a melhor alternativa a ser investida.

Dessa maneira, a DSR é adotada como abordagem epistemológico-metodológica para desenvolver a pesquisa interdisciplinar envolvendo Design e Computação com enfoque no desenvolvimento de um artefato (a ferramenta de mediação). Essa abordagem vem se popularizando muito nas áreas de Sistemas de Informação e do Design.

A definição do termo Tecnologia Imersiva se refere as diferentes tecnologias, como Realidade Aumentada (RA), Realidade Virtual (RV) e Realidade Mista (RM). Para entender o conceito de tecnologia imersiva, esta pesquisa se baseia no Contínuo da Realidade-Virtualidade (ver Figura 1), introduzido por Milgram e Kishino (1994) que descreve as combinações entre objetos reais e virtuais: a RA é a primeira camada ou experiência, de imersão tecnológica logo após o ambiente real.

Figura 1 – O Contínuo da Realidade-Virtualidade (*Reality-virtuality continuum*, termo original).



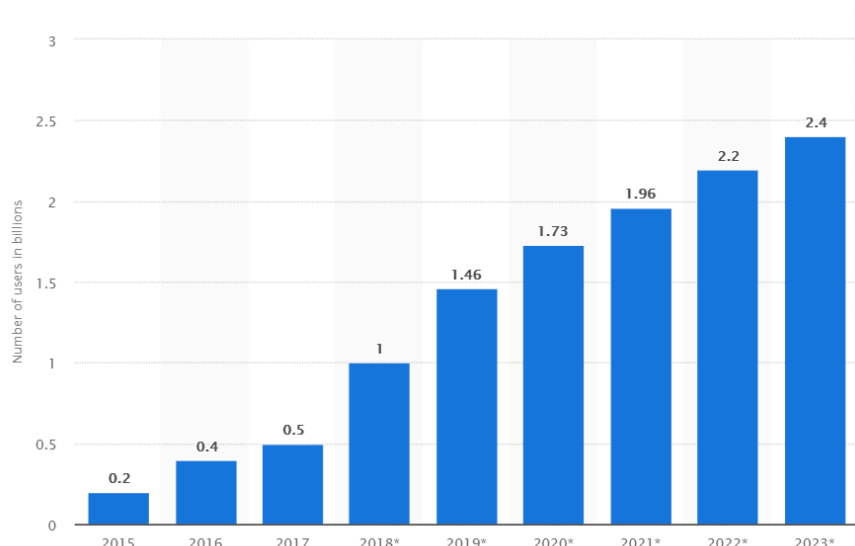
Fonte: Riva et al. (2016), adaptado de Milgram e Kishino (1994).

Um sistema de RA, por definição, complementa o mundo real com objetos virtuais (gerados computacionalmente) que parecem coexistir no mesmo espaço que o mundo real (AZUMA et al., 2001). Em outras palavras, a RA pode ser definida como um novo sistema tecnológico no qual objetos virtuais são adicionados ao mundo real em tempo real, durante a experiência do usuário, que pode envolver não só a visão, mas também outros *inputs* sensoriais podem estar atrelados ao sistema, como a visão, audição e o toque.

Já o termo Web AR (*web-based Augmented Reality*), utilizado neste documento, é usado para delimitar o tipo de aplicação da tecnologia de RA baseada na web. Comparado a RA, cujo uso foi limitado a aplicativos, a Web AR permite que o usuário experimente a RA usando apenas a câmera de seus telefones celulares ou diretamente através das janelas do navegador com o toque dos dedos. Essa característica facilita o acesso a experiência com RA, pois não necessita de download de software dedicado ou aplicativos móveis. Ela apenas precisa de conectividade com a internet para a execução dos recursos por meio de provedores de Web AR, na nuvem. É uma tecnologia em ascensão e cada vez mais acessível e popular entre os usuários. De acordo com um estudo realizado entre 2015 e 2017, publicado em fevereiro de 2020, pela *Statista Research Department*, haverá cerca de 2,4 bilhões de usuários de Realidade Aumentada Móvel (RAM) em todo o mundo até 2023, um aumento de 2,2 bilhões em relação aos 200 milhões vistos em 2015. Em 2021, haverá cerca de 1,96 bilhão de usuários de RAM em todo o mundo. Nesse mesmo ano,

apenas nos Estados Unidos, o número total de usuários de RA deve chegar a 85 milhões, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Número de usuários de RAM em todo o mundo de 2015 a 2023 (em bilhões).



Fonte: Plataforma Statista²

Em contraste com a realidade virtual (RV), que cria um ambiente totalmente artificial, a RA, de forma simplificada, faz uso do ambiente real circundante, sobrepondo novas informações sobre o mesmo. Na RA, as informações sobre o mundo real contextualizado são disponibilizadas ao usuário para fins de informação e/ou interação por meio do uso de um dispositivo móvel. Estes números indicam que a RA é significativamente apreciada pelo público em geral e por este motivo, a presente pesquisa pretende usar tais características para mediar atividades cognitivas de conteúdo técnico em projetos de design. Esta tecnologia visa, em linhas gerais, ampliar as capacidades de habilidades de visualização espacial dos usuários em questão, diminuindo seu esforço cognitivo para interpretar desenhos técnicos mais complexos de projetos espaciais, que podem abranger aplicações para o design de produtos e cenografia, como *Tailor Mades* (definido na seção subsequente).

Para este trabalho, adotou-se como metodologia a abordagem qualitativa abrangendo pesquisa bibliográfica e análise de conteúdo a partir de estudo de caso (avaliação empírica) e entrevistas. A pesquisa bibliográfica, importantíssima para a

² Number of mobile augmented reality (AR) users worldwide from 2015 to 2023. Statista, [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1098630/global-mobile-augmented-reality-ar-users/>. Acesso em: 27 fev. 2021.

definição dos conceitos a serem trabalhados, por seu caráter interdisciplinar fundamentou-se nos campos da RA, Habilidades Espaciais (fatores cognitivos) e Prototipagem Virtual. Numa segunda etapa busca-se realizar a análise crítica sobre o uso da RA como ferramenta mediadora, através do estudo de caso (avaliação empírica da ferramenta em seu contexto de uso), em empresas de cenografia.

Para sua realização foram utilizadas como fonte de dados primários a ferramenta de avaliação de carga de trabalho (NASA TLX)³, entrevistas semiestruturadas com a equipe da cenografia e a observação participativa para obter dados sobre o comportamento dos profissionais na leitura do DT. Essa metodologia permite um contato direto com a equipe de produção, observando os limites e benefícios sobre o uso da ferramenta para a atividade cognitiva de interpretação de DT.

Nesse contexto, essa pesquisa investiga a RA como ferramenta mediadora de comunicação, os aspectos cognitivos associados aos fatores humanos sobre o uso da RAM, bem como as perspectivas e limites de sua utilização nos ambientes de cenografias tradicionais, buscando-se:

- a) analisar os limites e possibilidades da RAM baseada na web (Web AR) utilizada como uma ferramenta de mediação;
- b) fundamentar os aspectos essenciais sobre o desenho técnico e os fatores cognitivos associados (habilidades espaciais) ao uso da RA para esta atividade específica;
- c) abordar as experiências de RA similares, existentes em ambientes da produção manufatureira, industrial e educacional para fins de fundamentação do problema em contexto;
- d) demonstrar o artefato, tomando como estudo de caso Empresas de Cenografia, para fundamentar as conjecturas comportamentais do artefato em contexto;
- e) refletir, a partir de instrumentos de avaliação (NASA-TLX) os resultados da utilização da Web AR para realizar as atividades cognitivas de visualização do DT no ambiente de produção cenográfico.

³ NASA Task Load Index (TLX): O Official NASA Task Load Index (TLX) é uma ferramenta subjetiva de avaliação de carga de trabalho que permite aos usuários realizar avaliações subjetivas de carga de trabalho em operadores que trabalham com vários sistemas de interface homem-máquina. NASA TLX tornou-se o padrão-ouro para medir a carga de trabalho subjetiva em uma ampla gama de aplicações. Disponível em: < <https://humansystems.arc.nasa.gov/groups/tlx/> > Acesso em: 15 jan, 2022.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

A manufatura é o processo de transformação do conhecimento e matérias-primas em produtos com valor agregado para satisfazer as necessidades humanas (NEE et al., 2012). As empresas manufatureiras têm como principais demandas: desenvolver produtos inovadores a um baixo custo, em um tempo de comercialização mais curto o possível. Soma-se a isso, sua confecção de produtos com baixo volume, alta diversificação, personalização para atender às demandas individuais dos clientes, e outras questões, que tornam os processos de fabricação mais complexos e exigentes.

Além disso, a tendência crescente de ambientes de fabricação globalizados requer trocas de informações em tempo real entre as várias unidades funcionais em um ciclo de vida de desenvolvimento de produtos, por exemplo, design, planejamento de configuração, programação de produção, usinagem, montagem, etc.

O uso frequente, eficiente e extenso de protótipos é uma atividade vital que pode fazer a diferença entre a entrada bem-sucedida ou malsucedida de novos produtos dentro de um mercado competitivo. A disponibilidade e acessibilidade da tecnologia avançada ampliou o caminho para a utilização de protótipos digitais, ou seja, virtuais em vez da tradicional prototipagem física, que pode vir a ser uma ferramenta longa e cara, especialmente se as modificações resultantes das revisões dos projetos vir a envolver o redesenho da ferramenta/ produto/ artefato.

A prototipagem virtual (PV) está se tornando avançada e pode eventualmente dominar o processo de desenvolvimento de produtos. As pequenas e médias empresas (PMEs) de setores de manufatura em geral têm a oportunidade de implementar os benefícios da PV para explorar seus benefícios, aumentando sua competitividade, mas principalmente suprimindo lacunas/ deficiências referentes ao conhecimento técnico da cadeia operacional multidisciplinar nessas empresas.

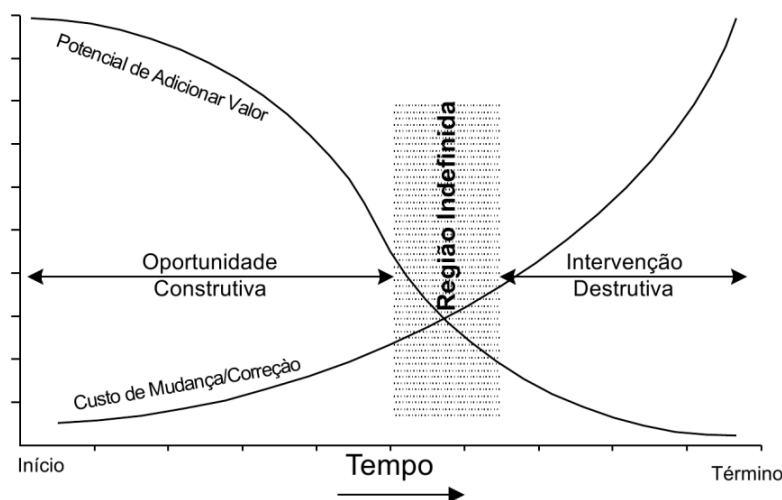
Essa visão para atender demandas de maneira eficaz pode ser embasada no conceito de gerenciamento de projetos. Vargas e Reeve (1999) afirmam que o potencial de adicionar valor a um projeto é alto nos estágios iniciais, quando a maioria das definições ainda está no papel, caindo até o término do projeto, quando o potencial de adicionar valor ao projeto tende a ser mínimo.

Em contraste, os custos de promover mudanças nos projetos são pequenos nas fases iniciais, crescendo exponencialmente com o progresso do projeto até

chegar ao seu custo total, podendo até mesmo superá-lo. Tem-se dessa forma, uma percepção mais clara ao sobrepor o gráfico desses dois conceitos, como ilustrado na Figura 3 - o momento de oportunidade construtiva, quando as mudanças são vantajosas para o projeto, ou seja, nas etapas de planejamento e prototipação do design. Quando a curva de potencial de adicionar valor é inferior à de custos de correção, tem-se um cenário de intervenção destrutiva, uma vez que os recursos gastos para mudar superam o potencial de adicionar valor ao projeto – isso ocorre quando ferramentas não são implementadas ou não estudados extensivamente. No caso da presente pesquisa, em um ambiente de produção cenográfica, a execução é empregada como um processo experimental, visto as dificuldades de compreensão a respeito do DT enviados pela equipe criativa de designers/ arquitetos.

A Figura 3 ilustra o potencial para o emprego e desenvolvimento de soluções voltadas ao planejamento projetual e sua execução, como uma intervenção de oportunidade construtiva.

Figura 3 – Oportunidade construtiva x Intervenção destrutiva.



Fonte: Vargas e Reeve (1999, p. 30)

Nesse prisma, a RA pode ser concebida como uma ferramenta estratégica - quando aplicada junto as plataformas de PV, no desenvolvimento cognitivo, lúdico e educacional; concebendo como resultado o aumento do engajamento dos usuários e de suas habilidades espaciais, além da diminuição da curva de aprendizagem, como pode ser evidenciado em experimentos de mercado e estudos acadêmicos (FREDDI; FRIZZIERO, 2020; GIRBACIA, 2009; MARTÍN-GUTIÉRREZ et al., 2010). Sob o mesmo ponto de vista, Pantelidis (2009 apud PEDROSA; ZAPPALA-GUIMARÃES,

2019), afirma que as tecnologias imersivas contribuem com novas formas de visualização e métodos para as representações visuais, apresentando alternativas para a exposição de um conteúdo, ilustrando com mais precisão as características peculiares ao objeto analisado. Ele complementa que a experiência nesse ambiente virtual transcende barreiras como a linguagem, permitindo a equidade comunicacional entre estudantes e profissionais de diferentes culturas e níveis cognitivos, ou seja, a compreensão sobre certo assunto/ conteúdo. Isto é uma visão otimista, além de estar em congruência com a proposta de desenvolver uma ferramenta para auxiliar na comunicação técnica (instrucional) de montagem, entre times de diferentes empresas e ambientes distintos.

Diante disso, os principais benefícios proporcionados pela tecnologia de RA na área de construção de conhecimento⁴ são:

- a) **Memorização:** a ferramenta facilita a memorização e o entendimento da disciplina em questão. Com o conteúdo digital imerso no mundo real, há uma maior absorção do conhecimento. O que permite aprender cognitivamente de uma forma mais rápida;
- b) **Engajamento:** a RA promove um maior envolvimento dos alunos em sala de aula. Isso porque apresenta o conteúdo de uma forma criativa em um ambiente de aprendizado com maior interação;
- c) **Prática:** Aprender fazendo é uma das técnicas que estimulam o conhecimento. Com o uso da tecnologia na educação, o estudo se torna interativo e dinâmico. Assim, é possível aproximar o aluno da matéria estudada;
- d) **Participação:** com a tecnologia na educação, os alunos passam a ser mais participativos. A RA é um recurso que pode aumentar o estímulo ao aprendizado, por meio de uma experiência diferenciada.

Analogamente à prática produtiva, os benefícios de sala de aula explicitado acima podem ser vistos como: para a *Memorização*, auxiliar na capacidade de interpretação de artefatos de complexidade superior e aumentar a fidelidade de execução; para o *Engajamento*, humanizar a técnica e simplificar através de métodos

⁴ Tecnologia na educação: como a realidade aumentada favorece o ensino. Disponível em: < [https://minhabiblioteca.com.br/tecnologia-na-educacao-realidade-aumentada/#:~:text=2\)%20Engajamento,de%20aprendizado%20com%20maior%20intera%C3%A7%C3%A3o.](https://minhabiblioteca.com.br/tecnologia-na-educacao-realidade-aumentada/#:~:text=2)%20Engajamento,de%20aprendizado%20com%20maior%20intera%C3%A7%C3%A3o.) > Acesso em: 25 mar, 2021.

de implementação do conteúdo (como animações e vistas isométricas explodidas), tornando algo complexo em uma tarefa intuitiva; para a *Prática*, permitirá reduzir reuniões de alinhamentos e consequentemente aumentar a produtividade de cada setor, tendo em vista a especificidade de cada equipe com suas respectivas funções – criação, planejamento, usinagem, carpintaria, etc; por fim, a maior *Participação* da equipe pode democratizar o conhecimento técnico ao nível operacional na cadeia produtiva dos galpões de cenografia, atual barreira causada devido ao contraste de conhecimento técnico do time multidisciplinar e de cada setor no galpão. Ademais, o próprio tema de “Geometria Espacial”, que constitui o DT, é também um dos assuntos em que, por exemplo, alunos de cursos de Engenharia em geral demonstram mais dificuldades dentre os conteúdos de matemática ensinados (BERGAMASCHI; SILVEIRA, 2014).

Assim, com o advento exponencial de novas alternativas para o uso das tecnologias de realidade aumentada, observa-se uma oportunidade de documentar as plataformas de RAM baseada na Web (*Web AR*) e suas diretrizes de uso como ferramentas através da PV atreladas ao design, que permitem o profissional otimizar a performance; inovação, qualidade, durabilidade, aparência, custos, informação, seus processos criativos, e impactar diretamente nos resultados relacionados a funcionalidade e estética dos artefatos além de substancialmente afetar no âmbito comercial, ampliando as possibilidades de novas formas de exposição, prototipagem e, consequentemente, receita a partir de produtos considerados inovadores, tendo a tecnologia imersiva como grande aliada do processo.

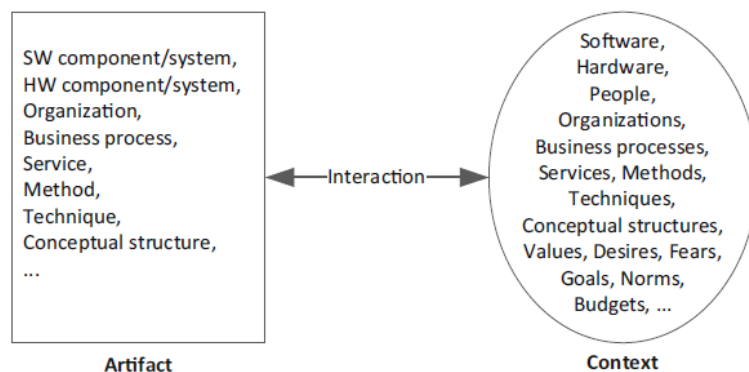
Essa pesquisa deve, em última análise, ajudar na tomada de decisões e esforços de planejamento de curto e médio prazo para a adoção da PV através da realidade aumentada móvel, especialmente PMEs como os principais beneficiários em mente.

1.2 PROBLEMÁTICA

Wieringa (2014, p.3, tradução nossa) define a *Design Science* como o delineamento e a investigação de artefatos em contexto. Sendo os artefatos estudados projetados para interagir com um contexto de problemática a fim de melhorar algo nesse contexto. A Figura 4 pode ilustrar a ampla variedade de inferências que podem ser projetadas como um artefato. Pessoas, valores, desejos,

medos, objetivos, normas e orçamentos aparecem no contexto de um artefato, como parte do um contexto de problema, e o pesquisador deve investigar esses elementos do contexto para compreendê-los, mas não para alterá-los.

Figura 4 - Assunto de DSR: um artefato interagindo com um contexto.



Fonte: Wieringa (2014, p. 4)

Wieringa complementa que o artefato em si não resolve nenhum problema. É a interação entre o artefato e um contexto de problema que contribui para a solução de um problema, pois um artefato pode interagir de maneira diferente com contextos de problemas diferentes e, portanto, resolver problemas diferentes em contextos diferentes. Pode até contribuir para as metas das partes interessadas (*stakeholders*) em um contexto, mas criar obstáculos para a realização das metas em outro contexto.

Assim, no que tange a indústria produtiva cenográfica, observa-se um contexto favorável ao problema da presente pesquisa e a generalização de seus resultados. A vivência profissional sobre os processos inerentes ao desenvolvimento de produtos através da cadeia de produção cenográfica permitiu identificar lacunas que prejudicam a confecção de um produto integralmente fidedigno – para ser executado como projetado.

Quanto ao tema, RA e PV, as melhorias no desempenho de dispositivos móveis e integração de sensores e avanços em tecnologias de Visão Computacional (VC) fizeram a RA oferecer benefícios tangíveis em diversas áreas, como entretenimento, propaganda, educação, manutenção, manufatura, dentre outras. No entanto, mesmo com o avanço dessa tecnologia, a partir da contextualização do tema, observou-se uma lacuna quanto ao desenvolvimento de instâncias (artefatos) que auxiliem na produção a nível operacional, sobretudo no contexto para interpretação do DT de projetos, com objetivo de ampliar as habilidades de visualização espacial capazes de

aprimorar a inferência da tomada de decisões quanto a quesitos estruturais, de execução e instalação (eficiência da produção).

Grande parte dessas dificuldades vivenciadas no processo de fabricação cenográfica reside, primeiramente, no tempo de execução dos projetos, sendo estes demasiadamente curtos devido à natureza competitiva do setor – sob demanda de agências (*Marketing*, *TM*, *Retail Design*, *etc.*) e contratos de ativação e *branding*. Em segundo lugar, esse prazo reduzido prejudica o delineamento e o monitoramento adequado do responsável sob a equipe operacional - serralheiro, marceneiro, pintor e artistas plásticos envolvidos. Além disso, evidencia-se um fator agravante - a composição da equipe profissional não dispõe, em geral, de capacitação técnica adequada, indicando ruído comunicacional sobre o detalhamento dos artefatos em produção. Esse cenário é evidenciado na indústria de cenografia de pequeno e médio porte, reduzindo a oferta de empresas capazes de executar projetos de média complexidade à luz de uma equipe capaz de interpretar as especificações técnicas de execução projetuais na íntegra.

Sob à luz acadêmica, estudos relacionados a importância do Detalhamento e Organização de Desenhos Técnicos revelam atender a melhorias de controle de qualidade, agilidade produtiva, redução de custos, documentação e até mesmo de segurança projetual, conforme Avila, Morais Júnior e Schaefer (2015). Em apenas 2 meses - duração da pesquisa, o estudo de Avila, Morais Júnior e Schaefer identificou a influência tanto de desenhos inadequados nos processos de produção, quanto a percepção dos resultados do uso de desenhos técnicos elaborados com auxílio de programas específicos, nesse caso em CAD (*SolidWorks*) para gerar através da exportação padronizada, a Ficha Técnica. Nesse período foram produzidas 1125 peças, e nesse tempo, foram usados os novos desenhos para fabricação dos mesmos. A melhoria foi imediata, em que, na primeira pesquisa obteve-se uma média de erros de 5,3%, e na segunda pesquisa esse percentual caiu para 0,5%. Considerando ainda que alguns colaboradores tiveram instruções básicas de desenho técnico, leva-se a crer que, em pouco tempo, esses erros podem ser nulos.

Acrescenta-se que o problema, como mencionado acima, denota a identificação de oportunidades promissoras, bem como a oportunidade de implementar métodos de RA para melhorar a compreensão de objetos 3D/ produtos. Tradicionalmente, as metodologias previstas para a especificação projetual são desenvolvidas por meio de suporte de papel ou documentação digital em que o

desenho técnico é produzido. O receptor do DT - coordenador responsável do galpão cenográfico, observa as especificações do desenho, realiza inferências e dá sugestões para levar a possíveis adequações projetuais, quando do contrário, interpreta com liberdade as especificações, comprometendo assim a entrega fiel do pré-projeto aprovado em contrato com os demandantes.

Neste contexto, a RA pode ser vista como uma solução a esse problema prático. Por exemplo, resultados preliminares de uma validação realizada por Bergamaschi e Silveira (2014) com estudantes de engenharia mecânica, indicando que o emprego de uma metodologia que utilize elementos de RA, mesclada a materiais tradicionais, pode ter um impacto positivo na aprendizagem para conteúdo de gráficos de engenharia básica, ao ampliar a habilidade de visualização espacial, principalmente para os estudantes de primeiro ano.

Tendo em vista a importância dos conceitos de melhoria nos processos de fabricação, as empresas cenográficas buscam soluções em seus métodos. Nesse caso, observa-se a oportunidade de implementação de processos virtuais de prototipação à luz da RA, possibilitando o rendimento satisfatório do setor de projetos e visando a redução de custos de retrabalho, sobretudo de melhora na qualidade final da entrega dos projetos – avaliação relevante quanto à fidelização do pré-projeto proposto ao cliente final.

Diante do exposto, tem-se ilustrado o problema de design envolvendo o contexto, design do artefato, requisitos e objetivos da parte interessada, a luz da *Design Science*, segundo modelo sugerido por Wieringa (2014) (Quadro 1):

Melhorar a compreensão do desenho técnico na produção cenográfica desenvolvendo uma ferramenta de realidade aumentada móvel como ferramenta mediadora que satisfaça os requisitos cognitivos do DT e eficiência de uso nos dispositivos portáteis, para operários compreenderem o desenho técnico de produtos, melhorando a eficiência operacional da produção cenográfica.

Quadro 1 – Modelo para problemas de design.

Melhorar o	< contexto do problema >
por	< (re) projetar um artefato >
que satisfaça	< alguns requisitos >
para	< ajudar as partes interessadas a alcançar alguns objetivos >

Fonte: Wieringa (2014).

1.3 JUSTIFICATIVA

A RAM recentemente ganhou popularidade graças à proliferação dos *smartphones* e *tablets*, além dos dispositivos RA dedicados avançados, como *Google Glasses* e *Microsoft HoloLens* (CIPRESSO et al., 2018). Essas aplicações RAM em dispositivos celulares fornecem experiências projetando conteúdos sobre o mundo real, através das câmeras, GPS e sensores de bússola já integrados nesses dispositivos, alimentados e impulsionadas por novas aplicações e tecnologias de habilitação, como rastreamento, visão computacional e novos algoritmos de desenvolvimento.

No Brasil, em janeiro de 2019, os dados da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) demonstraram que o mercado de RV e RA têm se expandido; em setores como na indústria aeronáutica com simuladores de voos em testes junto à Embraer; em pátios fabris com manutenção de máquinas e treinamentos com funcionários possibilitando o aumento e eficiência na produtividade, sem falar na redução de custos com deslocamentos para treinamentos e de riscos para a integridade física dos trabalhadores que podem fazer manutenções remotas em áreas de risco, entre outras vantagens apontadas pelas tecnologias imersivas. Esse cenário, caracterizado pela evolução tecnológica, torna os investimentos em design uma questão estratégica na competitividade no comércio nacional e internacional. Como reflexo positivo, dados apresentados pela NSC Total (2019)⁵, mostram que companhias superam suas barreiras em receita adquirida por meio de produtos considerados inovadores, tendo as tecnologias imersivas como grandes aliadas.

Durante as últimas décadas, pesquisadores exploraram os processos, efeitos, e aplicações de RA produzindo milhares de artigos científicos relacionados (CIPRESSO et al., 2018). Segundo o autor, apesar do conceito de RA ter surgido em torno de 1960, com o investigador Ivan Sutherland, e o termo “Realidade Aumentada” ter sido citado pela primeira vez em 1992, no artigo de Thomas Caudell e David Mizell; só atualmente esta tecnologia tem se popularizado com a sua aplicabilidade na indústria revelando-se vantajosa para as empresas dos mais diversos setores.

⁵ Empresas de Joinville utilizam realidade virtual para aumentar competitividade. Disponível em: <<https://www.nsctotal.com.br/noticias/empresas-de-joinville-utilizam-realidade-virtual-para-aumentar-competitividade>> Acesso em: 05 janeiro, 2020.

Estados Unidos, China, Inglaterra e a Alemanha publicaram 4921, 2384, 1497 e 1398, respectivamente. A situação permanece a mesma se analisar os dados para os artigos publicados nos últimos 5 anos, da pesquisa (2016). No entanto, as contribuições de RV também vieram de outros países, como Japão, Canadá, Itália, França, Espanha, Coreia do Sul e Holanda assumindo posições de destaque, como mostrado na Figura 6.

Devido ao crescente interesse pela tecnologia no mercado e consequentemente no âmbito de P&D nota-se que, em nível internacional, o tema tem sido abordado e discutido com publicações provenientes de diversos países e instituições de fomento às pesquisas na área. Porém, embora as discussões acerca da RV e RA tenham sua origem em meados da década de 60, nota-se que o contexto brasileiro, os estudos nesse campo ainda são incipientes, demonstrando uma carência de material que trate do assunto, sobretudo no contexto prático de aplicação da tecnologia no processo de desenvolvimento de novos produtos, o que envolve desenvolvimento e estudos através da imersão tecnológica e seus efeitos no comportamento humano.

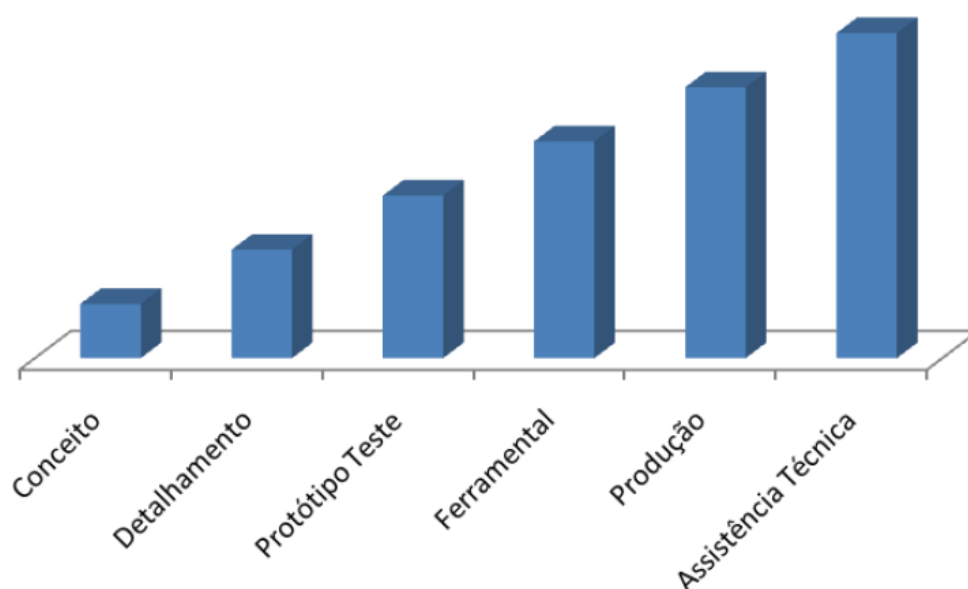
O projeto situa-se em uma área de pesquisa bem recente, que vem despertando muito interesse em nível internacional por implicar inovação a partir da aderência aos novos recursos tecnológicos. A RAM está ganhando cada vez mais atenção da área acadêmica e indústria.

A implementação da RA com base na Web (*Web AR – Web Augmented Reality*) pode fornecer uma experiência abrangente de RAM aos usuários, graças às muitas implantações bem-sucedidas da Web como uma plataforma de serviço leve. Isso ocorre, principalmente, devido as vantagens multiplataformas e sem necessidade de instalação da RA baseadas na Web. Além disso, o surgimento de redes de comunicação móvel 5G tem o potencial de aumentar a eficiência de comunicação da computação entre servidores de RAM na abordagem baseada na web.

Dessa maneira, propõe-se discutir a respeito dos impactos diretos do uso da RAM, devido a sua maior acessibilidade comercial e capacidade de implementação no meio técnico, nas principais áreas de aplicação, tais como o processo de Desenvolvimento de Novos Produtos (DNP), prototipação rápida e virtual, com ênfase nas capacidades, integrações do design, modelagem, interface e seus desafios atuais e futuros esperados dentro do tema de RA.

O estudo objetiva colaborar com o aumento dos níveis de qualidade projetual na produção, através da qualidade da técnica, mas também com o desenvolvimento de novas competências profissionais e tecnológicas que a interação com a tecnologia poderá proporcionar. Tais abordagens podem inferir diretamente nos custos projetuais de produção de um produto/peça cenográfica, visto o alto impacto causado pelas alterações realizadas nas fases de execução e encerramento – produção e pós venda; além da própria etapa de prototipação que atualmente é realizada ainda com o viés físico (seja este através de técnicas de modelagem física ou até prototipação rápida). O impacto nos custos projetuais estão representados na Figura 6.

Figura 6 – Custos de alteração de projeto ao longo do ciclo de desenvolvimento de produto.



Fonte: Macedo (2011, p. 7)

O ambiente de produção é um dos campos mais promissores onde a RA pode ser usada para melhorar as técnicas atuais e fornecer soluções no futuro, (NEE et al., 2012). A RA possibilita usuários a interagir diretamente com as informações de fabricação associadas aos seus respectivos processos – integrando em tempo real os processos de manufatura ao ambiente de trabalho real, que é útil para atividades de fabricação, especialmente **montagem**, **treinamento** e **manutenção**. Ela pode fornecer ao usuário uma maneira intuitiva de interagir diretamente com informações em processos de fabricação. Também permite que operadores usem suas habilidades naturais de processamento espacial para obter uma sensação de presença no mundo real com informações virtuais.

Em um ambiente aumentado, partes físicas, *feedback* real e conteúdos virtuais são usados para analisar o comportamento e as propriedades dos produtos planejados, permitindo os benefícios tanto da prototipagem física quanto virtual.

Portanto, essa proposta visa preencher lacunas do conhecimento, visto a rápida evolução das tecnologias de imersão, identificadas em relação ao processo de PV e cognição, dentro dos princípios do desenvolvimento de design conceituais, aplicando a RA prioritariamente na fase de especificação técnica (detalhamento); podendo sua generalização também ser empregada as fases de planejamento de projeto e desenvolvimento; fabricação e venda.

Essas evidências poderão ser úteis para a construção do conhecimento em relação as práticas do design e o estado da técnica, sobretudo no ambiente de produção/manufatura cenográfica. E a partir da compreensão de ferramentas que permitem implementar o desenho técnico através de plataformas de Web AR, torna-se possível criar soluções adequadas à realidade de processos produtivos de desenvolvimento de produtos.

1.4 RECORTE

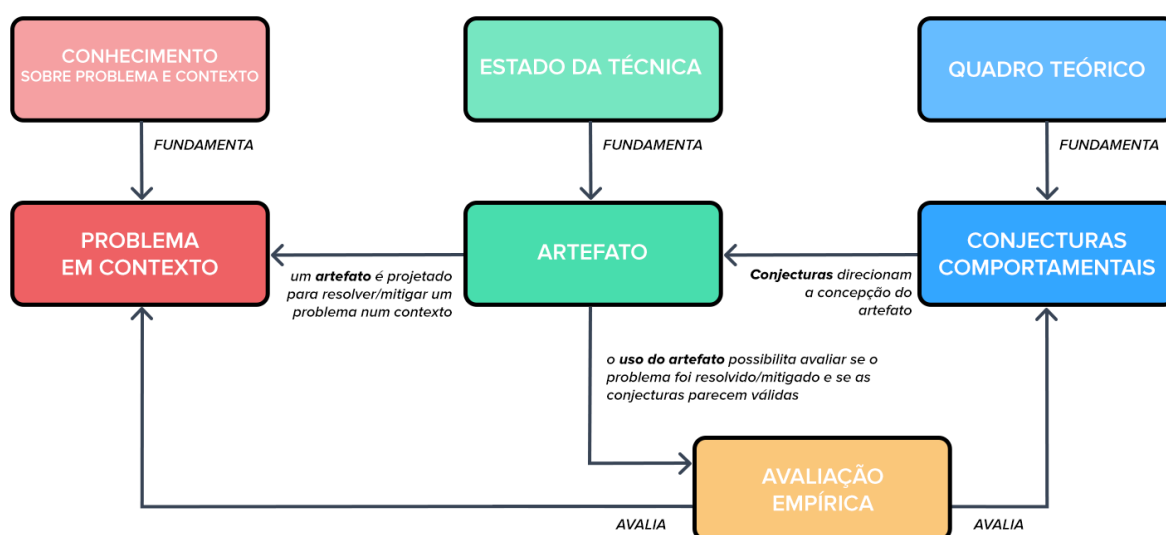
Para fins desta delimitação, a pesquisa tem abordagem orientada pelo artefato, com objetivo, através de provedores de tecnologia Web AR, desenvolver uma ferramenta de mediação para resolver problemas na comunicação técnica de projetos de TM, presentes na produção de galpões cenográficos. Sendo esta uma solução a ser prescrita e desenvolvida a partir das conjecturas teóricas e comportamentais fundamentadas - sobre a linguagem do desenho técnico, PV, RA, aspectos cognitivos (fatores humanos e habilidades espaciais), e o estado da técnica – fatores tecnológicos, incluindo análises de artefatos similares.

Ainda com a finalidade de delinear e delimitar o emprego dos termos e conceitos que serão utilizados ao longo desta dissertação, a ideia de RA - com base no Contínuo de Milgram e Kishino (1994), será estendida ao termo de RAM, uma combinação da RA com tecnologia móvel da computação em aparelhos celulares dotados de conexão online. Assim, considerando-se o recorte da temática em sistemas de RA em celulares, são apresentadas as possibilidades sensórias e técnicas, assim como suas limitações. Com isso, delimitam-se as possibilidades aplicadas a celulares, bem como a técnica (Web AR), executada diretamente nos

navegadores, utilizada para a viabilização da RA que será abordada ao longo desta dissertação.

Há diferentes propostas para se conduzir pesquisas em DSR. As abordagens, em geral, objetivam alcançar o duplo objetivo: desenvolver um artefato e desenvolver conhecimento técnico-científico. Após o aprofundamento sobre as metodologias, foi escolhido o “Modelo-DSR” (*Design Science Research Model*) caracterizado como uma instanciização que serve como guia, *proposto por* Pimentel, Filippo e Santos (2020), por ser uma síntese de diferentes abordagens, tornando-o particularmente, eficaz. O modelo consiste em um conjunto de elementos, e por se tratar de uma pesquisa científica, é preciso revisar a literatura para fundamentar cada um dos elementos centrais do Modelo-DSR, conforme representados na Figura 7.

Figura 7 – Modelo-DSR: elementos centrais e revisão da literatura para suas fundamentações.



Fonte: Pimentel, Filippo e Santos (2020)

Neste modelo, o projeto de um artefato (ferramenta de RA baseada Web AR) está fundamentado também em conjecturas comportamentais. As Conjecturas comportamentais são suposições sobre como as pessoas aprendem, trabalham, pensam, se relacionam, se comunicam etc. Com base nessas conjecturas, o artefato é projetado para resolver um problema em contexto (atividade cognitiva do DT na produção cenográfica). O uso do artefato, por meio de uma avaliação empírica, possibilita avaliar se o problema foi resolvido e se parecem válidas as conjecturas que fundamentaram o desenvolvimento do artefato. Dessa forma, por meio do projeto de

um artefato e da investigação sobre o seu uso, são produzidos conhecimentos técnicos (sobre a arte-de-fazer) e científicos (sobre o comportamento humano).

Nesse prisma, essa pesquisa tem a intenção de prescrever uma ferramenta mediadora com uso de tecnologia Web AR para um propósito específico, enquanto sua avaliação se dará através da verificação do desempenho dessa ferramenta como solução desejada pela parte interessada (empresa de cenografia), ou seja, existirão várias maneiras de abordar o problema da representação técnica no ambiente da cenografia, porém o conhecimento científico norteará seu embasamento e promoverá as generalizações às soluções, assim como sua validação.

Além disso, os fatores humanos associados as habilidades de visualização serão limitadas a teórica da perspectiva cognitiva incorporada, que sugere que os processos cognitivos são fundamentados na interação corporal em ambiente real e em tempo real (WILSON, 2002). Outras questões associadas ao processo de cognição espacial e visual, a respeito da comunicação técnica empregada em dispositivos portáteis, serão extraídos e limitados aos artefatos similares e levantamento bibliográfico encontrados, relacionados ao tema e contexto similares ao problema em questão.

Diante do exposto, a dissertação pretende explorar o potencial oferecido pela tecnologia de RAM baseada na web – Web AR, para promover a prática da PV na indústria cenográfica como ferramenta chave para a equidade comunicacional do DT para este tipo de produção, à luz da abordagem do DSR. Por conseguinte, a pesquisa está focada na compatibilização do uso da RAM, através de um artefato (interface), tendo o ambiente de produção cenográfico como o seu contexto (condições em que o artefato funciona). Para fins de avaliação do artefato, a pesquisa delimitará à utilização dos métodos de validação, explanados no Capítulo 3.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo Geral

Analisar a Realidade Aumentada Móvel como uma ferramenta mediadora na atividade cognitiva para compreensão de detalhamentos técnicos, no âmbito da produção cenográfica, a partir da proposição de um modelo de prototipagem virtual, desenvolvido com ferramentas de modelagem 3D e Web AR.

1.5.2 Objetivos Específicos

- a) Contextualizar a produção e o design cenográfico no mercado, para formalizar dificuldades e oportunidades relacionadas a execução projetual na linha produtiva (operacional) de projetos *Tailor Made (sob medida)*.
- b) Investigar os fundamentos do desenho técnico, assim como o estado da arte, desafios e *insights* sobre a PV e RAM, elucidando requisitos projetuais, para desenvolver uma aplicação RA na produção cenográfica, como uma ferramenta de análise na mediação de atividades cognitivas no DT de produtos.
- c) Avaliar o artefato digital proposto (RA como instrumento de mediação na cognição do DT), a partir de heurísticas contingenciais para explicitar as aprendizagens e generalizar heurísticas de construção e contingencia para uma determinada classe de problemas.

1.5.3 Objeto de Estudo

O objeto de estudo dessa pesquisa é um projeto e investigação de artefato em contexto. O **artefato** pode ser considerado a **interface** entre um: **ambiente interno** (configuração do próprio artefato) e um **ambiente externo** (as condições em que o artefato funciona), para cumprir propósito/objetivo/alterações, Simon (1996). A Figura 8 ilustra a caracterização do artefato.

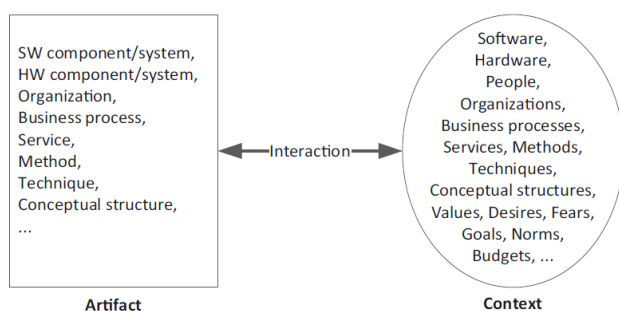
Figura 8 – Caracterização do Artefato.



Fonte: Grupo de ensino de modelagem para aprendizagem (LACERDA et al., 2013)

Já a *Design Science* (DS) é um método de pesquisa onde são desenvolvidas e avaliadas eficiência e eficácia de um artefato na solução de uma categoria de problema” (SANTOS, 2018, p. 72). Para Wieringa (2014), a DS é o projeto e investigação de artefatos em contexto. Nesse prisma, o objeto de estudo também pode ser considerado um artefato em contexto. Assim, para realizar um projeto a luz da abordagem da DS, é necessário projetar e investigar este artefato em seu ambiente externo, dado pelas forças externas que o envolvem, Figura 9. Para a atividade de design, é importante conhecer o contexto social das partes interessadas e os objetivos do projeto, visto que esta é a fonte para formalização do cronograma e também o destino dos resultados úteis da pesquisa.

Figura 9 – Objeto da Design Science: um artefato interagindo com um contexto.



Fonte: Wieringa (2014).

Diante do exposto, teremos como objeto de estudo: Aplicação da Realidade Aumentada como ferramenta mediadora na cognição do DT, aplicada no âmbito da produção cenográfica de design conceituais⁷.

⁷ Design Conceitual: para esta pesquisa, design conceitual limita-se ao *taylor made*, expressão em inglês - significa “sob medida”, ou seja, projetos personalizados para atender as necessidades de um cliente ou propósito.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo apresenta o referencial teórico utilizado como fundamentação à presente pesquisa. Neste capítulo os requisitos para o desenvolvimento do artefato são levantados, bem como os subsídios para sua avaliação como ferramenta de realidade aumentada aplicada para a cognição do DT no âmbito cenográfico. O capítulo está estruturado da seguinte forma:

- a) Seção 2.1 apresenta uma revisão bibliográfica voltada para fundamentar os paradigmas da Realidade Aumentada Móvel (RAM). Aborda sua conceituação, estado da arte, métodos e recursos técnicos, assim como seus desafios para implementação. Esta Seção apresenta também o framework de interação dos provedores de RA baseada na web (Web AR) e a experiência do usuário;
- b) Seção 2.2 abrange o corpo teórico para a fundamentação de conjecturas comportamentais relacionadas a tecnologias de RA e entender melhor como os usuários a experimentam. Primeiramente, aborda-se a teoria da perspectiva cognitiva incorporada, com questões cognitivas de interação na RAM: apresentação de informações, interação física e experiência compartilhada. Em segundo, propõem-se o framework de Estimulo, Organismo, Resposta (EOR) como modelo de visualização teórica mais abrangente e compreensível, explorando características do sistema (conhecimento técnico sobre a tecnologia de RA), estados cognitivos e afetivos dos usuários, e as consequências do uso da tecnologia imersiva (comportamento);
- c) Seção 2.3 define as dimensões da Inteligência Espacial, de Howard Gardner. Apresenta-se as três sub-habilidades: Relação Espacial; Visualização; e Orientação Espacial, assim como a compilação de testes como instrumentos utilizados para medir cada componente;
- d) Seção 2.4 aborda conceitos sobre o design cenográfico e práticas de projetos de design que ampliam as possibilidades de atuação do designer em áreas como a cenografia;
- e) Seção 2.5 abrange os conceitos de PV e compara à execução do método físico. Busca estabelecer a conexão entre prototipagem virtual e o DT, levantando questões inerentes ao projeto, como a eficiência da

visualização direta de uma imagem 3D em comparação com a construção 3D a partir de imagens 2D.

2.1 WEB AR: WEB-BASED AUGMENTED REALITY

Este capítulo apresenta o referencial teórico sobre a Web AR, a evolução da RA - seu estado da arte, desafios e *insights*, extraídos a partir de da combinação dos métodos de revisão bibliográfica: revisão da literatura baseada em citações e Ad-Hoc.

Considerando o problema da investigação de literatura científica, esta pesquisa sugere que as relações de citação entre as publicações podem ser muito úteis na revisão sistemática da literatura científica. Através de ferramenta de software chamada CitNetExplorer⁸ é possível recuperar a literatura científica baseada em citações. A revisão da literatura científica baseada em citações pode ser especialmente útil em situações em que é necessário obter uma visão geral abrangente da literatura sobre um determinado tópico de pesquisa.

A primeira fase da busca pela base teórica sobre Web AR, que compõe a presente pesquisa, foi obtida por meio de uma revisão da literatura baseada em citações. A busca foi realizada inicialmente no campo *Title* com a *string* “Augmented Reality AND (Design OR Product)” na base de dados *Web of Science* – uma base multidisciplinar que indexa somente os periódicos mais citados em suas respectivas áreas. As buscas retornaram um total bruto de 508 entradas, considerando-se o período de publicações de 1995-2020.

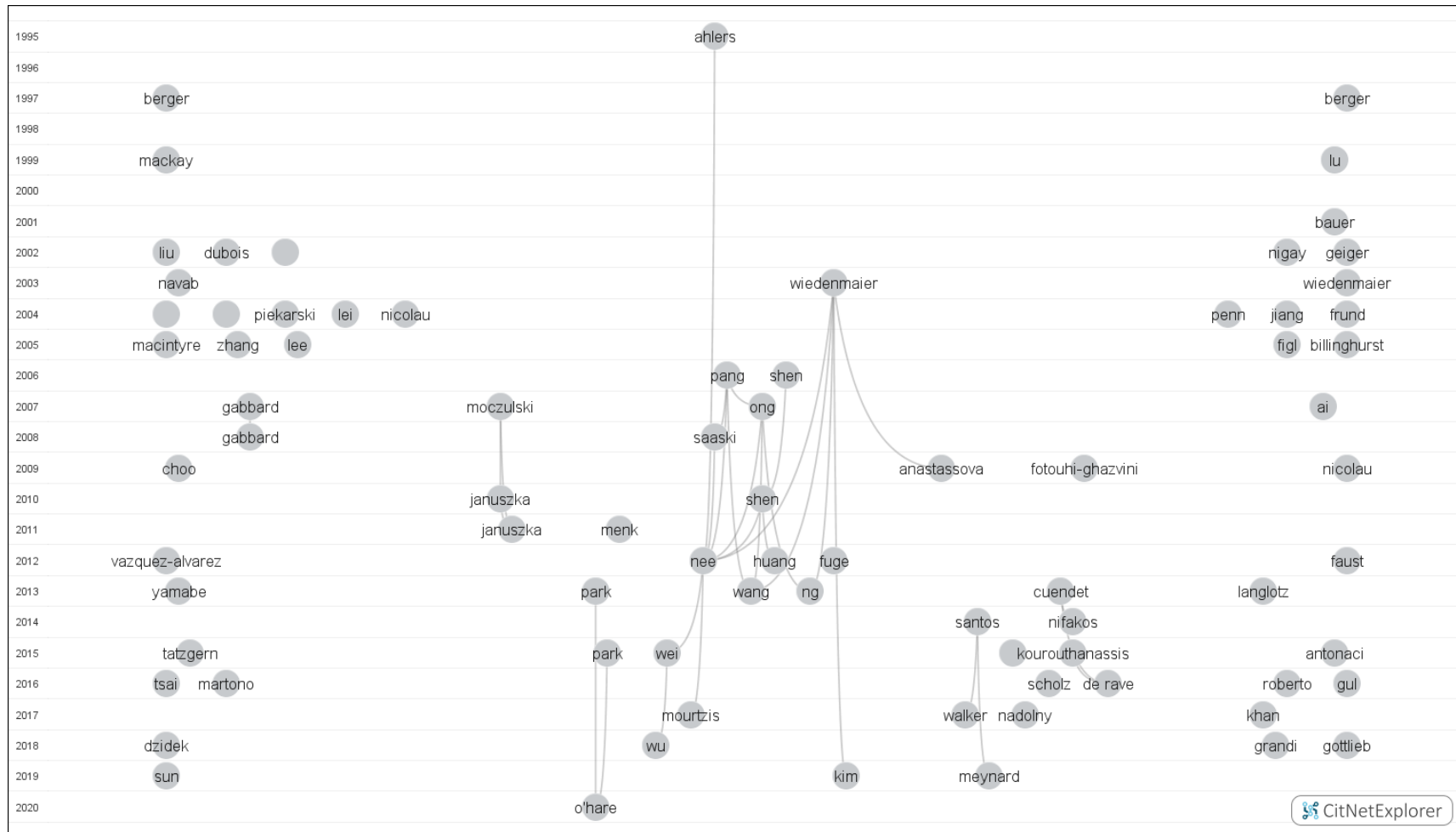
Os resultados das buscas foram importados na ferramenta CitNetExplorer para a realização de filtragem e refinamento dos dados:

- a) Primeiramente, devido ao número de links de citações (123 *Citation Links*), entendeu-se a necessidade de atualizar o número de publicações visualizadas na rede de citações do padrão de 40 para 80, tendo como resultado, o ilustrado na figura 10;
- b) Refinando a análise, as publicações foram agrupadas com base em links de citação. O tamanho mínimo definido para cada *cluster* (agrupamento) foi de 10 links. Tendo como resultado desta etapa 2 grupos com 39 e 25 publicações, cada, figura 11;

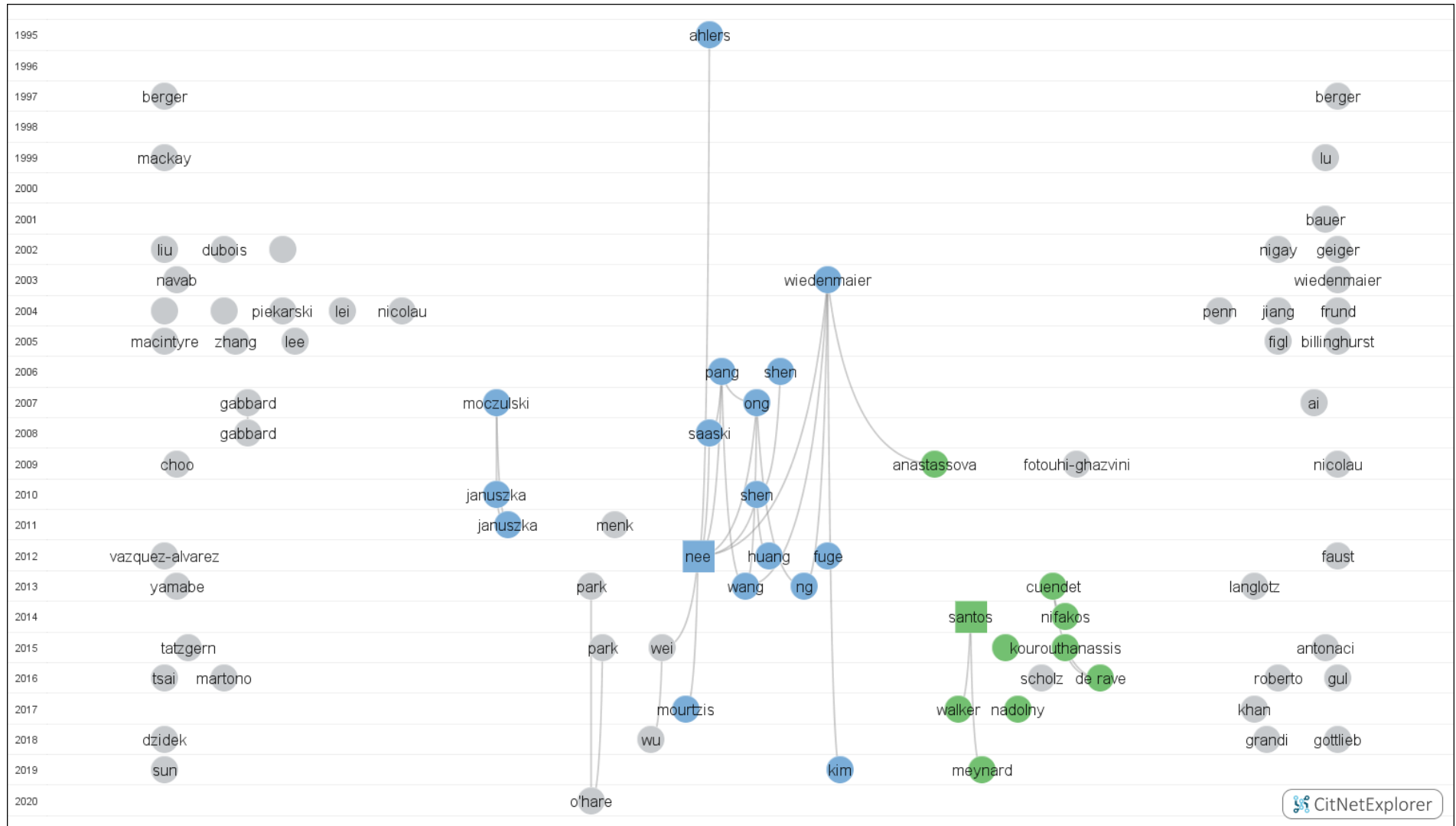
⁸ Fonte: <https://www.citnetexplorer.nl/>

- c) A funcionalidade de detalhamento (*Drill Down*) do CitNetExplorer exhibe informações bibliográficas detalhadas de um único grupo de publicações agrupadas. Aplicando esse método pôde-se observar e identificar através da ferramenta as bibliografias com maior grau de relevância por meio dos links de citações de forma eficiente, possibilitando também identificar a situação das publicações na linha do tempo quanto ao ano de publicação. O primeiro, com 39 publicações obteve 49 *links* e o Grupo 2 com 25 publicações e 26 links, como mostram as figuras 12 e 13;
- d) O CitNetExplorer tem sido útil na identificação de publicações interessantes que até então não se tinha conhecimento sobre a base teórica. O refinamento deste método ocorreu a partir da leitura dos títulos e palavras-chave dos trabalhos encontrados, resultando em 9 entradas relacionadas ao tema da presente pesquisa, dentro desses dois grupos. A filtragem final desse método se deu com a leitura dos resumos e em seguida do conteúdo completo do material remanescente.

Figura 10 – Visualização de uma rede de citações de 508 publicações sobre o tema de realidade aumentada e o design. Apenas as 80 publicações citadas com mais frequência são incluídas na visualização.

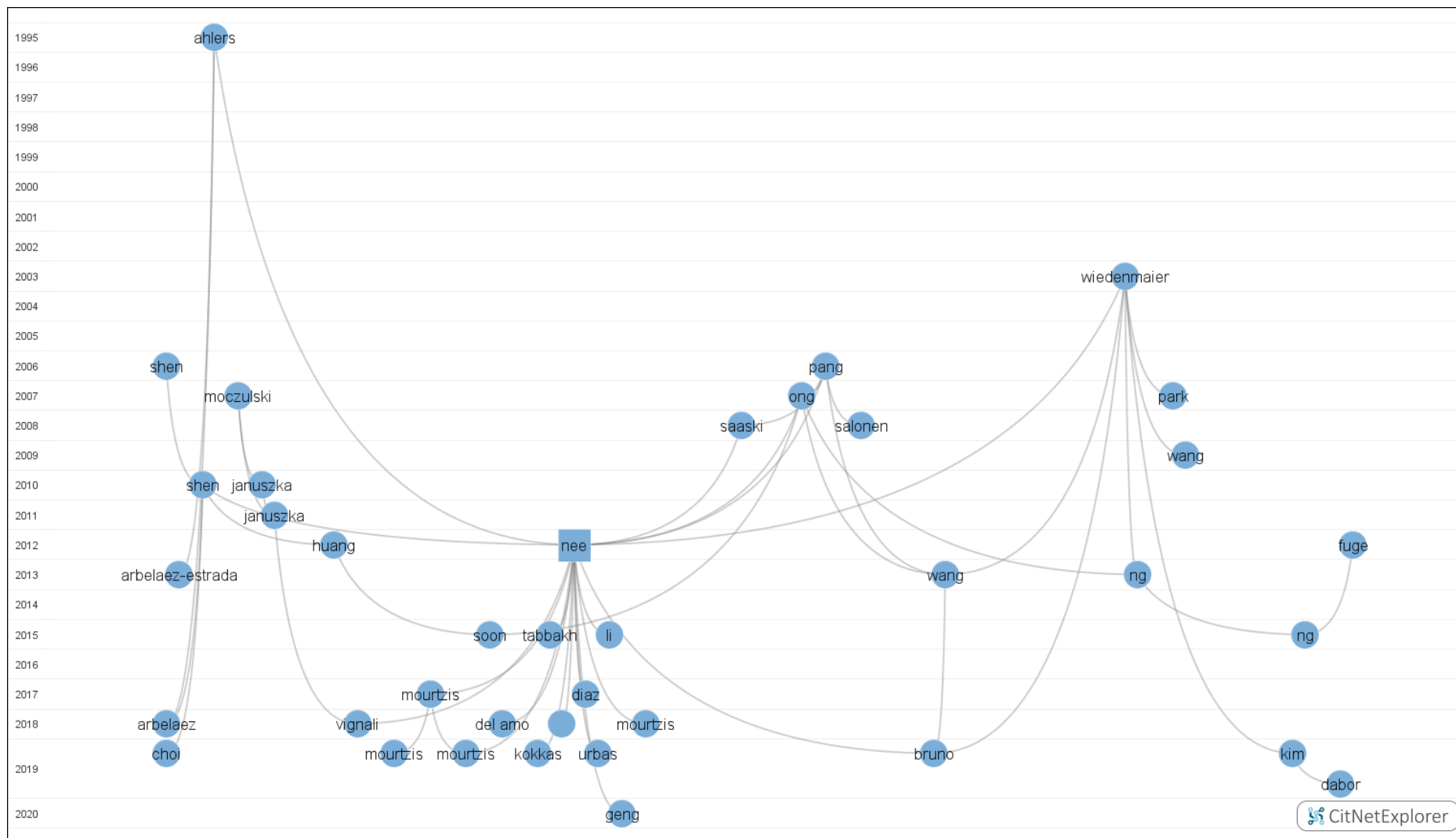


Fonte: CitNetExplorer. O autor, 2022.

Figura 11 – Identificação dos *Clusters* (agrupamentos).

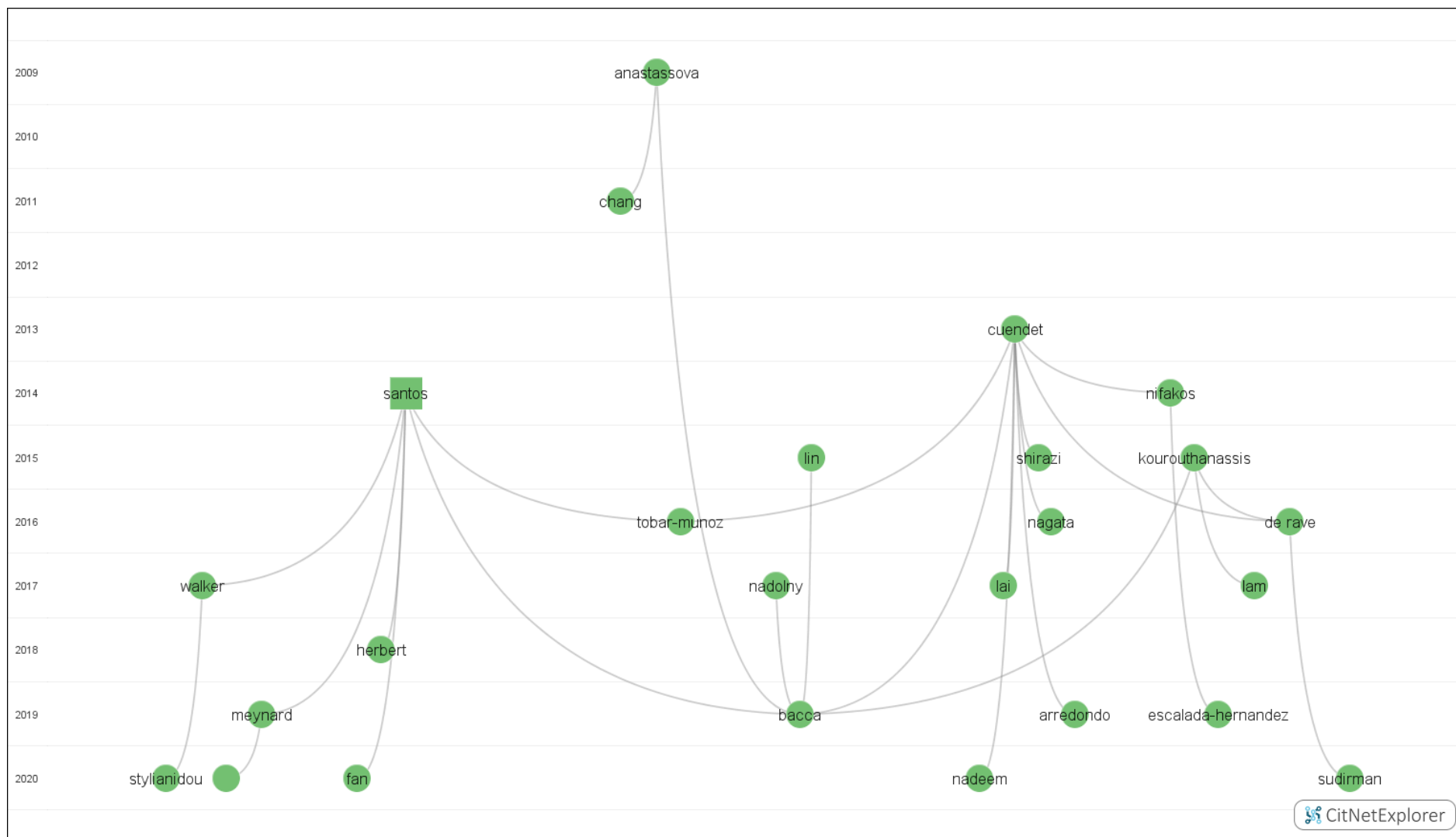
Fonte: CitNetExplorer. O autor, 2022.

Figura 12 – Drill Down do Grupo 1, com 39 publicações e 49 links.



Fonte: CitNetExplorer. O autor, 2022.

Figura 13 – Drill Down do Grupo 2, com 25 publicações e 26 links.



Por fim, foi realizada uma abordagem de revisão não sistemática da literatura de publicações relevantes (Ad-Hoc), a fim de complementar a busca inicial e permitir um maior aprofundamento sobre o assunto. Este último método foi empregado de forma aditiva, considerando os novos conceitos extraídos da primeira etapa da revisão baseada em citações, sendo seguida realizada buscas através das bases de dados da *Web of Science*, Plataforma Capes e *Google Academics* – utilizando nessa etapa, como norteammento referencial, o número de citações (quando disponível nas bases utilizadas). Após a leitura dos resumos, os trabalhos considerados mais relevantes foram analisados com maior profundidade e contribuíram em parte da contextualização (Seção 1.1) assim como a base teórica apresentada nos itens a seguir.

2.1.1 A RA baseada na Web

Segundo Qiao et al. (2019a), foi o surgimento dos dispositivos RA dedicados, como o Google Glass e Microsoft Hololens; kits de desenvolvimento robustos (ARCore, Android, ARKit, IOS); e principalmente, as melhorias nos desempenhos de dispositivos móveis, sensores de integração, e avanços nas tecnologias de Visão Computacional (VC), que atraíram os esforços de pesquisa para além dos desenvolvimentos realizados para o mundo acadêmico, mas também para a indústria.

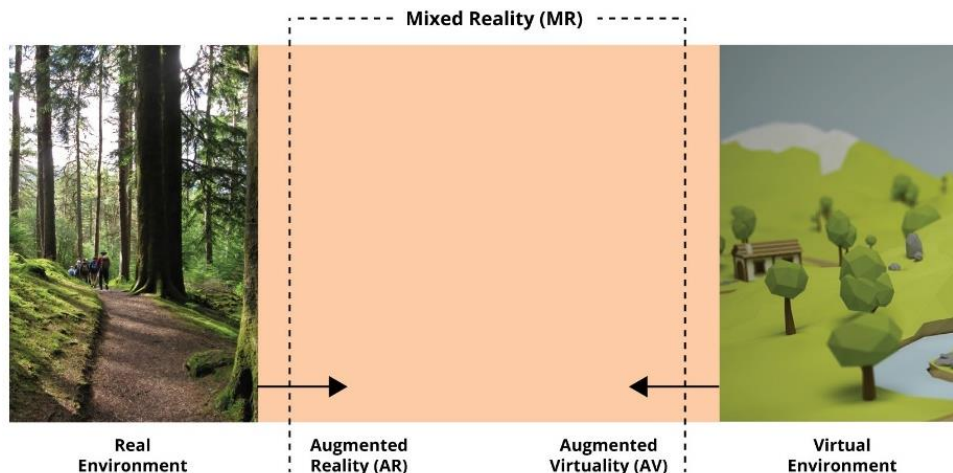
Para entender a RA baseada na Web, deve-se revisar seu conceito e componentes essenciais que tornam essa tecnologia uma ferramenta inovadora cada vez mais acessível e eficiente.

Milgram e Kishino (1994) conceituaram a Realidade-Virtualidade Contínua (*Reality-Virtuality Continuum*, termo original) que diz respeito às classes de objetos apresentados em qualquer situação de exibição, levando em consideração quatro sistemas: ambiente real, Realidade Aumentada (RA), Virtualidade Aumentada (VA) e ambiente virtual (Realidade Virtual - RV). Tanto na VA (na qual objetos reais são adicionados aos virtuais), quanto na RV, o ambiente ao seu redor são virtuais. Enquanto que na RA, o ambiente circundante é real. Ver Figura 14.

Segundo Azuma et al. (2001), os componentes essenciais da RA incluem:

- a) combinar objetos reais e virtuais em um ambiente real;
- b) executar de forma interativa e em tempo real;
- c) registrar objetos reais e virtuais entre si.

Figura 14 – Representação da Reality-Virtuality Continuum que mostra a relação entre RA e RV e define a área de Realidade Mista (RM).



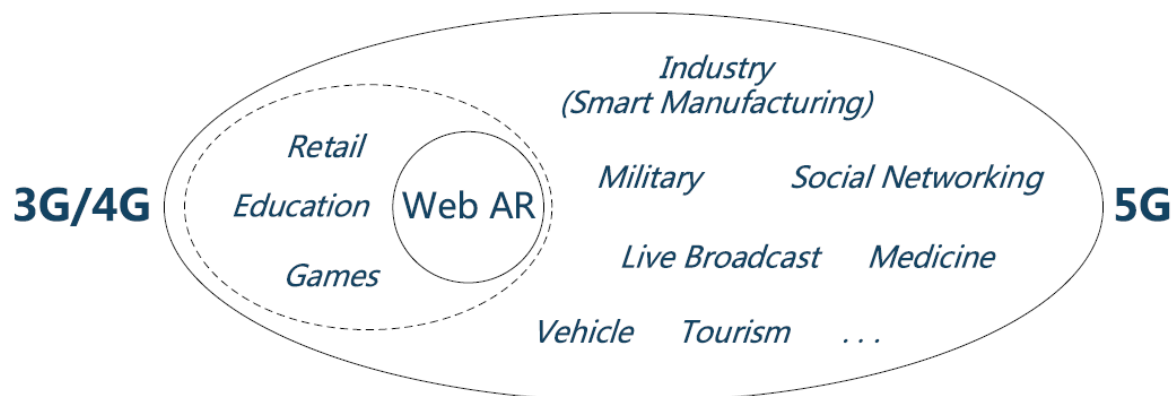
Fonte: Adaptado de Milgram e Kishino (1994). Baseado em um diagrama de *Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum*.⁹

Além disso, as tecnologias imersivas possuem algumas características em comum, que podem ser consideradas como indicadores de qualidade, tais como: a sensação de presença, nível de realismo e grau de realidade. Yim, Chu e Sauer (2017) destacam que quanto maior a experiência é percebida como realista, e há congruência entre a expectativa do usuário e sua interação dentro dos ambientes imersivos, maior será a percepção de “estar” (experenciar) em níveis físico, cognitivo e emocional. Assim, esse sentimento de presença e outros fatores humanos, experienciados em ambientes de RA, serão aprofundados para uma melhor compreensão sobre as conjecturas comportamentais nos ambientes aumentados.

O advento da *World Wide Web* marcou o surgimento de uma nova era, com o provisionamento de serviços baseados na *web*. As multiplataformas e os recursos leves nativos da Web simplificaram e democratizaram o acesso ao serviço para os usuários, facilitando a execução em grande escala de aplicativos baseados na Web. Todas essas infraestruturas fornecem uma plataforma comum, de condição acessível, para a implementação generalizada da Web AR (QIAO et al., 2019a). Atualmente, em 2021, a RA oferece benefícios tangíveis em muitas áreas, como entretenimento, propaganda, educação, navegação, manutenção, entre outros. Algumas dessas aplicações são representadas na figura 15.

⁹ uxdesign.cc: Preparing for the better typography in Augmented Reality. Disponível em: < <https://uxdesign.cc/preparing-for-the-better-typography-in-augmented-reality-5543d84cc38b> > Acesso em: 08 abr, 2021.

Figura 15 – Áreas de aplicações atuais e futuras da Web AR.

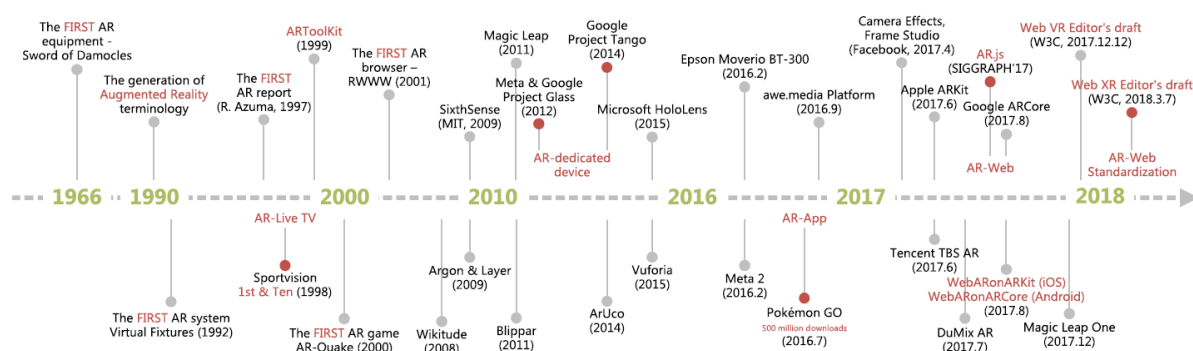


Fonte: Qiao et al. (2019a)

Qiao et al. (2019b) destaca vários avanços tecnológicos que começaram a entrar nesse cenário da RAM, culminando seu crescimento. Em primeiro lugar, as próximas redes 5G – trazem novas oportunidades para a RAM, especialmente Web AR. Ela fornece maior largura de banda e menor atraso de rede, o que melhora a transmissão de dados em redes móveis e a experiência do usuário na Web AR – fatores essenciais para o uso dessa tecnologia e que impactam os fatores humanos (cognitivos) na plataforma. Além disso, a rápida melhoria do desempenho dos dispositivos móveis cada vez mais acessíveis, portanto, estabelecem um cenário sólido para a implantação prática e a aplicação de Web AR em grande escala.

A figura 16 ilustra algumas das principais soluções para o fomento da Web AR, em que desde 2017, essas soluções vêm se destacando e atraindo a atenção de desenvolvedores e designers devido a disponibilidade cada vez maior de dispositivos móveis de ponta, juntamente com a evolução das redes móveis (4G/5G), culminando o surgimento e popularização para as aplicações de RAM mais acessíveis.

Figura 16 – Evolução histórica da Realidade Aumentada.



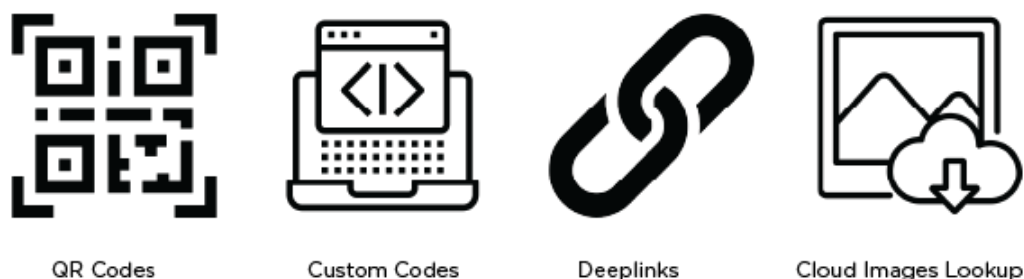
Fonte: Qiao et al. (2019a).

Assim, a Web AR pode ser vista como uma nova forma eficaz e rápida para a criação de conteúdo em Realidade Aumentada de alta qualidade. Um dos grandes desafios que a indústria está enfrentando hoje é a experiência personalizada do usuário. Por esse motivo, os tópicos a seguir irão abranger os métodos de entrega e conhecimento técnico sobre a Web AR que irão contribuir para fundamentação do artefato.

2.1.2 Métodos de Entregar a Web AR

É através de uma URL específica (domínio) que os usuários podem ser levados à plataforma aumentada baseada na web, ou seja, na nuvem - onde seu processamento é executado. Por essa característica, atualmente a Web AR funciona de forma praticamente nativa nos principais navegadores, como o Safari (iOS) e Chrome (Android), sendo as principais modalidades para entregar uma experiência através da Web AR, através do QR Code; Códigos customizados; Deeplinks e Consulta de imagens. Essas modalidades são ilustradas na figura 17 e suas características aprofundadas a seguir.

Figura 17 – Modalidades de gatilhos de entrega para uma experiência na WebAR.



Fonte: O autor, 2022.

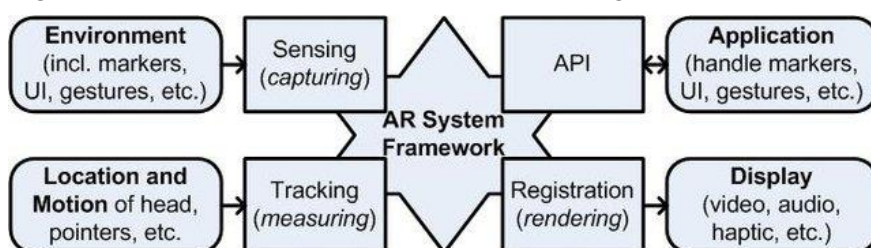
Os *QR Codes* já estão associados ao rastreamento (*scanning*), e em alguns dispositivos são digitalizados usando o aplicativo de câmera nativo dos aparelhos. A maioria dos dispositivos pode digitalizar *QR Codes* através do aplicativo de câmera. Qualquer iPhone/ iPad rodando o iOS 11; ou ainda o Samsung da linha Galaxy/ Note com OS Android Nougat (ambos lançados em 2017) ou posteriormente podem digitalizar nativamente através da câmera.

2.1.3 As Tecnologias de Habilitação da Realidade Aumentada

Ao entender como a RA funciona, é possível prever as melhores práticas para aplicá-la dentro de um contexto. Nesse intuito, serão revisados alguns componentes intrínsecos desse sistema.

O framework de um sistema de RA, ilustrado na figura 18, deve executar tarefas típicas como rastreamento, sensoriamento, exibição e interação (VAN KREVELEN; POELMAN, 2010).

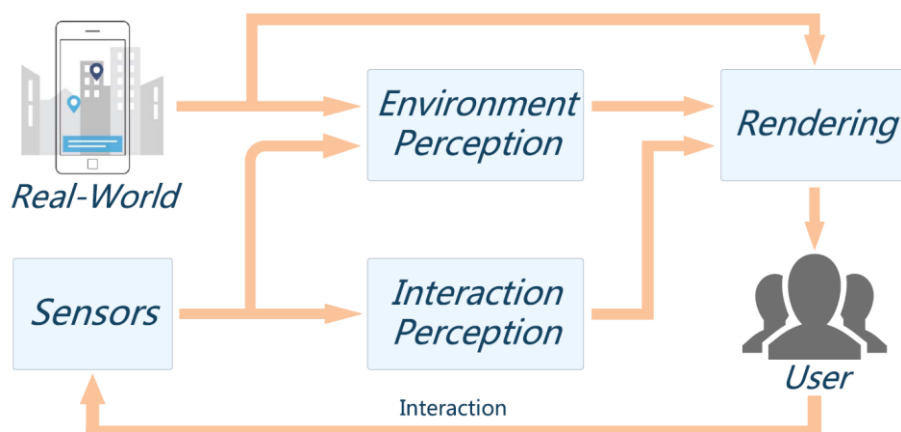
Figura 18 – Tarefas de framework de sistema RA, genérico.



Fonte: Van Krevelen e Poelman (2010)

O processo típico de funcionamento de um sistema de RAM é mostrado na Figura 19. A câmera e outros tipos de sensores dos dispositivos móveis são usados para coletar continuamente informações do ambiente do usuário. A percepção do ambiente analisa as informações capturadas (por exemplo, imagem/vídeo, localização e orientação) para reconhecimento e percepção do mundo real. Enquanto isso, as informações de interação do usuário também são coletadas pelos sensores e, em seguida, analisadas com o propósito de rastrear objetos. Tanto os resultados da **percepção do ambiente** quanto da **interação** são utilizados pelo sistema para integrar perfeitamente os conteúdos virtuais com o mundo real, ou seja, é realizada uma operação de **renderização**, após a qual a RA será apresentada ao **usuário** – na tela do usuário.

Figura 19 – Processo da RAM.



Fonte: Qiao et al. (2019a).

Dessa maneira, sob uma ótica tecnológica, os sistemas de RA, por mais variados, apresentam quatro componentes que são considerados necessários para configurar um ambiente de RA, segundo Kim e Dey (2010):

- a) **o conteúdo de RA** (como um marcador visual);
- b) **local de posicionamento** – *target ou superfície*;
- c) **módulo de rastreamento** (câmera e poder de processamento adequados para suportar gráficos, animação e fusão de imagens, como um *Smartphone*);
- d) **sistema de exibição** (tela).

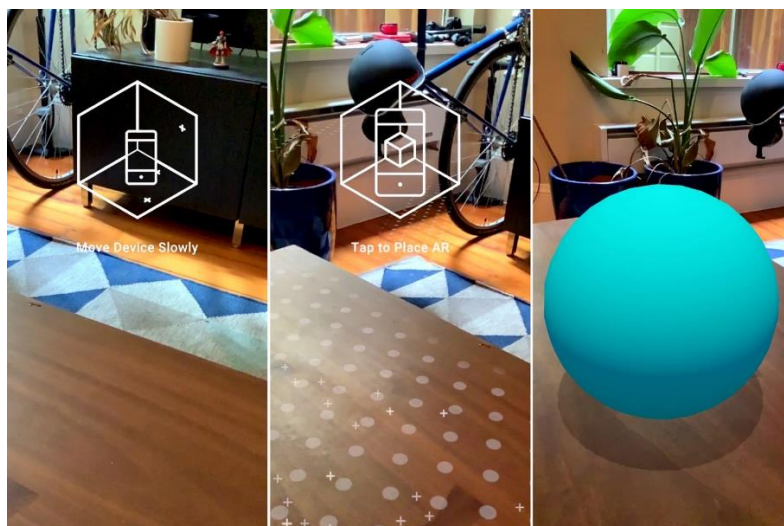
Além disso, os autores sugerem três características, que precisam estar integradas a esses recursos e presentes na criação de um ambiente/experiência RA, essenciais para interação do usuário final: uma **observação intuitiva**; **visualização informativa**; e uma **interação imersiva**.

Esses recursos habilitam o sistema de RA integrar o real e virtual, graças a compreensão do sistema sobre o **rastreamento do movimento**, **estimativa de luz** e a **compreensão do ambiente**.

Dessa maneira, a câmera do celular é usada pelos algoritmos para identificar os chamados pontos-chave (*feature points*, termo inglês) e fazer o rastreamento de movimentos desses pontos importante na imagem do ambiente. Esses pontos são usados pelo sistema para calcular/rastrear as mudanças de posição. Então, as informações visuais obtidas são combinadas com as leituras feitas através dos sensores do aparelho. Assim, o algoritmo consegue determinar a posição e a

orientação do dispositivo conforme ele se move no ambiente. A figura 20 ilustra o processo de reconhecimento desses pontos-chaves.

Figura 20 – Reconhecimento dos pontos-chaves. Através da *User Experience/ Interface (UX/UI)*, os usuários interagem com a experiência aumentada, incluindo ensiná-los quando e como digitalizar (esquerda), quando e onde colocar os modelos virtuais (central), e fornecer feedback visual para cada uma dessas etapas (direita).



Fonte: Vishnu Ganti¹⁰

A imagem virtual então renderizada pode ser sobreposta à imagem capturada pela câmera do dispositivo, fazendo com que o conteúdo virtual pareça estar no mundo real. Em algumas plataformas, ainda é possível identificar e fornecer informações sobre a iluminação do ambiente captado pela câmera. Essas informações permitem iluminar os objetos virtuais de acordo com a informação de iluminação do mundo real, dessa forma o aplicativo de realidade aumentada pode aumentar o seu nível de realismo – característica chamada de *Image-base lighting*, termo em inglês.

A compreensão dessas características contribui para o entendimento geral sobre o funcionamento de sistemas Web AR, sendo outras características do estado da técnica explorados a seguir.

¹⁰ GANTI, Vishnu. Handheld AR Onboarding. Vishnuganti.com, [S.], 2020. Disponível em: <https://vishnuganti.com/project2.html>. Acesso em: 30 abr. 2021.

2.1.3.1 Hardware de RA

Um sistema RA é geralmente conhecido pelos seus componentes de hardware, software e algoritmos, Bosché et al. (2015 apud LI et al., 2018). O Hardware incorpora um processador, display (tela), sensores, Dispositivos de Entrada/Saída (Input/Output devices, termo em inglês), e o software/algoritmos referem-se às principais estruturas sobre o quão realista uma experiência de RA pode ser alcançada, denominando assim, os dispositivos de entrada (Taxonomia, Quadro 2) como os meios pelos quais o usuário interagem com o mundo virtual.

Quadro 2 – Taxonomia de Dispositivos de Entrada RA.

Dispositivos de Entrada RA	TIPO	PORTÁTEIS VESTÍVEIS (WEARABLES) GEOGRÁFICO (SPATIAL) TODOS	DISPOSITIVOS	ENTRADA	INFORMAÇÃO
	VISÃO	TODOS	CAMERA INTEGRADA	IMAGEM	RECONHECIMENTO DE OBJETOS /PADRONAGENS
					RASTREAMENTO/CAPTURA DE MOVIMENTO, SUPERFÍCIE E ESPACIAL.
			CAMERA INFRAVERMELHA (E.G. KINECT)	IMAGEM + INFRAVERMELHO	RECONHECIMENTO DE OBJETO SEM VISIBILIDADE
	ÁUDIO	TODOS	MICROFONE	SOM	RECONHECIMENTO DE FALA
	MOTOR	TODOS	MOUSE / JOYSTICK	MOVIMENTO	SELECIONAR
			TECLADO	TECLAR	TEXTOS
			MESA GRÁFICA	MOVIMENTO	DESENHO
		PORTÁTEIS	LUVAS	MOVIMENTO	GESTOS
			ACELERÔMETROS	ACELERAÇÃO	CAPTURA DE MOVIMENTO
	LOCALIZAÇÃO	PORTÁTEIS	GPS	LOCALIZAÇÃO	POSIÇÃO - INSERIR
		GEOGRÁFICA	RFID	LOCALIZAÇÃO (AMBIENTES INTERNOS)	POSIÇÃO - INSERIR
	ORIENTAÇÃO	PORTÁTEIS	GIROSCÓPIO	ORIENTAÇÃO	PITCH, ROW, YAW ¹¹
			SENSORES MAGNÉTICOS	DETECÇÃO	DETECÇÃO DA DIREÇÃO FIXA DO NORTE

Fonte: Adaptado de LI et al. (2018).

¹¹ PITCH, ROW, YAW: parâmetros de movimentação do dispositivo relativos a ROTAÇÃO. Existem 6 Graus de Liberdade (6 degree of freedom, 6DOF) para o movimento, significa que há seis parâmetros que o dispositivo pode se mover - movendo-se ao longo dos diferentes eixos X, Y e rotacionando-se, a fim de visualizar um eixo diferente.

Esses dispositivos de entrada enviam informações ao sistema sobre a ação dos usuários, de modo a fornecer reações apropriadas de volta a esse usuário, através dos dispositivos de saída (Taxonomia criada no Quadro 3), em tempo real.

As Unidades de Equipamentos (UE) com capacidade RA, como são denominados os *Smartphones*, *por exemplo*, processam as diversas interações dos usuários servindo como principal interface da experiência, através desses Dispositivos de Entrada/Saída. Logo, quanto maior é o poder do processamento (CPU) e do acelerador gráfico (Placa de Vídeo), ou ainda, o processamento sendo através de sistemas de computadores interconectados (Servidores) e distribuídos através de rede de comunicação de alta velocidade (4G/5G), maior é a capacidade de fazer com que o cálculo e a geração de modelos gráficos, renderização de objetos, iluminação, mapeamento, texturização, simulação e exibição em tempo real, tenha um desempenho melhor para a experiência.

Quadro 3 – Taxonomia de Dispositivos de Saída RA.

Dispositivos de Saída RA	TIPO	PORTÁTEIS VESTÍVEIS (WEARABLES) GEOGRÁFICO (SPATIAL) TODOS	DISPOSITIVOS	SAIDA	INFORMAÇÃO
	VISÃO	PORTÁTEIS	DISPOTIVOS MÓVEIS	IMAGEM	TEXTO
		HMD ¹²	OST ¹³		OBJETOS VIRTUAIS / TEXTURAS
		GEOGRÁFICO (SPATIAL)	PROJETOR		IDENTIFICAÇÃO VISUAL
			TELA LCD	IMAGEM 3D	TEXTO (3D)
			DISPOSITIVO AUTOSTEROSCÓPIO ¹⁴		OBJETO VIRTUAL / TEXTURA (3D)
		HMD	VST ¹⁵		IDENTIFICAÇÃO (3D)
		VESTÍVEIS	PROJETOR HOLOGRÁFICO		
		HMD + GEOGRÁFICOS	-		
	ÁUDIO	GEOGRÁFICO	AUTO FALANTES	SOM AMBIENTE	DIREÇÃO DO SOM DE TRANSLAÇÃO / SONS ADICIONAIS / SONS DE MELHORIA
		HMD	FONES DE OUVIDO	SOM ESTÉREO	
		PORTÁTEIS	FONE DE OUVIDO		
	TOQUE	GEOGRÁFICO	DISPOSITIVOS TÁTEIS	MOVIMENTOS	MOVIMENTOS ADICIONAIS
		PORTÁTEIS	DISPOSITIVO MÓVEL DE VIBRAÇÃO	VIBRAÇÃO	FEEDBACK TÁTIL
			CONTROLE		CAPTURA DE MOVIMENTO

Fonte: Adaptado de LI et al. (2018).

Os dispositivos de consumo padrão (não modificados ou adaptados) já são tipos de UE surpreendentemente robustos com falhas pouco relevantes, mesmo para o uso da RA baseada na web. Modelos intermediários, como Galaxy S10 e Iphone 8, considerando o ano desta pesquisa 2022, por exemplo, já lidam satisfatoriamente com a experiência aumentada, tendo como principais fatores limitantes a bateria e disposição de conectividade à nuvem (para conexão com as plataformas de processamento) para fins de prototipagem virtual dos produtos através da Web AR, o que torna esta tecnologia também acessível.

Com base na posição entre o espectador e o ambiente real é possível classificar os dispositivos RAM em três categorias, segundo Van Krevelen e Poelman

¹² HMD – abreviação HMD, do termo inglês Head-Mounted Display, é um dispositivo de display, usado na cabeça ou como parte de um capacete, que possui um pequeno display óptico em frente de um ou de cada olho.

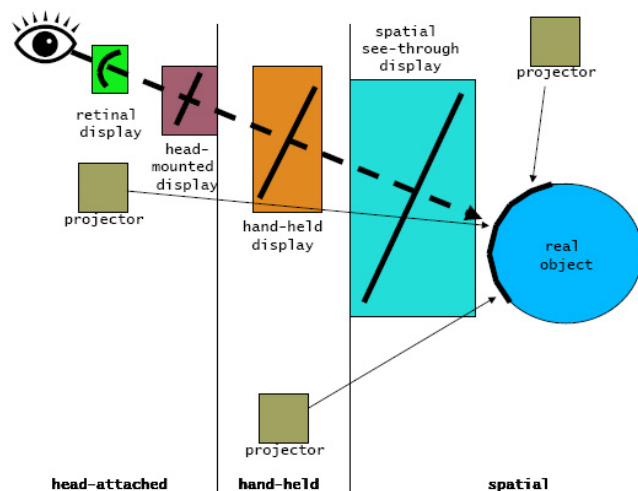
¹³ OST – *Optical See-Through devices*. Dispositivos HMDs que permitem que objetos virtuais sejam projetados sobre o mundo real através de uma experiência RA.

¹⁴ Autostereoscopia é qualquer método de exibição de imagens estereoscópicas (adicionando percepção binocular de profundidade 3D) sem o uso de arnês especial ou óculos por parte do visualizador. Como o arnês não é necessário, ele também é chamado de "3D sem óculos" ou "3D sem óculos". Fonte: Wikipédia.

¹⁵ VST – *Video See-Through devices*. Dispositivos que combinam a visão do mundo real com o virtual. Geralmente é realizado projetando imagens do mundo real capturadas de uma câmera para projetar eletronicamente com o conteúdo virtual.

(2010): pode ser usado na cabeça (*Head-worn*, termo original), portáteis (*Hand-held*, termo original), e espacial (*Spatial*, termo original). A figura 21 traz, através de um diagrama simplificado, as técnicas distintas de visualização de RA e a posição dos meios para apresentar o conteúdo aumentado.

Figura 21 – Técnicas de exibição visual e posicionamento.



Fonte: Van Krevelen e Poelman (2010)

Conforme os limites de escopo desta pesquisa, as técnicas baseadas em dispositivos portáteis (*Hand-held devices*) apresentam maior aderência em comparação com quaisquer outras mídias já em uso, como os *Headsets*, por exemplo.

A RA aplicada nos *smartphones* possui uma maior aderência, uma vez que os usuários vêem a tela de uma forma convencional, segurando-a em frente aos olhos (atuando analogamente a uma lupa), o que permite explorar o modelo em diferentes ângulos e interações, anulando quase que completamente a necessidade de apreender novos gestos de manipulação e interação de conteúdo através da experiência aumentada.

Os dispositivos portáteis de RA baseados em tablets e smartphones, como exemplificado na Figura 22, são sistemas móveis que usam câmeras integradas (*onboard*) para mesclar as cenas do mundo real com as imagens geradas por computador, sendo assim também classificados como dispositivos VST. Com esses avanços tecnológicos presentes nos smartphones, algoritmos robustos de rastreamento e dispositivos de exibição mais leves, a RA se consolidou como uma tecnologia de mídia promissora com muitas áreas de aplicação possíveis e acessíveis.

Figura 22 – Sistemas portáteis de RA baseados em smartphones e tablets exibem sobreposições de informações e conteúdo digital vinculado a objetos físicos e locais. No exemplo mostrado, o aplicativo para tablet é capaz de reconhecer um ícone RA embutido na ilustração montada na parede para revelar um modelo 3D de uma alça de válvula, que permanece estável enquanto o usuário move o tablet.



Fonte: Aukstakalnis (2016)

Apesar desses avanços tecnológicos e praticidade presentes nos dispositivos portáteis, sua aceitação depende ainda da usabilidade, ergonomia e qualidades perceptivas no que diz respeito a eficácia e correta transmissão da informação. Nesse prisma, Van Krevelen e Poelman (2010) compararam o comportamento das principais características em determinados tipos de ambiente em que cada categoria de aplicação RA possui em determinado tipo de contexto (Tabela 1). No caso dos dispositivos móveis (destacado de azul), é inferido um bom desempenho - como esperado, para sua mobilidade e interatividade (livre movimentação) e qualidade gráfica (realista). Algumas desvantagens também devem ser consideradas, como limite de uso em ambientes externos (ao ar livre), que influencia na visibilidade do visor, assim como o tamanho da tela desses dispositivos, limitando assim resolução e ângulo de visão do conteúdo virtual. Outros fatores como economia de energia, processamento e memória podem ser reconsiderados, visto que hoje em 2022, os aparelhos evoluíram consideravelmente em relação a esses parâmetros, tais como Galaxy S21 e Iphone 13 (modelos de ponta), que possuem capacidades de processamento bastante adequadas, entretanto modelos mais antigos como Galaxy S10 e Iphone X demonstraram desempenho adequados¹⁶.

¹⁶ Anandtech.com: Análise do Samsung Galaxy S20 +, S20 Ultra Exynos e Snapdragon: Dispositivos Megalomania. Disponível

Tabela 1 - Características dos dispositivos visuais de RA pesquisados por Poelman e Van Krevelen no artigo: A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations.

Positioning	Head-worn				Hand-held		Spatial	
Technology	Retinal	Optical	Video	Projective	All	Video	Optical	Projective
Mobile	+	+	+	+	+	-	-	-
Outdoor use	+	±	±	+	±	-	-	-
Interaction	+	+	+	+	+	Remote	-	-
Multi-user	+	+	+	+	+	+	Limited	Limited
Brightness	+	-	+	+	Limited	+	Limited	Limited
Contrast	+	-	+	+	Limited	+	Limited	Limited
Resolution	Growing	Growing	Growing	Growing	Limited	Limited	+	+
Field-of-view	Growing	Limited	Limited	Growing	Limited	Limited	+	+
Full-colour	+	+	+	+	+	+	+	+
Stereoscopic	+	+	+	+	-	-	+	+
Dynamic refocus (eye strain)	+	-	-	+	-	-	+	+
Occlusion	±	±	+	Limited	±	+	Limited	Limited
Power economy	+	-	-	-	-	-	-	-
Opportunities	Future dominance	Current dominance			Realistic, Mass Market	Cheap, off-the-shelf	Tuning, ergonomics	
Drawbacks		Tuning, tracking	Delays	Retro-reflective material	Processor, Memory limits	No see-through metaphor	Clipping	Clipping, shadows

Fonte: Van Krevelen e Poelman (2010)

2.1.3.2 Softwares

Os *softwares* de um sistema de RA são uma coleção de ferramentas e *aplicações* a fim de projetar, desenvolver e manter ambientes aumentados ou virtuais, além de seu banco de dados, onde as informações são armazenadas (CHENG; TEIZER, 2013 apud LI et al., 2018). Desse modo, ele deve ser escolhido de acordo com a exigência da aplicação, para alcançar os diferentes níveis de imersão ou interação desejáveis.

Essas soluções e sistemas são usadas para resolver problemas de rastreamento e registro na RA. Em termos simples, na Web AR isso permite ao navegador realizar certas tarefas, como enviar áudio e vídeo em tempo real entre usuários online, sem ter que baixar nenhum software adicional para fazer isso.

Essas tecnologias da Web estão evoluindo rapidamente, sendo cada vez mais avançadas, tanto para atender requisitos básicos, quanto de melhoria de desempenho para Web AR. Conhece-los é importante pois alguns desses parâmetros são requisitados para executar determinadas características gráficas/visuais na RAM.

Qiao et al. (2019a) aborda algumas das principais tecnologias de software que habilitam a Web AR.

Buscou-se verificar qual dos navegadores é o mais adequado ou possuem melhor desempenho para o uso desta pesquisa. A plataforma *Can i use*¹⁷ fornece tabelas de suporte atualizadas para as tecnologias de *Web front-end*, em navegadores *Desktop* e *Móveis*. Qiao et al. (2019a) compara o desempenho das quatro principais tecnologias de software que integram sistemas de Web AR, nos navegadores mais comuns do mercado, conforme ilustrado na Figura 23. Os dados, mesmo realizados já no final de 2018, revelam tolerância satisfatória à aplicação da Web AR através de navegadores nativos tanto do sistema operacional Android quanto iOS, sendo respectivamente seus navegadores o Chrome for Android/Samsung Internet e iOS Safari os mais comuns, todos habilitados a mais vasta gama de possibilidades de aplicação de Web AR. Apenas o IE Mobile, mesmo em sua versão mais recente (para 2018), não habilitou as tecnologias WebAssembly e WebRTC, cruciais para o desempenho e visualização do conteúdo virtual em tempo real. Todas estas tecnologia, consultadas atualmente em abril de 2021, são suportadas pelos navegadores atuais.

Figura 23 – Desempenho e suporte de tecnologias habilitadoras da Web (*WebAssembly*, *WebGL*, *WebRTC* e *Web Workers*) para aplicação na Web AR, analisados até dezembro de 2018. Os números indicam apenas as versões de cada navegador, enquanto as cores determinam de fato a compatibilidade.

Browsers		Desktop Browser					Mobile Browser					
		Edge	Firefox	Chrome	Safari	Opera	IE Mobile	Firefox for Android	Chrome for Android	iOS Safari	Opera Mobile	Samsung Internet
Enabling Web Technologies for Web AR	WebAssembly	2-46	12-14	15	16-17	18						
		47-51	47-51	51-56	57-69	63	10	63	70	3.2-10.3	12-12.1	4-6.2
		52	52	51-56	57-69	63	11	63	70	11-11.4	46	7.2
		53-62	53-62	57-69	57-69	63				12.1		
	WebGL	64-65	64-65	71-73	71-73	70						
		71-73	71-73	71-73	71-73	70						
		TP	TP	TP	TP	TP						
		TP	TP	TP	TP	TP						
	WebRTC	2-21	12-14	22-43	44-62	18						
		4-22	22-43	23-55	56-69	63	10	63	70	3.2-10.3	12-12.1	4-6.2
		23-55	22-43	23-55	56-69	63	11	63	70	11-11.4	46	7.2
		56-69	44-62	56-69	56-69	63				12.1		
	Web Workers	64-65	64-65	71-73	71-73	70						
		71-73	71-73	71-73	71-73	70						
		TP	TP	TP	TP	TP						
		TP	TP	TP	TP	TP						

■ = Supported
 ■ = Partial support
 ■ = Not supported

Fonte: Qiao et al. (2019a, 2019b); plataforma *Can I use*¹⁷

¹⁷ Can I use. Index to features. Disponível em: <https://caniuse.com>.

Entretanto, no contexto de aplicação da Web AR, a emergência de novos recursos gráficos requer mais desempenho dos navegadores, desse modo comparou-se também as versões dos navegadores mais recentes e algumas de suas tecnologias de habilitação emergentes, Figura 24. Destaca-se o navegador Chrome, sobretudo *Mobile*, para seu uso dominante no mercado global (37,35%). O Safari do iOS, apesar de no gráfico, não evidenciar compatibilidade, ainda pode ser habilitado na opção de “Recursos Experimentais” do aplicativo para suportar essa e outras soluções mais recentes de forma beta.

Figura 24 – WebGL 2.0 - Próxima versão do WebGL. Baseado no OpenGL ES 3.0. Acima, relatório de suporte ao WebGL 2.0 para cada versão dos navegadores. Abaixo, uso relativo predominante da versão de cada navegador.



Fonte: <https://caniuse.com/>. Dados analisados em abril de 2021.

O desenvolvimento contínuo dessas tecnologias mencionadas acima fornece uma base para os aplicativos Web AR e, de maneira mais ampla, também motivam a inovação de aplicativos baseados na web para outros fins.

2.1.4 Web AR: Mecanismos de Implementação

Nesta seção, serão sintetizados mecanismos típicos de implementação em sistemas Web AR, uma vez que são através desses mecanismos, que plataformas online permitem que criadores/designers ancoram experiências RA a superfícies do mundo real. Para isso, elas integram um ou mais desses mecanismos a fim de trazer uma experiência mais fluida e agradável ao usuário, ou ainda na tentativa de promover uma experiência aumentada mais precisa.

O **rastreamento** e o **registro** são os mecanismos básicos de habilitação da RA. Sem rastreamento e registro precisos, os objetos virtuais e reais não podem ser sobrepostos perfeitamente. Vários sensores, por exemplo, têm sido usados para rastrear os usuários de modo a calcular seus pontos de vista, o que é crucial para suportar o registro estático e dinâmico.

Como dito anteriormente, os dispositivos móveis fornecem mais opções para a implementação de aplicações de RA devido a suas características e evoluções tecnológica integradas. Isso inclui suas plataformas de computação (capacidade de processamento) e qualidade de tela. Qiao et al. (2019a) elucidam três tipos típicos de Mecanismos de Implementação utilizados na RAM, baseados em tecnologias de rastreamento (*tracking technologies*, termo original), são eles:

- a) Métodos de rastreamento baseados em **sensores**;
- b) Métodos de rastreamento baseados na **visão**;
- c) Métodos de rastreamento **híbrido**;

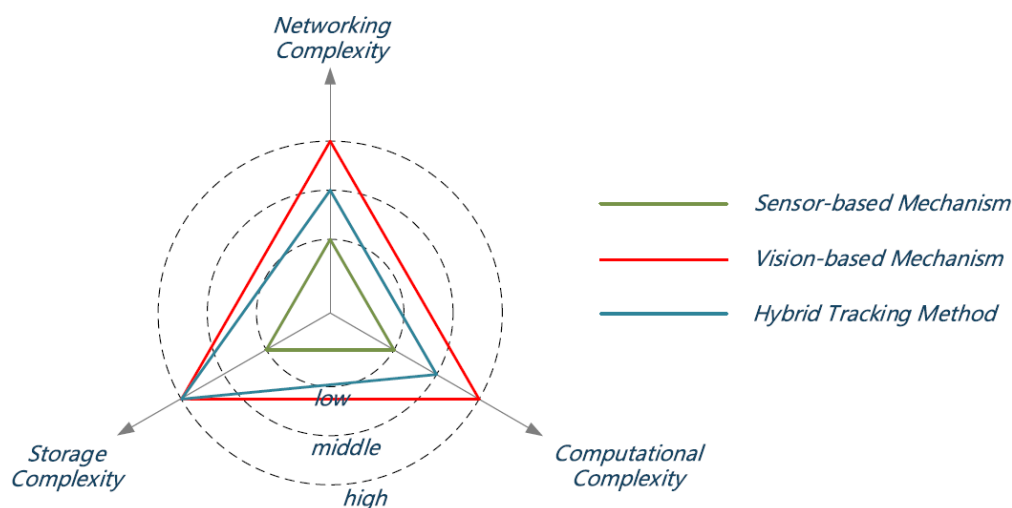
Além do **rastreamento**, **registro** e a **interação**, Höllerer e Feiner (2004 apud VAN KREVELEN; POELMAN, 2010) ainda mencionam mais três requisitos importantes para o funcionamento da RAM – a sua comunicação com os servidores. A **Complexidade** de execução da Web AR (QIAO et al., 2019a):

- a) Complexidade da **estrutura computacional**;
- b) Complexidade de **rede**;
- c) Complexidade de **armazenamento / acesso de dados**;

A Complexidade estará relacionada ao tipo de mecanismo usado na experiência RAM. O método baseado em sensores é uma abordagem de implementação RAM relativamente leve, enquanto que a abordagem baseada na visão coloca altas demandas nos recursos de computação e armazenamento da plataforma de tempo de execução, bem como na capacidade de rede (visto que as

informações virtuais para sobrepor o mundo real sofrem *delay* (atrasos) na comunicação com os servidores convencionais, como mostrado na Figura 25. O mecanismo de rastreamento híbrido é a solução mais satisfatória.

Figura 25 – Complexidades Computacionais, de Armazenamento e Rede para os três mecanismos de implementação da Realidade Aumentada Móvel (RAM).



Fonte: Qiao et al. (2019a)

2.1.4.1 Sensores

A combinação de mais de um sensor permite que muitas aplicações RAM alcancem resultados de rastreamento mais precisos. Os dispositivos móveis hoje em dia já suportam uma variedade desses sensores, como **acelerômetros**, **giroscópios**, **bússolas**, **magnetômetros**, **barômetros**, **GPS**, e assim por diante. O aumento das categorias de sensores, bem como o aprimoramento contínuo da funcionalidade desses, fornecem a base e as oportunidades para a diversificação das aplicações Web AR.

Considerando a complexidade da computação, armazenamento e rede, os mecanismos baseados em sensores possuem uma implementação leve para a Web AR. No entanto, Qiao et al. (2019a) ressaltam que esse método traz um erro de rastreamento que não pode ser avaliado e corrigido em tempo real – pois sua referência espacial funciona como um **loop aberto**, onde cada erro de interpretação de localização acumula para a próxima leitura, causando problemas de fidelidade na sobreposição dos objetos virtuais na cena real. Isso cria a necessidade do uso de

outros mecanismos, como a implementação baseada na visão para um resultado mais preciso.

2.1.4.2 Visão Computacional

Este mecanismo utiliza a câmera de dispositivos móveis para capturar o ambiente circundante, fornecendo ainda mais recursos para o **reconhecimento**, **detecção** e **rastreamento** de objetos.

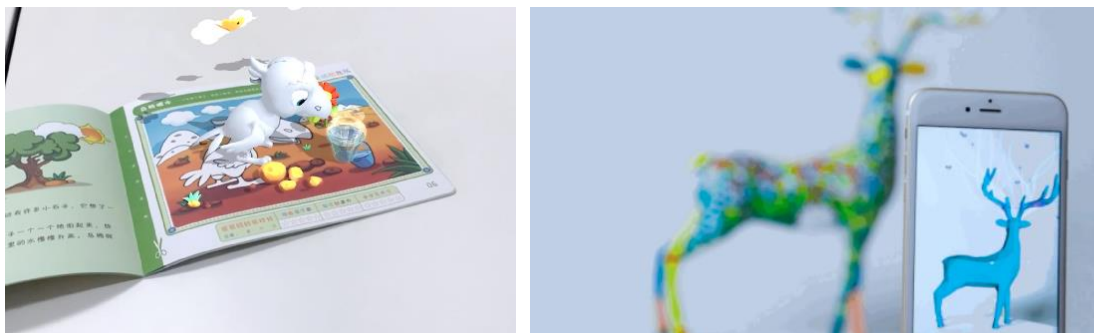
Esse tipo de mecanismo usa a **correspondências de recursos** (*references-target*, termo original) para estimar informações de pose para alinhar o conteúdo virtual com objetos do mundo real e, nesse caso, o comportamento é análogo a um sistema de **loop fechado**, pois mesmo que as correspondências visuais sejam perdidas, as correspondências (referências visuais) permitem recolocar a cena/objeto de volta a correta posição. Além disso, o rastreamento quadro a quadro evita o acúmulo de erros acima mencionados. No entanto, essa abordagem introduz um forte esforço computacional nos dispositivos móveis, especialmente para mecanismos de rastreamento de imagens, (QIAO et al., 2019a).

Os mecanismos baseados na VC usam diferentes características e podem ser categorizados, basicamente, em dois métodos: **rastreamento com marcadores** e **sem marcadores** (QIAO et al., 2019a).

O rastreamento/registro baseado em marcadores fornece uma solução robusta e estável para um ambiente preparado. Com base na detecção de recursos e correspondência de padrões, o sistema usa um marcador predefinido para atender ao requisito de rastreamento. Inclui-se duas maneiras – método fiducial e método de rastreamento baseado em recursos naturais (através de imagens 2D ou objetos 3D).

A presente pesquisa usou o método de rastreamento baseado em recursos naturais (*natural feature-base tracking*, termo original) 2D, pois evita as dificuldades encontradas pelo método de rastreamento fiducial e, portanto, amplia sua gama de aplicações, exemplificado na Figura 26. Nee et al. (2012), afirma que o rastreamento natural pode melhorar a estabilidade do rastreamento e estender o alcance do rastreamento. Com o registro natural de recursos, os aplicativos de RA podem ser desenvolvidos para ambientes despreparados. A maioria dos métodos atuais de rastreamento de objetos naturais são baseados na abordagem robusta de pontos-chave (*featuring points*).

Figura 26 – Mecanismos de Rastreamento Natural, baseado em características 2D/3D - reconhece e rastreia imagens planas (esquerda) e objetos 3D (direita), em tempo real.



Fonte: EasyAR¹⁸

O método sem marcadores detecta e compreende um ambiente sem nenhum conhecimento prévio do mesmo. Ele detecta no mundo real, por exemplo, superfícies como paredes. Esse método funciona principalmente através do uso da habilidade da **SLAM** - significa "Localização e Mapeamento Simultâneos" (*SLAM – Simultaneous Location And Mapping*, termo original) ou Rastreamento de Movimento, Ball e Rajamani (2001 apud QIAO et al. 2019a), parte central da percepção do ambiente sem marcadores para a RAM. É um algoritmo que mapeia o ambiente onde o usuário está localizado e rastreia todos os seus movimentos. Assim os equipamentos SLAM realizam duas tarefas principais: mapear, ou seja, entender como é o mundo real; e localizar-se, ou seja, identificar onde o dispositivo se encontra, de forma simultânea.

Os aplicativos de RA que contêm esse recurso podem lembrar a posição de objetos físicos em alguns ambientes e posicionar objetos virtuais de acordo com a posição e os movimentos dos usuários. A principal vantagem dessa tecnologia é a capacidade de ser usada em ambientes fechados, enquanto o GPS só está disponível ao ar livre.

As câmeras usadas na SLAM são precisas para captura em câmera lenta, fornecendo uma rica fonte de informação, mas sofrem pelo limite de leitura de quadros, causando ambiguidade de escala e possivelmente falta de robustez em caso de desfoque de movimento (movimentos bruscos/rápidos) ou mudanças de iluminação, por exemplo.

¹⁸ EasyAR Sense 4.0. Disponível em: < <https://www.easyar.com/view/sdk.html> > Acesso em: 18 abr, 2021.

2.1.4.3 Rastreamento híbrido

O rastreamento híbrido é uma maneira otimizada de lidar com as principais dificuldades colocadas pelos ambientes de RAM internos e externos. Os mecanismos híbridos dispositivos chamados de Unidades de Medição Inercial (UMI¹⁹), Hughes et al. (2005 apud VAN KREVELEN; POELMAN, 2010). As UMIs são robustas às mudanças do ambiente com altas taxas de amostragem (alta densidade de pixels), mas fornecem apenas medições proprioceptivas²⁰ (perceptiva sensorial, sem informação visual) e sofrem de vieses de sensores que degradam os registros de aceleração e velocidade angular.

Com o advento de dispositivos inteligentes, como os *smartphones*, incorporando UMIs e uma câmera, as plataformas Web AR orientadas para o público, em geral, passaram a adotar algoritmos **VISLAM** (*Visual-Inertial Simultaneous Localization and Mapping*), sendo uma alternativa promissora que combina múltiplos recursos para aumentar a qualidade de rastreamento. A VISLAM utilizando UMIs são uma boa ilustração das novas estratégias da SLAM. O quadro 4 resume os principais benefícios da VISLAM em sistemas Web AR.

¹⁹ Traduzido do inglês, *Inertial Measurement Units* – A Unidade de Medição Inercial é um dispositivo eletrônico que mede e relata a força específica de um corpo, taxa angular e a orientação do dispositivo, usando uma combinação de acelerômetros, giroscópios e, às vezes, magnetômetros. Em dispositivos móveis, um IMU pode ser integrado em sistemas de navegação baseados em GPS, dando ao sistema uma capacidade de suprir a perda de conexão momentânea (quando o sinal de GPS não está disponível, como por exemplo, em túneis, dentro de edifícios ou quando há interferência eletrônica) e a capacidade de coletar o máximo de dados precisos possível sobre a velocidade, taxa de giro, direção, inclinação e aceleração do dispositivo.

²⁰ Propriocepção, também denominada como cinestesia, é o termo utilizado para nomear a capacidade em reconhecer a localização espacial do corpo, sua posição e orientação, a força exercida pelos músculos e a posição de cada parte do corpo em relação às demais, sem utilizar a visão. Fonte: Wikipédia. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Propriocep%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 11 maio 2021.

Quadro 4 – Benefícios da VISLAM.

Benefícios da VISLAM	
Robustês	Funciona melhor em ambientes com poucas referências (texturas, pontos-chave), forte mudança de iluminação e movimento rápido do dispositivo, em comparação com o rastreamento baseado em SLAM. Além disso, possui capacidade para se recuperar quando o rastreamento é completamente perdido sobre as soluções de odometria visual, ou seja, é capaz de recuperar a escala métrica.
Escala métrica	Fornecer uma estimativa da escala real.
Rápida Relocalização	Depois que o rastreamento é perdido devido à má qualidade de referências visuais, causadas por movimentos rápidos ou pouca informação visual, a VISLAM pode recuperar rapidamente, e com precisão, o posicionamento do dispositivo uma vez que a câmera vê a região mapeada anteriormente.

Fonte: Vuforia.com e Easyar.com

O quadro 5 resume as principais características dos dispositivos baseados na visão, incluindo híbrido.

Quadro 5 – Principais características dos Dispositivos baseados na visão.

Dispositivos baseados na visão		Características	Tipo de Rastreamento	Complexidades
Método de rastreamento baseado em Marcadores	Método <i>Fiducial</i>	Maior precisão e robustez nas mudanças de condições ambientais. Esses marcadores têm características geométricas ou padrões únicos.	2D	Fáceis de serem detectados e identificados em uma experiência RA.
	Método de rastreamento de Recursos Naturais	Rastreamento amplo: de reconhecimento de imagens 2D e objetos 3D, através de câmeras ou graças a algoritmos específicos.	2D	Requer maior processamento para detecção e reconhecimento das imagens de correspondência (<i>target</i>).
			3D	Além de requerer maior processamento para detecção 3D ou à conversão do reconhecimento de imagens em objetos 3D, os algoritmos em si são os constructos
Método de rastreamento sem Marcadores		Detecta e compreende um ambiente sem nenhum conhecimento prévio do mesmo. Uso principal de SLAM.	2D/3D	Limitação computacional e de recursos dos dispositivos móveis.
Método de rastreamento Híbrido		Utiliza mais de um método -VISLAM.	2D/3D	Resultados mais precisos e robustos, com menor complexidade computacional.

Fonte: Adaptado de Qiao et al. (2019a) e Nee et al. (2012)

2.1.5 Recursos de Web AR para o rastreamento do ambiente real

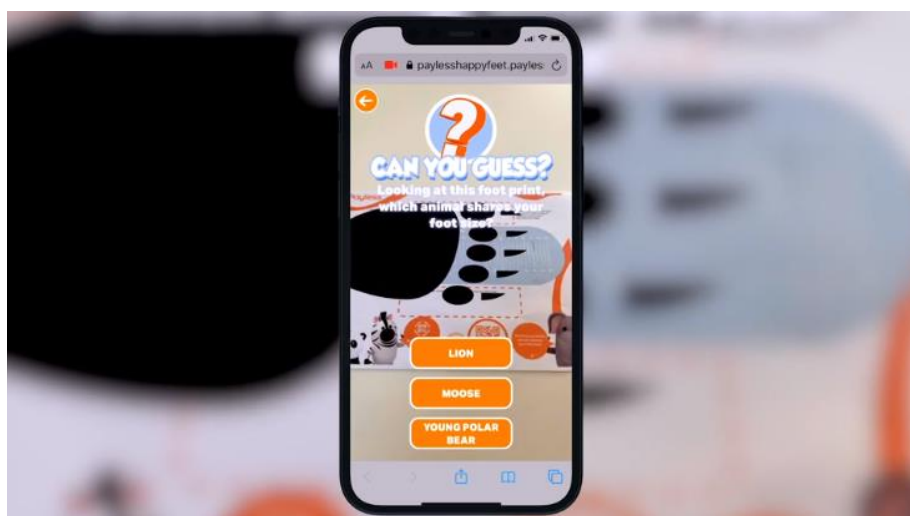
Como visto anteriormente, a tecnologia RA obtém maior precisão utilizando a Visão Computacional (VC) - através de abordagens com e sem marcadores. Esses mecanismos estão disponíveis graças aos softwares e ainda por novas tecnologias

de hardware. Desse modo, vê-se uma necessidade de documentar os principais recursos de rastreamento usados nesta pesquisa, a fim de auxiliar na compilação dos requisitos para a seleção desses provedores e o desenvolvimento de uma ferramenta de mediação para a atividade de cognição no DT para a linha produtiva da cenografia.

2.1.5.1 Planar Image Tracking (Captura de imagem plana)

O rastreamento plano tem como objetivo detectar e rastrear objetos texturizados que tenham superfícies plana no ambiente real, por exemplo, capa de livro, um cartão de visita, pôster ou até mesmo uma parede de grafite (textura). Uma imagem de destino adequada melhora a experiência aumentada, pois a câmera pode facilmente identificar o alvo definido (Figura 27).

Figura 27 – Interface de UX (User Experience) com menu flutuante estático, aplicada para interagir com diferentes efeitos holográficos aumentados a partir de um mesmo alvo.



Fonte: Zappar.

A plataforma Spark AR - software avançado de realidade aumentada do Instagram e Facebook, elucida boas práticas para o emprego do rastreamento dos alvos (*target tracking*), compilados no quadro 6

Quadro 6 – Boas práticas para o rastreamento de imagens.

Escolhendo uma boa imagem de Alvo (<i>Image Target</i>)	
Alto contraste	Imagens devem ter alto contraste tonal. Isso significa evitar imagens com muitas cores pastéis. As imagens coloridas e P&B funcionarão.
Alta resolução	Menor resolução geram imagens com menos contraste. Certifique-se de que sua imagem tenha uma resolução de pelo menos 300 px, ou seja nítida.
Nitidez (Detalhes)	Usar imagens com detalhes nítidos. Evitar usar imagens com predominância de degradês.
Composição / Assimetria / Complexidade	Evite simetria e padrões repetidos. As imagens com padronagens podem ser interpretadas erroneamente, sendo facilmente invertidas. Deve-se evitar repetir os mesmos elementos.
Superfícies Planas	Alvos em superfícies curvas, como garrafas, não funcionarão adequadamente, pois o rastreamento de alvos é destinado a imagens de superfície plana. Porém, é possível aplicar, desde que o alvo não seja ocluso pela superfície curva.
Forma (Silhueta) do Alvo	Algoritmos suportam qualquer silhueta. Elas não têm que ser retangulares ou quadradas.
Áreas em Branco	Áreas livres de contraste dificultam a criação de pontos-chave (<i>feature points</i>).

Fonte: Spark AR²¹.

2.1.5.2 Surface Tracking (Captura de Superfície)

Para criar a correspondência entre espaços reais e virtuais, o rastreamento de superfície usa as informações da câmera e do sistema UMI, presente nos dispositivos móveis.

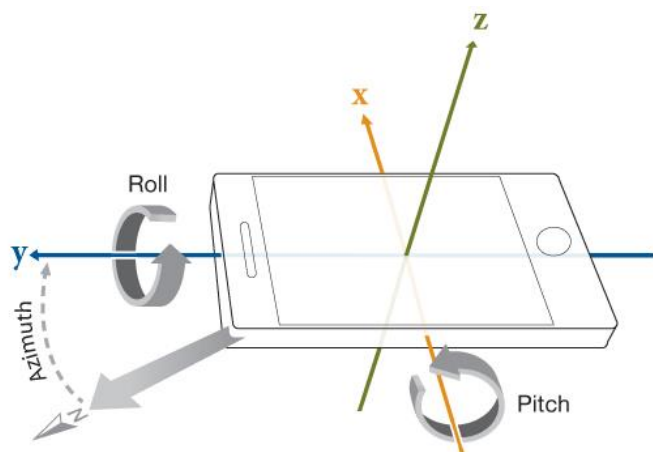
A Captura de Superfície implementa um rastreamento simplificado, através de seis graus de liberdade (*6DOF*²²), que rastreia a posição relativa entre o dispositivo e o ponto-chave de referência (Figura 28). Em comparação com a Captura de

21 Spark AR: Best Practices for Target Tracking in Spark AR Studio. Disponível em: < <https://sparkar.facebook.com/ar-studio/learn/articles/world-effects/best-practice-for-target-tracking#Choosing-a-good-target-image> > Acesso em: 04 mai, 2021.

22 Seis graus de liberdade é uma mensuração específica de parâmetros para o número de graus de liberdade que um objeto tem no espaço tridimensional, como no mundo real. Significa que há seis parâmetros o dispositivo pode se mover. 6DOF consistem nos seguintes parâmetros de movimento: movimento – movendo-se ao longo dos diferentes eixos X, Y e Z (para cima e para baixo, para frente e para trás, esquerda e direita); rotação – a fim de visualizar um eixo diferente (termos em inglês, *pitch*, *yaw*, *roll*).

Movimento (capacidade VISLAM), a Captura de Superfície é compatível com mais dispositivos (capacidade SLAM) por utilizar menos recursos.

Figura 28 – Visualização dos Eixos X, Y, Z e os parâmetros de movimento (pitch, roll, yaw), respectivamente.



Fonte: stackoverflow.com²³

A abordagem da captura da superfície reconhece características significativas nas imagens capturadas pela câmera, rastreia as diferenças no posicionamento dessas características através dos quadros (*frames*) contínuos gravados pelo dispositivo e, então, o objeto virtual é colocado próximo a esse ponto-chave selecionado. Durante o movimento do dispositivo, a posição desse ponto-chave será continuamente atualizada e o objeto virtual será projetado na superfície desses pontos de recurso.

2.1.6 Web AR: Métodos de Implementação

Para compensar a capacidade limitada de navegadores web, é importante considerar a maneira de como a Web AR processa as informações visuais e de posicionamento. Ela pode ser processada localmente - no aparelho celular; ou remotamente - na nuvem. Então qual desses métodos escolher?

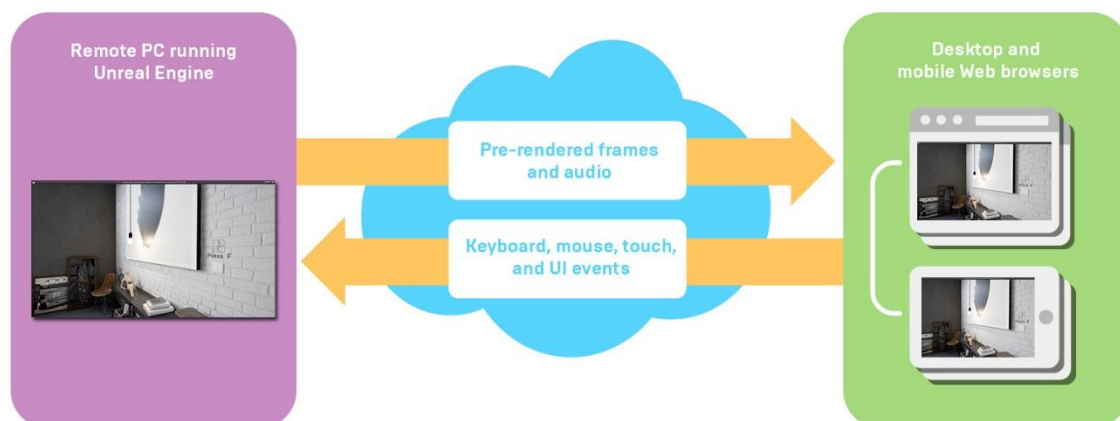
²³ [stackoverflow.com: Android: get device orientation from Azimuth, roll & pitch](https://stackoverflow.com/questions/25972519/android-get-device-orientation-from-azimuth-roll-pitch). Disponível em: <<https://stackoverflow.com/questions/25972519/android-get-device-orientation-from-azimuth-roll-pitch>> Acesso em: 09 mai, 2021.

A Web AR, sendo uma ramificação da RAM é classificada em dois tipos, segundo Qiao et al. (2019a): método computacional independente e método computacional terceirizado.

O método computacional independente executa todas as tarefas no dispositivo móvel localmente (ou seja, abordagem de processamento offline). Sendo necessário ainda o download da cena e modelo 3D alocado nas plataformas. A vantagem deste método é que ele é menos dependente das redes móveis, de modo que o desempenho de rastreamento em tempo real não será degradado por um atraso adicional de comunicação (rede). No entanto, a capacidade de computação ineficiente de alguns dispositivos móveis pode causar travamentos ou redução do número de quadros por segundo da renderização, além de ineficiência da bateria dos dispositivos não ser projetada para tal fim.

Já o método computacional terceirizado aproveita os recursos de computação e armazenamento dos servidores na nuvem, geralmente fornecendo uma experiência ao usuário melhor do que o supracitado, em quesitos de performance gráfica. No entanto, esse método é facilmente afetado pelas condições da rede, devido a sua forte dependência a troca de dados, portanto, afetando o desempenho de sistemas Web AR. A Figura 29 mostra um exemplo deste método - uma experiência interativa vívida de 30 fps, proporcionada pelo Pixel Streaming, da Unreal Engine. A plataforma permite que você transmita o conteúdo de alta qualidade para praticamente qualquer navegador da Web, em qualquer plataforma - até mesmo dispositivos móveis – sem necessidade de download e requisitos de instalação. Apesar dos benefícios citados, a plataforma, na prática, possui diversas instabilidades e barreiras técnicas, como por exemplo, relacionadas a compatibilidade com versões específicas de navegadores, portas de conexões que precisam ser abertas para permitir a interação entre dispositivos, além de limitações quanto a UX, ou seja, nativamente este sistema da Unreal permite apenas caminhadas, sem instruções interativas para usuários – o que exigiria o desenvolvimento de uma UI por desenvolvedor ou designer, sendo esta mais uma barreira voltada a prática do mercado em questão.

Figura 29 – Framework de funcionamento do Pixel Streaming (plataformas de computação terceirizadas).



Fonte: Unreal Engine ²⁴

Com base nas declarações anteriores, o quadro 7 compara níveis de aptidão de dispositivos e métodos de implementação em sistemas Web AR. Primeiramente, é importante visualizar a relevância sobre a qualidade da conexão, que impactam na qualidade computacional, em geral. Em segundo, se comprova que o uso de dispositivos híbridos de rastreamento, com método computacional independente possuem desempenho superior. Assim, buscou-se utilizar plataformas com sistemas Web AR de computação independente, sendo mais viável na maioria dos métodos de rastreamento, visto menor dependência de latência, para o atual mercado brasileiro e realidade dos ambientes de cenografia.

²⁴ Pixel Streaming: delivering high-quality UE4 content to any device, anywhere: < <https://www.unrealengine.com/en-US/blog/pixel-streaming-delivering-high-quality-ue4-content-to-any-device-anywhere> > Acesso em: 25 jan, 2023.

Quadro 7 – Níveis de aptidão (Alta, Média, Baixa) tecnológica para sistemas Web AR na atual rede 3G/4G. Uma comparação da capacidade computacional.

	3G / 4G				5G			
	Dispositivo baseado em Sensores	Dispositivos baseados na visão		Dispositivos Híbridos de rastreamento	Dispositivos baseado em Sensores	Dispositivos baseados na visão		Dispositivos Híbridos de rastreamento
		Método baseado em Marcadores	Método sem Marcadores			Método baseado em Marcadores	Método sem Marcadores	
Método Computacional Independente	ALTA	MÉDIA	BAIXA	MÉDIA	ALTA	ALTA	MÉDIA	ALTA
Método Computacional terceirizado <i>Soluções baseadas na Computação na nuvem.</i>	ALTA	MÉDIA	BAIXA	BAIXA	ALTA	ALTA	MÉDIA	ALTA

Fonte: Adaptado de Qiao et al. (2019a)

Apesar da abordagem web oferecer serviços universais, leves e multiplataformas, Qiao et al. (2019a) demonstra que a eficiência computacional; energética; e de rede móvel podem sofrer diversas limitações quando aplicadas em casos reais, partindo do princípio que a Web AR é um aplicativo de computação e dados intensivos (alto processamento). O conhecimento sobre essas limitações pode possibilitar tomadas de decisões importantes relacionadas ao planejamento de experiências de RAM focadas em dispositivos portáteis.

Esses recursos limitados de computação e renderização na web para dispositivos móveis tornam mais desafiador a tarefa de obter uma experiência Web AR de alto desempenho e com baixo consumo de energia, impactando assim a experiência do usuário. Esses aspectos demonstram importantes fundamentos para elenco de parte dos requisitos relacionados ao método para construção do artefato desta pesquisa, quanto a escolha das plataformas - levando em consideração robustez de servidores, interfaces de usuário, e computação dos modelos tridimensionais nos sistemas Web AR.

2.2 ASPECTOS COGNITIVOS: FATORES HUMANOS

Para desenvolver aplicações de RA com alta eficácia, Zhou, Duh e Billingham (2008) sugerem que a perspectiva centrada no usuário deve ser incorporada, sendo necessária uma maior compreensão sobre o impacto das características de sistemas

RA às atividades humanas. Nesse prisma, os fatores humanos desempenham um papel importante na concepção de experiências aumentadas.

Outro campo de estudo que considera aspectos cognitivos e que, portanto, é interessante documentar, a Ergonomia Cognitiva - proposta pela *Interaction Design Foundation*. É o domínio da ergonomia focada em tornar os produtos simples, claros e fáceis de usar:

A Ergonomia Cognitiva é o campo de estudo que se concentra em quão bem o uso de um produto corresponde às capacidades cognitivas de seus usuários. Baseia-se no conhecimento da percepção humana, do processamento mental e da memória. Em vez de ser uma disciplina de design, é uma fonte de conhecimento para os designers usarem como diretrizes para garantir uma boa usabilidade. PAPANTONIOU, [200-].

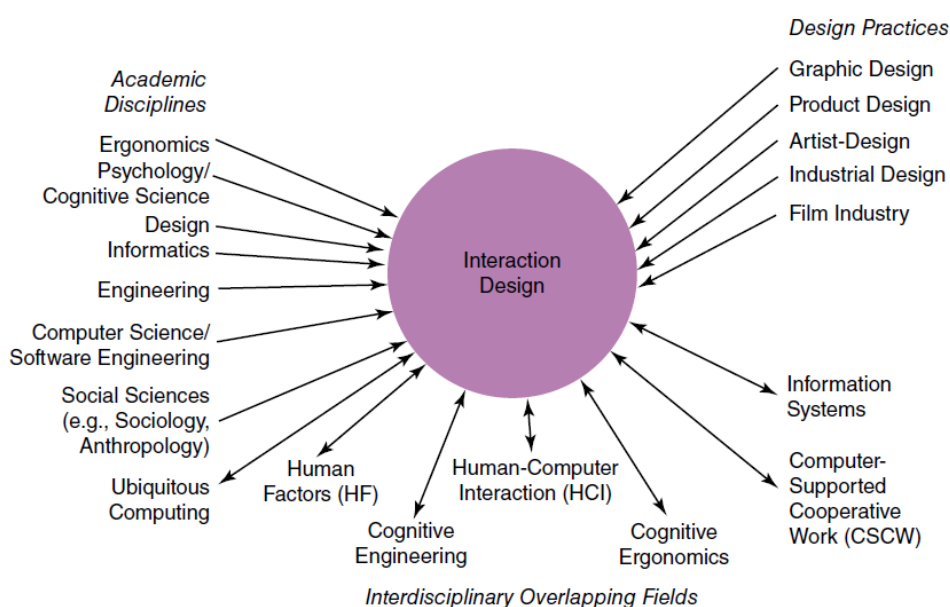
Segundo a fundação, os tópicos relevantes incluem a carga de trabalho mental, tomada de decisão, desempenho qualificado, interação homem-computador, confiabilidade humana, e o estresse no trabalho e treinamento. Fatores que podem estar relacionados ao design do sistema humano, e que coincidem com os fundamentos cognitivos também estudados neste e nos capítulos subsequentes.

Segundo Huang et al. (2013), o desenvolvimento de tecnologias de computação revolucionou a Interação Homem-Computador (IHC), ou *Human-Computer Interaction* - termo original, ao levar as pessoas a interagir ativamente e naturalmente com tecnologias dentro de uma ampla gama de contextos. A IHC é um campo multidisciplinar, que enquanto disciplina acadêmica, estuda com foco na interação entre humanos (usuários) e computadores. Já como disciplina de design, o IHC expandiu-se, atualmente, projetando intervenções para sistemas envolvendo pessoas e tecnologias.

Segundo Huang, Alem e Livingston (2013), com o surgimento de tecnologias como a Internet e o *smartphone*, o uso do computador se afastaria cada vez mais da área de trabalho para abraçar o mundo *mobile*. Sendo assim, novos desafios surgiriam, derivando-se de telas menores, que oferecem propriedades para apresentação de conteúdo e elementos interativos reduzidos. Desta maneira, o reconhecimento de fatores como **forma, interação e contexto de uso** levou ao estabelecimento de um novo campo de estudo chamado de Interação Homem-Computador Movel (IHC Móvel), (HUANG; ALEM; LIVINGSTON, 2013).

Hoje em dia, a IHC tem se expandido tanto em seu escopo, que se sobrepõe às várias áreas do Design de Interação (DI), como ilustrado na Figura 30. Com isso, as novas abordagens teóricas emergiram com intuito de serem aplicadas ao estudo do funcionamento cognitivo no campo da IHC, em substituição à interpretação da mente humana apenas como um processador de informações e a cognição como uma análise isolada das ações do usuário.

Figura 30 – Relação entre design de interação, interação humano-computador (IHC) e outras abordagens. As setas duplas significam sobreposição.



Fonte: Sharp, Preece e Rogers (2019)

Nesta seção, serão exploradas **questões cognitivas** envolvidas nos sistemas RAM através de sua interação entre o usuário e seu contexto, a fim fundamentar as conjecturas comportamentais que direcionam a concepção do artefato.

2.2.1 A cognição incorporada na interação de RAM

Em geral, aplicativos de RA melhoram as tarefas e/ou percepção do usuário sobre o mundo.

A abordagem teórica da **perspectiva cognitiva incorporada** sugere que os processos cognitivos são fundamentados na interação corporal no ambiente real e em tempo real (WILSON, 2002). As literaturas sobre cognição incorporada e situada

defendem as forças que impulsionam a atividade cognitiva não residem apenas dentro da cabeça do indivíduo, mas, em vez disso, são distribuídas pelo indivíduo e pela situação que interagem. Portanto, para entender a cognição também deve-se estudar a situação e os indivíduos situados como um sistema unificado.

A perspectiva incorporada da IHC Móvel envolve o significado e a compreensão dos usuários usando tecnologias em ambientes físicos e sociais. Desse modo, a RA oferece novos recursos para a interação, ela possui o potencial para melhorar as experiências dos usuários através do fornecimento de informações digitais relevantes para o ambiente real, sem privar os usuários de seu contexto, (HUANG; ALEM; LIVINGSTON, 2013). O movimento e a localização dos usuários também podem desencadear certos eventos em atividades móveis suportadas pela RA. Portanto, o engajamento dos usuários também é importante para a interação RAM, e a interação está vinculada tanto ao ambiente físico quanto social (seu contexto). Além disso, pode-se afirmar que os sistemas RAM devem buscar fortalecer a construção de significado e compreensão dos usuários em ambientes aumentados. Com base nessas características de interações RAM, os autores identificam três categorias principais quanto as questões cognitivas na interação RAM: **apresentação de informações, interação física e experiência compartilhada**.

Para cada categoria, aspectos relevantes afetando o funcionamento cognitivo relacionados a cada questão supracitadas foram resumidos objetivamente nos quadros subsequentes para fins de elencar os requisitos projetuais da ferramenta de mediação no processo cognitivo do desenho técnico para o ambiente cenográfico.

2.2.1.1 Apresentação das Informações

“A exibição de informações virtuais sobre o mundo físico é uma propriedade fundamental das interfaces RA” (HUANG; ALEM; LIVINGSTON, 2013, p. 112). Segundo os autores, a **quantidade, representação, posicionamento e visualização** das informações são elementos que devem ser levados em conta para esclarecer o impacto da apresentação de informações sobre o funcionamento cognitivo na RAM, os quais são resumidos no quadro 8.

Quadro 8 – Questões cognitivas envolvidas no uso de sistemas RA para apresentação das informações na realidade aumentada móvel.

Quantidade	Planejar a quantidade de informações disponíveis aos usuários torna-se fundamental na RAM, a fim de apoiar o processo cognitivo de dar sentido à informação. (Bell <i>et al.</i> , 2001)
	Disponibilizar uma grande quantidade de informação simultaneamente pode resultar em visualização sobrecarregada. Ela estabelece barreiras para a busca de alvos e a confusão visual tem efeitos negativos na compreensão dos usuários sobre as informações fornecidas pela RA. (Stedmon <i>et al.</i> 1999)
	Quando aplicar a RAM para realizar visualizações Raio-x, abordar efeitos cognitivos sob a quantidade de informação: a apresentação de estruturas ocultas significativas requer o fornecimento de uma quantidade adequada de dicas de profundidade para ajudar na compreensão. (Kalkofen <i>et al.</i> 2007)
	Informações virtuais adicionais podem ocluir informações importantes no cenário real, o que leva a um aumento das cargas mentais para dar sentido ao ambiente. (Kalkofen <i>et al.</i> 2007)
Representação	A representação de informações virtuais em RAM precisa ser considerada para aumentar a capacidade dos usuários de reconhecer e compreender informações. (Weidong <i>et al.</i> 2014)
	A separação entre informações e o espaço físico produz "distância cognitiva" para os usuários, uma vez que eles têm que alternar entre espaços visuais distintos para extrair informações da tela informativa e, em seguida, aplicar essas informações em situações do mundo real. A transição da atenção nesses processos aumenta as cargas cognitivas dos usuários. (KIM; DEY, 2010)
	Principais representações de imagens virtuais em RAM: pontos, anotações textuais, gráficos 2D e gráficos 3D. A representação das informações impacta os esforços dos usuários para vincular dados virtuais a locais reais, a fim de entender o mundo físico. (Klinker <i>et al.</i> 2008)
	Representações 3D foram consideradas mais capazes de exibir informações espaciais do que representações 2D; o alto nível de realismo facilitado por representações 3D tornou a cena virtual mais compreensível. (CLARK, 2004)
Posicionamento	Otimizar a configuração de informações virtuais é um aspecto indispensável a ser considerado ao gerenciar a visualização na RAM. A distribuição (<i>layout</i>) das informações pode impactar sua compreensão; o arranjo adequado de informações ajuda os usuários a conectar o significado de informações virtuais com a visão do mundo real. (Bell <i>et al.</i> 2001)
	Mudanças não naturais das posições das informações virtuais entre dois quadros (<i>frames</i>) podem levar a descontinuidades visuais; minimizar a descontinuidade visual serve como um objetivo ao gerenciar a visão na RA. (Bell <i>et al.</i> 2001)
	A desordem visual pode causar ambiguidade em contextos RA e exercer um impacto negativo na compreensão dos usuários sobre objetos-alvo. Além disso, a distância relativa entre os rótulos virtuais e o objeto-alvo pode afetar o movimento dos olhos dos usuários ao ler informações, (Ganapathy <i>et al.</i> 2011). Em estudo realizado por Azuma and Furmanski (2003), à medida que a distância relativa do rótulo aumentava, os usuários precisavam de mais tempo para ler o rótulo aumentado (em RA).
	Usuários de RAM suportado por dispositivos portáteis geralmente alternam interativamente sua atenção entre o display portátil e a configuração circundante. O <i>layout</i> das informações pode impactar a eficácia da compreensão de informações rapidamente. (Bell <i>et al.</i> 2002)
Combinação de visualizações	Um conjunto de técnicas de visualização, como <i>zoom & panning</i> , visão geral e detalhada, foco e contexto são empregados para combinar múltiplas visualizações em um único display. Essas técnicas tentam fazer uso pleno do espaço de exibição e aumentar a eficiência da busca de informações. (COCKBURN; KARLSON; BEDERSON, 2009)

Fonte: Adaptado de Huang, Alem e Livingston (2013)

Além dos aspectos cognitivos, a apresentação das informações inserida em contextos é outro importante objetivo a respeito da visualização de informações quando leva-se em consideração a construção estratégica de interfaces, e (COCKBURN; KARLSON; BEDERSON, 2009) realizaram um extenso levantamento de possíveis abordagens para apresentação de contextos em interfaces. Os autores apresentaram quatro abordagens de interface que permitem aos usuários obterem tanto vistas segmentadas (focais) como contextualizadas (ampla) dos seus espaços de informação: Panorama + Detalhe, Zoom, Foco + Contexto, e Sugestão (Dicas). Os sistemas de Panorama + Detalhe permite simultaneamente visualização focal e de contexto, que são espacialmente segregadas nas dimensões x, y ou z. Sistemas de Zoom permitem que todo o espaço de exibição seja dedicado alternadamente entre vistas focais ou de contexto (ampla), segregando temporalmente seu display (Figura 31). Os sistemas Foco + Contexto apresentam foco e contexto dentro de um único display. Isso é conseguido através de uma variedade de técnicas, incluindo remover seletivamente, diminuir ou ampliar itens, e vários displays que suportam um amplo campo de visão. Finalmente, os sistemas baseados em Sugestão modificam a exibição de itens para realocá-los, destaca-los ou suprimi-los, dependendo dos critérios de contexto ou de pesquisa na interface.

Abaixo é sintetizado um conjunto de recomendações de Cockburn, Karlson e Bederson (2009) a respeito das abordagens de interface para a apresentação de informações e contextos espaciais, compilado no quadro 9.

Quadro 9 – Recomendações para designers - revisão das interfaces: Visão Geral + Detalhes, zoom e foco + contexto.

Panorama + Detalhes	Vários estudos descobriram que interfaces com visão Parnarama + Detalhe são preferidas em vez de outras técnicas. Para tarefas específicas, como a compreensão de documentos, nenhuma alternativa foi encontrada mais eficaz.
Zooming (animação)	A separação temporal de vistas pode facilmente aumentar a carga cognitiva substancialmente para os usuários na assimilação da relação entre os estados de pré e pós-zoom. Animar a transição entre os níveis de zoom pode reduzir drasticamente essa carga cognitiva.
Foco + Contexto	Existem várias estratégias para exibir a região focal dentro do contexto (ambiente) circundante: 1) Remoção dos itens não focais do <i>display</i>; 2) Distorção para alterar a escala de itens de acordo com o grau de interesse; 3) Telas com campo de visão ampla
Técnicas de Sugestões	Técnicas baseadas em sugestão modificam como os objetos são renderizados virtualmente e podem introduzir representações para os objetos que ainda não aparecem no visor. A sugestão visual pode ser usada em conjunto com qualquer um dos esquemas supracitados, e são normalmente aplicados em resposta a critérios de pesquisa.

Fonte: Cockburn, Karlson e Bederson (2009)

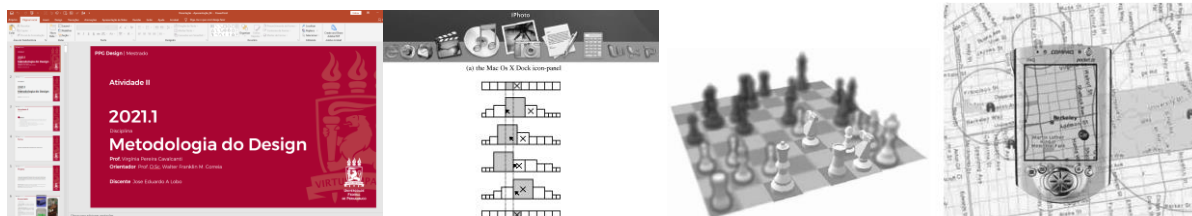
Figura 31 – Google Earth: um exemplo de interface Panorâmica + Detalhe. A visualização panorâmica do globo no canto da tela permite o usuário de visualizar o contexto da região detalhada. Além disso, a plataforma utiliza do Zoom com transição animada e velocidade cautelosamente calibrada para reduzir a carga cognitiva entre foco e contexto. Da esquerda para a direita, Contexto panorama, transição (zoom) animada e foco.



Fonte: O Autor. Extraído de Google Earth.

Independentemente dos desafios de usabilidade levantados por cada uma das técnicas, Visão Panorâmica + detalhes e interfaces de Zoom são agora componentes padrão de muitas interfaces gráficas, como ilustrado na Figura 32. Portanto, parece claro que o suporte a Vistas de Foco e Contextualizadas podem melhorar a interação sobre softwares restritos a um único tipo de vista. A questão torna-se então qual estilo de interface, ou qual combinação de estilos, oferece as maiores vantagens de desempenho, para quais tarefas, e sob quais condições?

Figura 32 – Exemplos de abordagens para apresentação da informação - da esquerda para a direita, respectivamente: Powerpoint com vista Panorâmica + Detalhe; Alvo de movimento por distorção (Mac OS); técnica de sugestão focal com desfoque de profundidade de campo (DOF, *depth-of-field*); técnica de sugestão contextual com uso de círculos na tela, indicando novos pontos de interesse focais.



Fonte: Cockburn, Karlson e Bederson (2009)

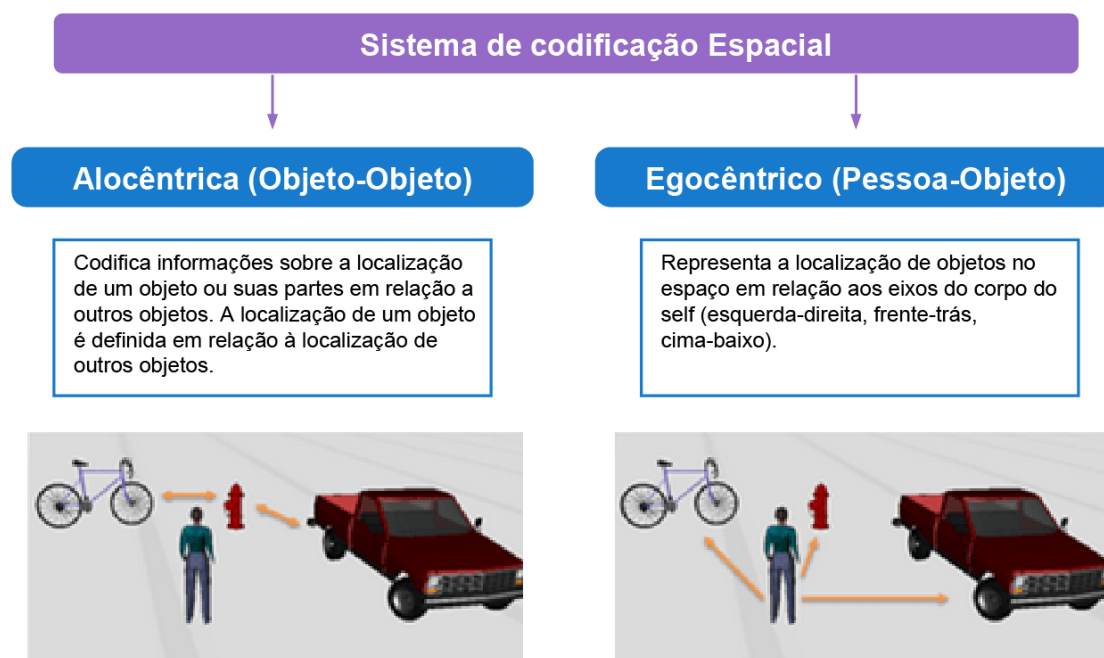
Em geral, os resultados apresentados pelos autores mostram evidências de esforço cognitivo quando os usuários são forçados a alternar entre duas vistas separadas, método de Panorama+Detalhe, bem como quando os usuários devem assimilar mudanças de estado entre as condições de pré e pós-zoom (*Zooming*). No entanto, no caso específico dos dispositivos móveis, Chittaro (2006) aponta dificuldades para criar visualizações informativas com Vista Geral + Detalhes devido ao espaço limitado da tela de *smartphones*; ele sugere como possíveis alternativas a inserção de “dicas” nas telas para conscientizar usuários sobre objetos fora do quadro visual da tela, ou empregando técnicas de navegação intuitivas.

Além dessas diretrizes visuais, as representações do ambiente na mente humana são cruciais para a navegação, facilitando processos como lembrar localizações de pontos de referência, compreender relações espaciais entre objetos e integrar rotas. No entanto, a falta de consenso sobre como essas representações são codificadas e armazenadas na memória é uma questão significativa. Para isso, a presente pesquisa buscou estender a compreensão sobre como as diferenças individuais na capacidade de visualização afetam atividades mais complexas, como navegação espacial, aprendizagem e resolução de problemas em matemática, ciências e arte.

Com base em evidências comportamentais e neurocientíficas, Maria Kozhevnikov formulou um quadro teórico de diferenças individuais em imagens visuais, e sugeriu que a habilidade de visualização é dividida em duas dimensões principais: objeto e espacial, e que a dimensão espacial é dividida em dimensões aloentrícas e egocêntricas. Todas essas habilidades de visualização fundamentam o sucesso em diferentes tarefas complexas do mundo real e preveem a especialização

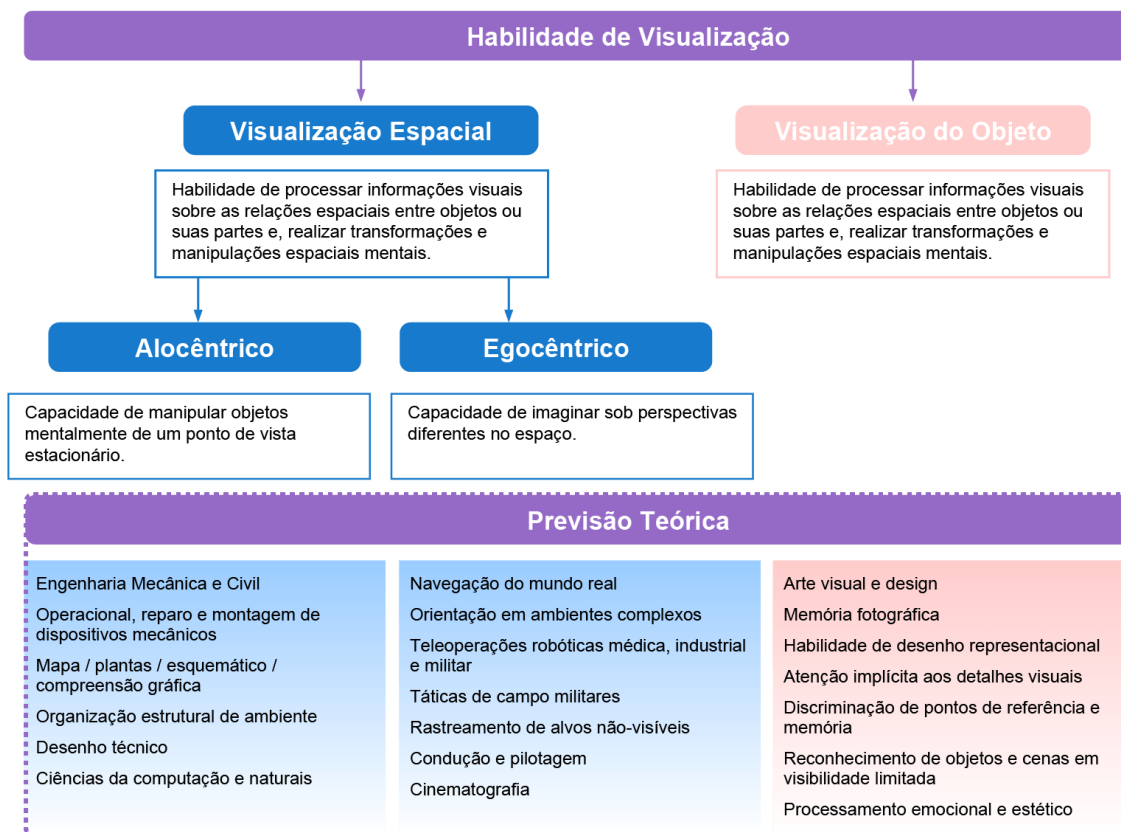
em diferentes domínios profissionais e acadêmicos conforme demonstrado na Figura 33 e 34.

Figura 33 – Sistema de Codificação Espacial, Alocêntrico e Egocêntrico.



Fonte: Havard.edu²⁵

Figura 34 – Framework teórico: dimensões das habilidades de visualização e suas previsibilidades de implementação.



Fonte: harvard.edu²⁶

O mapeamento teórico de Kozhevnikov traz importantes considerações a respeito da estratégia de codificação espacial a ser usada para a ferramenta de mediação nas atividades cognitivas do desenho técnico dessa pesquisa. As características a respeito das habilidades de visualização demonstram vantagens específicas em seu uso, por exemplo, na visualização espacial, a representação alocêntrica pode ser empregada para melhor compreensão sobre as projeções gráficas (ortográficas e vistas auxiliares) no DT para garantir que um objeto seja fabricado exatamente como o designer pretendia além de auxiliar no diagnóstico da equipe de produção, realizando possíveis inferências a respeito de capacidade/resistência/custos do design. Da mesma forma, com o uso da visualização do objeto, a manipulação, transformações espaciais e sua representação realista auxiliam na compreensão do apelo estético e emocional que o design deve possuir ao

²⁶ Imagery Lab: Mental Imagery and Human-Computer Interaction Lab. Disponível em: < https://www.nmr.mgh.harvard.edu/mkozhevnlab/?page_id=9 > Acesso em: 11 jul, 2021.

ser construído – fatores como acabamento podem ser levantados através dessa técnica.

Em vista disso, o uso combinado de diferentes tipos de visualização, podem ampliar a habilidade de visualização espacial do usuário, reduzindo a carga cognitiva sobre a leitura de elementos gráficos de natureza técnica. Sob o mesmo ponto de vista, resultados preliminares de uma validação de experimento com estudantes de Engenharia Mecânica, realizado por Pereira e Silveira (2014), indicaram que uma metodologia que utilize elementos de Realidade Aumentada, mesclada a materiais tradicionais, geram benefícios sobre a absorção cognitiva do conteúdo. Esse experimento também trouxe outro fator de influência: a interação física na RAM - nesse caso, quanto a possibilidade de manipulação direta através de interação tangível dos gráficos impressos que através das mãos manipulava-se os marcadores de rastreamento da RA, contribuindo assim para intuitividade da manipulação, reduzindo a carga cognitiva. Fatores de interação física na RAM serão aprofundados a seguir.

2.2.1.2 Interação Física

De acordo com a linha teórica da perspectiva incorporada, a cognição é fundamentada no envolvimento do corpo humano com as tecnologias (WILSON, 2002). Desse modo, os aspectos interativos sobre a visualização assim como a visualização centrada no usuário serão enfatizados para fins de fundamentos para construção da ferramenta mediadora do DT que será analisada no ambiente cenográfico.

Além da maneira como as informações são apresentadas, considerações às questões cognitivas de interação física na RAM podem ser analisadas, a fim de melhorar a eficácia dos sistemas: **navegação, manipulação direta e criação de conteúdo** representam três ações físicas típicas engajadas pelos usuários na RAM e são descritas nesta seção.

A realidade aumentada móvel (RAM) traz experiências inovadoras às atividades de navegação, diminuindo a distância entre o ambiente físico e as representações virtuais. Segundo Veas et al. (2010 apud HUANG; ALEM; LIVINGSTON, 2013, p.117) a consciência espacial, incluindo "o conhecimento de uma pessoa sobre a auto localização dentro do ambiente, dos objetos circundantes, das

relações espaciais entre objetos e entre objetos e usuário, bem como a antecipação do futuro status espacial do ambiente", são fatores importantes para avaliar o sucesso da navegação. O quadro 10 elenca alguns dos principais aspectos encontrados sobre a interação física, relacionadas à navegação.

Quadro 10 – Aspectos da interação física na RAM, relacionadas à Navegação.

Tipo de Interação Física na RAM	Características
Navegação	A RAM traz experiências inovadoras para as atividades de navegação, diminuindo a distância entre ambiente físico e virtual abstrato (HUANG; ALEM; LIVINGSTON, 2013, tradução nossa).
	Usuários geralmente operam dentro de dois <i>frames</i> de referência: egocêntrico e excêntrico – para construir representações mentais das informações circundantes. (MULLONI; DÜNSER; SCHMALSTIEG, 2010)
	Além de apenas fornecer informações diretas aos usuários, pesquisas sobre RAM tem focado nas dimensões de interação em navegação a fim de motivar os usuários a fazer atividades auto exploratórias e aumentar sua consciência espacial dos espaços físicos (RENEVIER; NIGAY, 2001, tradução nossa).
	A capacidade dos usuários de mudar de pontos de vista na busca por informações é crucial, em sua navegação exploratória do ambiente. Alguns aplicativos RAM possibilitam transitar ativamente por diferentes pontos de vista, em tempo real, para obter informações desejadas. (LANGLOTZ et al., 2012, tradução nossa).
	Dispositivos portáteis trazem grandes vantagens aos usuários na busca por pontos de interesse. Ampliando e reduzindo o <i>zoom</i> é possível superar o tamanho limitado do dispositivo portátil, permitindo que os usuários obtenham informações desejadas eficientemente. A suavidade na transição do <i>zoom</i> é importante para evitar a introdução de cargas cognitivas extras (MULLONI; DÜNSER; SCHMALSTIEG, 2010, tradução nossa).
	Alguns sistemas RAM oferecem opções de filtragem para os usuários controlarem a visibilidade das informações com base em sua preferência, o que contribuiu para reduzir a sobrecarga (confusão) de exibição e promover a compreensão das informações.

Fonte: Adaptado de Huang, Alem e Livingston (2013)

Segundo Huang, Alem e Livingston (2013), a Manipulação Direta (MD) é outro tema importante na interação física dos usuários com as tecnologias de computação - importante para investigar o impacto da RAM no processo cognitivo, no qual o nível de participação física pode moldar as experiências dos usuários e afetar sua compreensão do mundo real. Os autores descrevem três tipos de manipulações diretas que possuem potencial para auxiliar manipulações naturais e eficazes na RAM: **Interações Tangíveis**, **Interação Direta com as Mãos** e a **Interação Multimodal**, as quais são descritas no quadro 11, a partir do aprofundamento bibliográfico de artigos e jornais acadêmicos.

Quadro 11 – Aspectos da interação física na RAM, relacionadas à Manipulação Direta.

Tipo de Interação Física na RAM		Características
Manipulação Direta	Interações Tangíveis	Em vez de depender de dispositivos de entrada específicos, os usuários podem manipular fisicamente ferramentas tradicionais para interagir com informações virtuais através da RA.
		A interação tangível se adapta aos comportamentos naturais das pessoas no cotidiano, contribuindo para a intuitividade da manipulação, reduzindo cargas cognitivas. (HUANG; ALEM; LIVINGSTON, 2013)
		A capacidade física dos dispositivos portáteis abre possibilidades para estender interações tangíveis na RAM. Aproveitando a câmera como canal de entrada, os usuários são capazes de interagir naturalmente com objetos virtuais manipulando e alterando a orientação e posição dos dispositivos portáteis. (HARVIAINEN; KORKALO; WOODWARD, 2009)
		Dois tipos fundamentais de gestos físicos são definidos, incluindo <i>Interação Primitiva Estática</i> e <i>Interação Primitiva Dinâmica</i> : 1) Interações primitivas estáticas permitem que os usuários manipulem o objeto com base em diferentes posturas do celular, como apontar, rotacionar, inclinar e ajustar a distância; 2) Interações primitivas dinâmicas dependem do movimento físico do celular, como movimento horizontal, movimento vertical e movimento diagonal (ROHS; ZWEIFEL, 2005).
	Interação Direta com as Mãos	No corpo humano, as mãos são consideradas como o dispositivo de entrada mais natural e eficaz para realizar interações homem-computador diretas. A interação direta com a mão tem sido adotada como uma técnica de entrada natural na RA. (HUANG; ALEM; LIVINGSTON, 2013) Dessa maneira, os usuários utilizam as mãos como dispositivo de entrada para realizar operações, como seleção, rotação, translação e dimensionamento de objetos 3D.
		Dispositivos portáteis oferecem possibilidades de usar as mãos para manipular diretamente objetos virtuais sem a necessidade de empregar equipamentos especiais adicionais. Enquanto uma mão segura o dispositivo, as funções da mão livre são necessárias para implementar interações físicas. Uma interação típica é o uso das mãos como um veículo para comunicar comandos para a manipulação de objetos 3D na RAM. (EDGE; BLACKWELL, 2009)
		Apesar de interfaces de tela sensível ao toque (<i>Touch Screen</i>) permitirem modos de <i>input</i> mais intuitivos e eficazes do que botões, existem algumas limitações para as telas sensíveis ao toque, ao interagirem com objetos 3D. O tamanho da tela pequena dificulta a seleção de objetos e faz com que os dedos ocluam o <i>display</i> , e padrões de interação 2D, como apontar e clicar, não são adequados para manipular objetos 3D. (HÜRST; WEZEL, 2011)
		A combinação de interações <i>touch</i> tradicionais e por gestos fora da tela enriqueceram a experiência de interação com o suporte dos celulares. Eles permitiram que os usuários se envolvessem em interações com objetos virtuais usando uma mão na parte de trás do <i>display</i> enquanto a outra segurava o dispositivo. (BERGAMASCHI; SILVEIRA, 2014)
		Outro tipo de interação desenvolvida para aumentar objetos virtuais na palma da mão é a manipulação direta de objetos 3D, alterando o movimento da mão em qualquer ponto de vista, intuitivamente. Essa abordagem torna mais conveniente para os usuários realizarem a experiência aumentada com uma das mãos e escolher de forma flexível o ponto de vista com a qual tem-se a intenção de inspecionar o conteúdo aumentado com a outra. (BERGAMASCHI; SILVEIRA, 2014)
	Interação Multimodal	Uma única modalidade, como tocar em um teclado, mouse ou tela de um dispositivo móvel, é comumente usada em muitos sistemas interativos. No entanto, ao combinar modalidades, mais informações podem ser comunicadas, levando a uma experiência aprimorada, o que mostra potencial para aumentar a eficiência da manipulação. Assim, múltiplas modalidades têm começado a serem consideradas dentro de um único sistema. (KIM; LAINE; ÅHLUND, 2021)
		A RA é usada para visualizar objetos gráficos sobre uma visão do mundo real, onde a câmera alimenta em tempo real um dispositivo portátil ou (HMD), que normalmente representam a visão. Os objetos RA, além de serem usados como representações de dados simples, também podem ser combinados com outras modalidades de entrada: como o toque no dispositivo móvel, como parte de uma interface de usuário (<i>User Interface, UI</i>), permitindo assim que o usuário interaja com um sistema de interação multimodal. Esta propriedade se destaca entre aplicativos que utilizam apenas a RA como uma ferramenta de visualização de dados e aqueles que usam RA como parte de sua interface de usuário para interagir com o sistema multimodal subjacente. (KIM; LAINE; ÅHLUND, 2021)

Fonte: Adaptado de Huang, Alem e Livingston (2013)

O levantamento a respeito dos tipos de interação revisados acima revela um potencial para melhorar a experiência do usuário através da manipulação direta, com o uso de abordagens cognitivas envolvidas na interação com informações virtuais suportadas pela RA em dispositivos portáteis, objetos para interações tangíveis e possíveis interações multimodais, como o toque de tela, sendo parte da interface do usuário, ampliando os níveis de interação e exploração do objeto gráfico.

Por fim, graças as características de mobilidade e o baixo custo dos telefones celulares, que contribuem para também se tornarem plataformas de autoria RA, tem-se a Criação de Conteúdo como uma das formas de interação físicas engajadas na RAM, (HUANG; ALEM; LIVINGSTON, 2013). O usuário não apenas recebe e manipula conteúdos RA (participação passiva), mas também produz (participação ativa) conteúdo (informações virtuais) dentro da interação RAM. Essa autoria de conteúdos RA contribui para o aumento da disponibilidade de informações e, por sua vez, enriquece as experiências do usuário na RAM. No geral, algumas plataformas permitem pessoas tornarem-se autoras de conteúdos RA, registrando conteúdo no ambiente real e, em seguida, publicando suas informações para o público/colaboradores com o apoio do celular na nuvem.

2.2.1.3 Experiência Compartilhada

Além dos fatores intrínsecos às plataformas RA, como a configuração da apresentação das informações virtuais e os físicos, como aspectos de interação tangíveis em geral, Huang, Alem e Livingston (2013), acrescenta o potencial da RAM de permitir que várias pessoas interajam com essas informações virtuais, além de manter a dinâmica social no ambiente real. E do ponto de vista da perspectiva incorporada, os autores complementam que essa experiência social é um aspecto essencial para influenciar processos cognitivos de construção de sentido, no momento em que essas pessoas interagem com a tecnologia, desenvolvendo assim novas relações emocionais nesses processos – como por exemplo aspectos eudaimônicos, motivados pela satisfação de sentir orgulho do crescimento cognitivo.

Nesse prisma, a RAM vem facilitando experiências compartilhadas em múltiplos domínios, como na aprendizagem colaborativa, assim como no desenvolvimento de produtos também de forma colaborativa, jogos sociais e orientações espaciais e turísticas.

Apesar da importância dessa riqueza social como contribuição para a cognição humana na experiência compartilhada, os componentes-chave em contextos sociais de experiência compartilhada são demasiadamente complexos para sua implementação em provedores de tecnologia de RAM para portáteis. Isso ainda envolveria outras questões para análise, tais como sugeridas por Huang, Alem e Livingston (2013): a configuração corporal, manipulação dos artefatos e o próprio espaço de visualização.

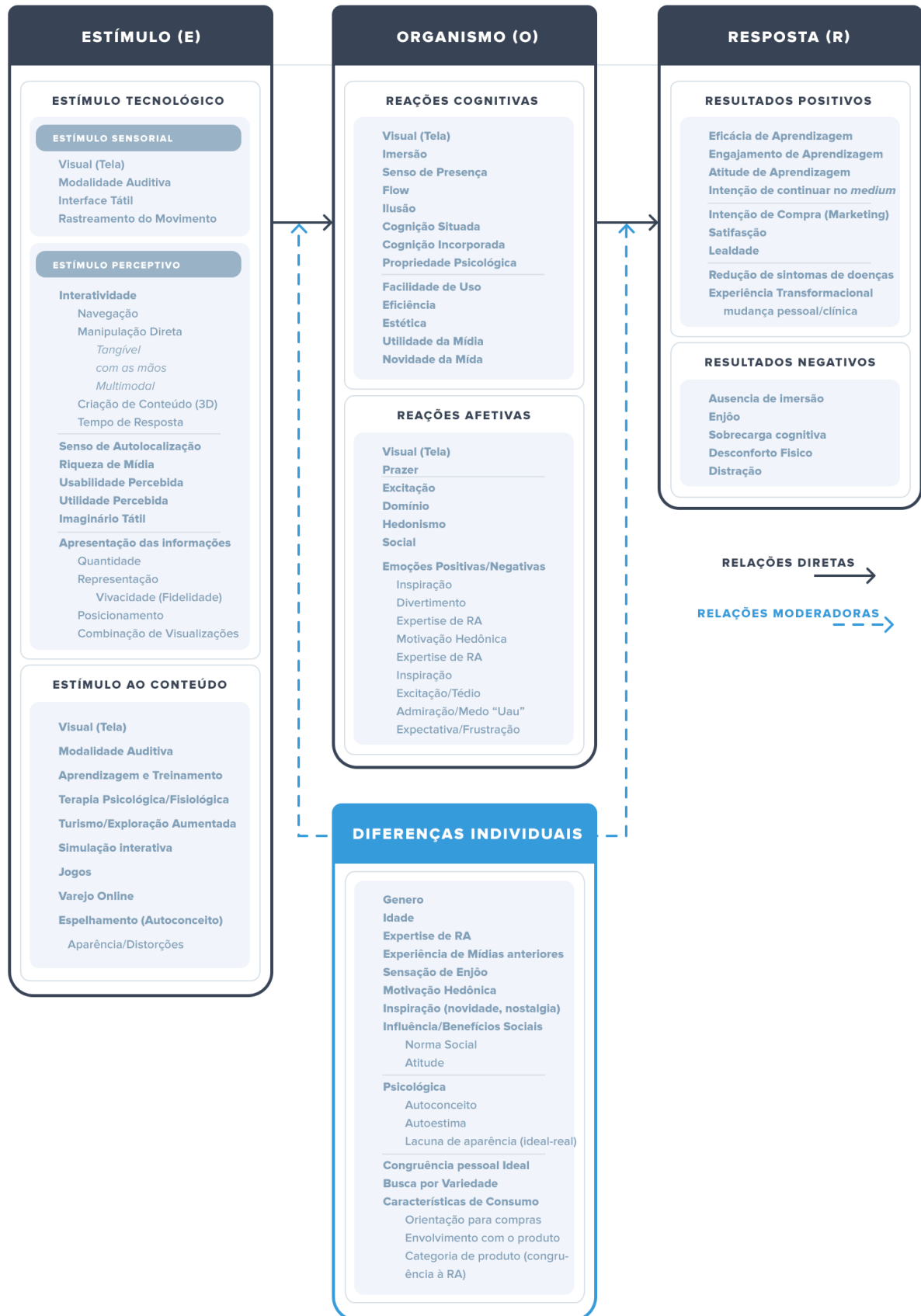
2.2.2 Fatores emocionais

Além de compreender aspectos técnicos e cognitivos incorporados na interação de RAM, buscou-se ainda a necessidade para entender melhor como os usuários experimentam a RA – através de uma perspectiva comportamental, psicológica, afetiva; com identificação de teorias, modelos e seus respectivos contextos.

O framework de Estimulo-Organismo-Resposta (EOR), foi considerado o mais completo, explorado por (SUH; PROPHET, 2018; WATSON; ALEXANDER; SALAVATI, 2020), pois considera os **estímulos** (E) gerados pela interação do usuário, o efeito cognitivo e afetivo em seu **organismo** (O), ou seja, desenvolvimento de estados internos, e conseqüentemente a alteração de seu comportamento - **Resposta** (R) através da tecnologia RA. Uma série de estudos têm aplicado o modelo de EOR para explorar tanto os efeitos diretos e indiretos de elementos da experiência de RA.

Ao reconhecer essas lacunas de pesquisa nos estudos de tecnologia existentes, esta pesquisa se baseia no framework de EOR proposto por (SUH; PROPHET, 2018) para criar uma estrutura integrativa para o uso da tecnologia imersiva de RA, contribuindo com os novos constructos e dimensões encontradas neste trabalho, conforme ilustrado na figura 35.

Figura 35 - Framework conceitual de classificação de EOR para o uso da RA.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Suh e Prophet (2018) .

Este modelo (EOR) permite analisar/projetar diferentes características de RA para gerar diferentes tipos de valor experiencial e, por sua vez, como essas diferentes formas de experiências influenciam respostas afetivas e comportamentais. Ao propor esse modelo, baseando-se em estudos prévios no contexto de tecnologias de RA, uma série de fatores moderadores puderam ser considerados, como a motivação Hedônica, com valência positiva de influência para intenção de compra (HINSCH; FELIX; RAUSCHNABEL, 2020; WATSON; ALEXANDER; SALAVATI, 2020; YIM; CHU; SAUER, 2017), envolvimento de produto (HINSCH; FELIX; RAUSCHNABEL, 2020), contexto situacional - influência do espaço e tempo (RIVA et al., 2016; RUIZ-ARIZA et al., 2018) e psicológica, sendo este um moderador importante na mediação da experiência de RA, considerando novos constructos como autoestima, autoeficácia, propriedade (domínio) pessoal, inspiração/motivação (JAVORNIK et al., 2021; WATSON; ALEXANDER; SALAVATI, 2020). Outros fatores, não menos importantes podem ainda influenciar os efeitos da RA para o usuário, tal como a percepção de novidade da mídia, em que quanto maior a percepção de novidade sobre a mídia de RA, maior será a sensação imersiva percebida, mediando também sua avaliação quanto ao efeito “uau” (extensão do nível ordinário experiencial e novo processo de assimilação).

Esse framework busca ajudar a orientar o desenvolvimento de teorias para entender melhor a primeira camada das tecnologias imersivas segundo a escala de Milgram e Kishino (1994) - a RA, e potencialmente orientar designers no desenvolvimento de experiências imersivas de sucesso. Para o desenvolvimento deste artefato, o framework auxiliará na visualização holística sobre Estímulo, Organismo e Resposta do artefato que será projetado para resolver o problema da produção cenográfica.

2.3 ASPECTOS COGNITIVOS: HABILIDADES ESPACIAIS

A HE é uma das habilidades mais estudadas no campo da cognição humana. Essa habilidade envolve melhorar a capacidade de abstração e ajuda na formulação e resolução de problemas, pois ela permite criar imagens mentais para realizar tarefas técnicas com maior fluidez. (ROCA-GONZÁLEZ et al., 2016)

Essa capacidade pode ser descrita como a habilidade de criar formas tridimensionais mentalmente. A aquisição dessa habilidade pode ser feita através de

um processo indireto por meio das disciplinas da Arquitetura, Engenharia e o Design Gráfico, onde é possível realizar tarefas envolvendo esboços, criação e leitura de projeções ortográficas e axonométricas (ALIAS; BLACK; GRAY, 2002). No entanto, há outras abordagens baseadas no desenvolvimento de treinamentos específicos para o desenvolvimento de habilidades espaciais. É por isso que há a necessidade de criar ferramentas e metodologias para melhorar essa capacidade.

É fato que os profissionais no âmbito de produção da cenografia possuem diferentes níveis de habilidade espacial por diversos motivos: idade, sexo; escolaridade; contexto social, entre outros. Essas desigualdades repercutem nas habilidades espaciais, que também influenciam a capacidade do profissional de entender e assimilar os conteúdos da expressão gráfica técnica, produzida por colaboradores com nível técnico qualificado (empresas parceiras ou até mesmo equipe de designers e arquitetos, responsáveis pelos projetos).

Afirma-se que para ter uma boa visualização espacial é necessário ter imaginação que ajude a manipular qualquer objeto em diferentes ângulos até mesmo em seu próprio eixo. Essa ideia de inteligência espacial surgiu da teoria das Inteligências Múltiplas (IM). Dziekonski (2003), em seu artigo *La inteligencia espacial: Una mirada a Howard Gardner*, define as **Dimensões da Inteligência Espacial**, como um conjunto de habilidades combinadas:

- a) perceber com precisão o mundo visual;
- b) realizar transformações e modificações às próprias percepções iniciais;
- c) recriar aspectos da própria experiência visual, mesmo na ausência de estímulos físicos adequados.

O autor traz ainda a diferença nas ações de observar e ver. No qual ver é o uso do sentido da visão, enquanto que observar é um momento de parar para estudar o que se vê – a percepção, para que o objeto permaneça na memória.

Dessa forma, um profissional que tem a inteligência visual-espacial desenvolvida aprende melhor através da observação, o que permite visualizar com facilidade modelos tridimensionais construídos, assim como conseguir realizar representações visuais.

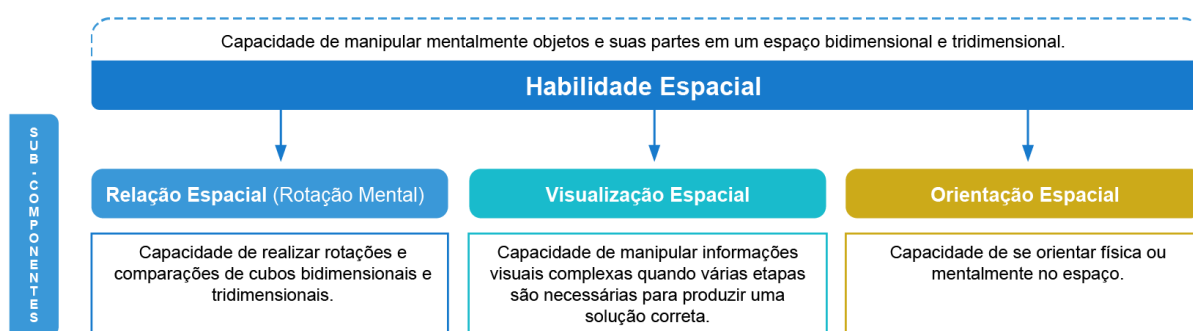
2.3.1 Componentes da habilidade espacial

Seguindo a classificação proposta (CARROLL, 1993), e complementada por (ROCA-GONZÁLEZ et al., 2016), a habilidade espacial consiste em três sub-habilidades: **Relação Espacial (RE)**; **Visualização Espacial (VE)**; e **Orientação Espacial (OE)**, definidas como:

- a) **Relações Espaciais** é a capacidade mental para transformar formas simples e reconhecê-las em outra posição.
- b) **Visualização Espacial** é a capacidade de gerenciar mentalmente formas complexas.
- c) **Orientação Espacial** é a capacidade física e mental de orientar-se no espaço.

A RE foi definida como a capacidade de reconhecer um objeto sendo movido em diferentes direções ou ângulos. A VE é definida como a capacidade de reconhecer as partes de um objeto quando ele é movido ou deslocado de sua posição original. A percepção espacial é definida como a capacidade de usar a própria orientação corporal para interagir com o ambiente e, portanto, com OE (ROCA-GONZÁLEZ et al., 2016), ver resumo figura 36.

Figura 36 – Sub-componentes da Habilidade/Capacidade espacial.



Fonte: Adaptado de Roca-González et al. (2016).

2.3.2 Realidade aumentada para a formação de habilidades espaciais

No presente estudo, as tecnologias de RA são utilizadas como forma de melhorar as HE de profissionais devido ao seu impacto cognitivo e motivacional, como comprovado sobre aplicações relacionadas ao aprendizado com tecnologias virtuais

(RAFI et al., 2005; ROCA-GONZÁLEZ et al., 2016), de RA (BERGAMASCHI; SILVEIRA, 2014; FIGUEIREDO et al., 2014; MARTÍN-GUTIERREZ; TRUJILLO; ACOSTA-GONZALEZ, 2013; ROCA-GONZÁLEZ et al., 2016) e também porque elas facilitam a cognição centrada no usuário.

Para exercitar a relação e VE, vários pesquisadores realizaram experimentos com uso de ferramentas RA ((BERGAMASCHI; SILVEIRA, 2014; ROCA-GONZÁLEZ et al., 2016) em estudantes das áreas de engenharia, adquirindo resultados louváveis para os componentes da capacidade espacial: RE; VE; e OE.

No âmbito manufatureiro e industrial, com o objetivo de oferecer um ponto de partida para melhorar e tornar processos de manutenção e treinamentos mais eficientes ((FREDDI; FRIZZIERO, 2020) , a realidade aumentada tornou-se também uma ferramenta-chave possível e imediata para comunicar aos operadores quais são as etapas fundamentais do processo de manutenção a serem seguidos não ambiente de trabalho, com destaque para os resultados obtidos com interações físicas tangenciais (FIORENTINO; MONNO; UVA, 2009). Isso teve trouxe também um forte destaque para questões relacionadas as eficiências nos processos operacionais.

Girbacia (2009), apresentou um sistema baseado em tecnologia RA que permitiu a criação, denominada pelo pesquisador - Desenhos Técnicos Aumentados, (*Augmented Reality Technical Drawings*, termo original), um sistema RA equipado com *Optical See-Through* (OST) HMD e uma metodologia para translação automática de modelos CAD. Com o artefato, os usuários têm a possibilidade de transformar, girar e dimensionar o modelo CAD 3D virtual, usando uma interface de usuário tangível composta de marcadores indicativos. Nesse experimento, a tecnologia de realidade aumentada tornou-se ferramenta muito útil para visualizar e interagir com modelos 3D. A co-localização dos modelos 3D CAD no ambiente real proporcionou aos usuários a possibilidade de uma percepção realista para o desenho técnico físico (impresso). Girbacia ainda concluiu que uma das principais vantagens adquiridas com o sistema desenvolvido, é a redução do tempo necessário para que os usuários entendam os desenhos técnicos. Essa abordagem provou ser uma ferramenta poderosa que melhorou a eficiência do usuário em comparação com os métodos clássicos.

Essa percepção visual de produtos complexos usando desenhos técnicos 2D aumenta a carga cognitiva sobre os profissionais, pois requer a reconstrução mental da forma (3D) do produto a partir de vistas 2D, (GIRBACIA, 2009). Prerrogativas que serão incorporadas ao artefato da presente pesquisa com objetivo de promover a

eficiência da visualização direta de imagens 3D em detrimento da construção convencional de imagens 3D a partir de desenhos 2D na atividade do DT.

2.3.3 Design de interação & RA para o desenvolvimento de habilidades espaciais

Ao ter introduzido a tecnologia para desenvolver habilidades espaciais, também se torna importante entender como será o trabalho que o operador realizará. Afinal, o Design de Interação se propõe em incluir, indiretamente, a interatividade entre o usuário e o sistema digital escolhido para o aprendizado (SHARP; PREECE; ROGERS, 2019).

Para os autores Sharp, Preece e Rogers (2019) em seu livro *Interaction Design: beyond human-computer interaction*, o Design de Interação possibilita que diferentes departamentos de uma empresa trabalhem de maneira integrada, a partir do suporte de um sistema digital.

Essa integração pode possuir várias camadas, sendo assim, também possível considerar suas melhorias geradas na comunicação com operários, um exemplo desses benefícios, que tem como consequência: a integração de setores e o aumento da eficiência laboral. Como exemplo dessa integração aos processos produtivos, Freddi e Frizziero (2020) aplica a RA na tarefa de montagem, destacando os benefícios do uso da realidade aumentada para ensinar aos operadores os métodos de trabalho ideais (mais eficientes), graças a mediação da ferramenta visual promovido por esta tecnologia ainda pouco utilizada e de baixo custo.

O DI pode ser definido neste tópico, como o design de um produto ou espaço físico de acordo com as necessidades de um determinado usuário. Para este projeto, o design de interação está focado na forma de operar as possíveis diferentes interfaces usadas para a atividade do DT, a fim de obter uma boa compreensão visual espacial, ou seja, a relação que deve ter o operário e o trabalho que deve realizar com os dispositivos envolvidos em sua tarefa. Os fatores cognitivos incorporados na interação RAM consistem em criar experiências de usuário que melhorem e aumentem a forma como as pessoas trabalham, se comunicam e interagem, em seu ambiente.

Além disso, e não menos importante, a RA traz ainda novas experiências baseadas na exploração/descoberta, como a exploração do conteúdo a partir de

interações tangenciais, através da manipulação direta, assim como a capacidade de exploração, com diferentes perspectivas graças aos dispositivos móveis, sob uma configuração aloccêntrica da experiência, permitindo que o operário interaja com sua equipe, o espaço físico e o virtual.

Em suma, o design de interação permite que a tecnologia possa se adaptar às necessidades dos profissionais e os usuários podem desenvolver uma compreensão maior, a partir das interações com objetos virtuais. Isso ampliará a habilidade espacial, a partir da redução da carga cognitiva imputada sobre o eles.

Pode-se concluir que o Design de Interação, nesse caso, serve para criar uma logística de trabalho para o operário interagir com o DT e ser capaz de conceber projetar representações visuais através da RA.

2.4 DESIGN CENOGRÁFICO: *TAILOR MADE*S

A cenografia ganhou reconhecimento nos últimos anos e se consolidou no século XXI, como um meio forte para a promoção corporativa, no que diz respeito à comunicação de produtos e serviços. Nesse contexto, observa-se que as empresas e grandes marcas precisam de planejamento estratégico criativo para sobreviver nos mercados cada vez mais competitivos, daí a aplicação prudente do *design* cenográfico para aumentar a visibilidade e a confiança do produto. Isso se tornou necessário devido à natureza competitiva da publicidade e do *marketing* na maioria dos setores empresariais da economia, como resultado da globalização, da modernidade e do avanço tecnológico (EDU; KWAKU DUKU, 2017).

A aplicação da produção de cenografia acontece em todos os campos onde precisa-se ter uma linguagem cênica para apresentar um espetáculo, *set* de gravação, *Tailor Made* (TM) - personalização sob medida de um projeto para um cliente/marca. Sua utilização acontece no âmbito artístico, em TV, Teatro, Cinema e também no ambiente de consumo, nos *stands* comerciais, lojas, bares, restaurantes, além do marketing e publicitários, com ativações de estabelecimentos de marca, shows e eventos. Hoje no Brasil, evidencia-se uma configuração muito especial para o mercado cenográfico e a todas as formas de cultura, o que propicia um momento muito atraente para este nicho de mercado.

Em um contexto cultural, as boas práticas de *branding* proporcionam reconhecimento e preferência de marca, (EDU; KWAKU DUKU, 2017). Isso implica

que clientes se lembrem e escolham uma marca em detrimento de outras, por causa do valor e visual do produto produzidos. Esta ideia é uma ferramenta organizacional cujo sucesso de aplicação depende em grande parte do atendimento ao contexto estratégico, organizacional e comunicacional em que é utilizada. Em ambos os casos, a marca corporativa traz para o marketing a capacidade de usar a visão e a cultura da empresa explicitamente como parte de sua proposta de venda única (ACKERMAN, KNOX E MAKLAN, 1998 apud EDU; KWAKU DUKU, 2017).

Essa visão única e personalizada ressalta a necessidade de profissionais qualificados e bem preparados para a execução de TMs (personalização sob medida) dentro do ambiente cenográfico mais complexos e lucrativos.

Da mesma forma, o mercado de eventos demanda empresas que consigam ainda oferecer um olhar criativo e ao mesmo tempo soluções em assessoramento para a produção cenográfica. Porém, é evidenciado que nem todas as empresas cenográficas atuam nas frentes de agenciamento/assessoramento e montagem comitadamente. Esse formato integrado além de viabilizar um atendimento superior às necessidades dos clientes, reduz ruídos de comunicação quanto a capacidade de demanda e leitura relacionados as especificações técnicas - desenhos técnicos de cada produto, supra importantes capazes de otimizar o processo orçamentário, logístico e de execução dos artefatos e cenários desenvolvidos pela equipe criativa. Outrossim, as empresas de cenografias contam com amplos galpões para sua fabricação própria, bem como ampla variedade de profissionais dos mais variados níveis de escolaridade – sendo este um dos pontos de análise dessa pesquisa, como marceneiros, serralheiros, eletricitas, encanadores, tapeceiros, pintores, projetistas e engenheiros.

Segundo Silveira, Roizenbruch e Corrêa (2016), um projeto cenográfico exige do profissional responsável conhecimentos ou expertises que são desenvolvidas e transmitidas em cursos de design. Além das características visuais estéticas, o caráter simbólico atribuído aos elementos cenográficos desenvolvidos e acrescentado à cena tem extrema importância no projeto de um espetáculo – conceito que se estende ao de *design* cenográfico.

O Designer em geral usa sentidos, formas, cores, composições, com os quais constitui imagens, espaços para expressar criativamente um diálogo com o mundo, o que demanda um conhecimento desse conjunto. (COHEN, 2007, p. 55).

A formação em Design possui características pedagógicas próprias e conhecimentos que transitam pelos campos da arte, da comunicação, da gestão de projetos, da ciência da informação e da tecnologia. Nos cursos de design, existem, ainda, disciplinas que auxiliam diretamente no ato de desenhar e projetar graficamente um cenário. A expressão gráfica, o desenho técnico e a representação tridimensional possibilitam a materialização da concepção visual do projeto de cenografia. As práticas de projetos de design, os conhecimentos obtidos em sua formação e sua capacidade de sistematizar o diálogo com outros profissionais ampliam as possibilidades de atuação do designer em áreas como a cenografia (SILVEIRA; ROIZENBRUCH; CORRÊA, 2016).

Os autores ainda complementam que, ao desenvolver elementos visuais para uma produção cenográfica, o profissional deve ser capaz de representar graficamente através do desenho suas ideias, evidenciando o volume, a proporção e a perspectiva. Além disso, deve apropriar-se de técnicas a fim de apresentar seus conceitos e processos de forma coerente, esquemática e sintética. Durante a transição da etapa de ideação e geração de alternativas para a etapa de síntese e desenvolvimento da solução final, um designer cênico precisa registrar suas soluções da forma mais clara e técnica possível. Pois o projeto contará com uma equipe de produção e montagem que precisa de documentos com medidas e informações exatas para a execução desse projeto. Para isso, é importante que o profissional compreenda a linguagem técnica e desenvolva seu raciocínio espacial, geométrico e técnico. Além disso, é preciso que tenha capacidade de representar bidimensional e tridimensionalmente as formas e funções, evidenciando dimensões, posições relativas, bem como o aspecto e o material relacionado ao projeto. Esse profissional precisa ser capaz de utilizar e interpretar os princípios e normas (ABNT) do desenho arquitetônico e técnico dos produtos, bem como a representação desses espaços/ objetos de interação.

Como contribuição acadêmica e social, esse projeto pode estimular o uso de ferramentas imersivas acessíveis do ponto de vista orçamentário e de implementação, considerando requisitos para construção de um artefato que visa aprimorar a comunicação técnica entre designers e profissionais envolvidos ao desenvolvimento de produtos no contexto cenográfico, visto que este estudo situa-se na etapa de maior oportunidade construtiva do ciclo de vida projetual – fases de planejamento e execução (VARGAS; REEVE, 1999).

2.5 PROTOTIPAGEM VIRTUAL

Este capítulo apresenta um resumo de técnicas e informações relevantes para a implementação da Prototipagem Virtual (PV) beneficiada pelo uso de técnicas de RA. A PV é considerada por essa pesquisa como importante ferramenta para o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), tendo nesse caso, as empresas de cenografia de pequeno a grande porte como os principais beneficiários em mente.

Ela pode ser representada como uma série de imagens gráficas ou modelos tridimensionais, em formato animado ou estático, criados na forma de modelos matemáticos e armazenados digitalmente em memória utilizável por computador (ZORRIASSATINE et al., 2003), ou na nuvem. Assim, a PV é entendida nesta pesquisa como um processo de aproximação do produto que ocorre ao longo das etapas do PDP, por meio da utilização de tecnologias CAD (desenho bidimensional ou modelagem tridimensional no computador) associada a tecnologias e técnicas de RA.

O objetivo geral de projetar um produto é satisfazer as necessidades dos clientes e melhorar a competitividade da empresa no mercado. Desse modo, a prototipagem auxilia o PDP uma vez que possibilita uma simulação do produto, permitindo uma melhor compreensão do modelo e também a identificação de erros de projeto.

A figura 37 mostra um exemplo de aplicação da PV em ambiente de RA. Trata-se da visualização de um DT espacial - uma planta projetada virtualmente, visualizada em escala real graças a RA. Ao analisar o exemplo, é possível inferir diversos benefícios do uso desses dois métodos de abordagem. Segundo a teoria da cognição (HINSCH; FELIX; RAUSCHNABEL, 2020), a qual defende a ideia de que pessoas interpretam o mundo através de esquemas ou representações mentais baseadas na experiência passada, é possível inferir que ela auxiliará na tomada de decisões de outras decisões futuras, pois permitiu a experiência de imersão do indivíduo no ambiente ainda planejado. Outros fatores, como a carga cognitiva (SUH; PROPHET, 2018), também são moderados pela interação física (métodos de navegação) e o controle de apresentação das informações (quantidade, representação, disposição) facilitando a compreensão sobre as características do projeto. Além disso, a PV em RA (através de dispositivo móvel) motiva os usuários a fazerem atividades auto

exploratórias e aumentar a sua consciência espacial dos espaços físicos (RENEVIER; NIGAY, 2001, tradução nossa).

Figura 37 – Exemplo de PV em RA.



Fonte: Morpholio²⁷

2.5.1 Tipos de PV

Independente de físico ou virtual, os protótipos são usados para fins universais. Em geral, os protótipos são necessários para atender três propósitos principais: **comunicação, desenvolvimento do design, teste/verificação do design** (BLACK, 1996). Baxter (2008) faz uma classificação dos diferentes tipos de protótipos que podem ser implementados durante o processo de design:

- a) **protótipos estruturais** (usados principalmente para avaliar a aparência, forma e tamanho, mas não a função);
- b) **protótipos funcionais** (usados para verificar as características principais/específicas de funcionamento);
- c) **protótipos estruturais e funcionais** (criados para examinar possíveis problemas de pré-produção e produção – modelo completo).

Sabendo-se que no processo de PV não existe um modelo físico, cinco classes generalistas de PV são propostas por (ZORRIASSATINE et al., 2003), com base nos objetivos e propósitos de modelagem digital. As cinco classificações, resumidas no quadro 12, descrevem as principais características contidas em cada tipo simulação

²⁷ Morpholio Trace. Disponível em: < <https://www.morpholioapps.com/trace/> > Acesso em: 01 fev, 2022.

virtual, desde a visualização do produto final até processos de produção, como encaixes, testes de funções e análises de fatores humanos.

Quadro 12 – Classes de métodos para PV.

Visualização	Os modelos de visualização são utilizados para o exame da forma, bem como para a aparência. Esses modelos desempenham um papel crucial na comunicação das informações dos produtos entre vários usuários, incluindo pessoas de marketing, clientes, gerentes, equipes de desenvolvimento de produtos e engenharia e até mesmo pessoal de reparo e manutenção. A visualização pode ser aprimorada usando visões isométricas explodidas ou totalmente montadas. A visualização da PV se destaca em relação à representação isométrica convencional, fornecendo uma visualização tridimensional dinâmica de qualquer ângulo, além de possíveis animações gráficas que podem ser usadas para mostrar uma variedade de situações e cenários, dependendo do público-alvo.
Encaixes e interferências de conjuntos mecânicos	Em qualquer conjunto mecânico, deve estar claro onde e quão bem cada subconjunto ou componente se encaixa com o resto dos componentes e peças do produto. A inspeção visual de um conjunto tridimensional digital pode ser alcançada usando uma variedade de opções, incluindo visualização dinâmica de qualquer parte de qualquer ângulo desejado, ou através de imagens virtuais através do conjunto, onde a visualização ampliada permite um exame minucioso.
Testes e verificação de funções e performance	A PV conta com objetos tridimensionais para criar modelos precisos e abrangentes em termos tanto de dados geométricos detalhados (centro de gravidade, superfície, volume) quanto não geométricos (propriedades como densidade, resistência, etc.). Portanto, modelos híbridos com esses dados simulados podem ser uma alternativa mais efetiva.
Avaliação da operação de fabricação e montagem	A avaliação de um protótipo deve incluir a previsão e simulação dos processos de fabricação e o planejamento da produção, tanto durante o projeto conceitual (quando os dados de projeto estão incompletos) e durante as fases posteriores (quando o projeto amadurece após várias iterações de design). Uma vez que o projeto é expresso como um desenho técnico bi ou tridimensional, o planejamento do processo de produção é necessário para identificar a configuração ideal dos processos de fabricação usando os materiais mais adequados e funcionando ao menor custo possível.
Análise de fatores humanos	A fabricação de um produto deve envolver o manuseio, montagem, embalagem e manutenção realizada por operadores humanos. Tradicionalmente, <i>mock-ups</i> de tamanho real do produto, juntamente com modelos humanos em tamanho real ou usuários reais, são usados para avaliar segurança, ergonomia, visibilidade, manobrabilidade, instalação etc. Estes, bem como outros fatores humanos das operações de fabricação e montagem podem ser estudados extensivamente usando técnicas de PV.

Fonte: Extraído de Zorriassatine et al. (2003).

2.5.2 Benefícios e Limites

Müller e Saffaro (2011) compilaram uma série de benefícios, provenientes da aplicação da PV no PDP, e limites sobre sua aplicabilidade no ambiente criativo e de produção. As razões para a adoção assim como para o uso ainda limitado dessa tecnologia estão agrupadas no quadro 13:

Quadro 13 – Benefícios e limites da PV.

Benefícios	
Inovação: experimentos realizados com recursos da PV, normalmente, reduzem custo e tempo de resposta.	Visualização e compreensão: como mencionado, a capacidade de visualização dos protótipos virtuais pode ser usada para analisar a estética do produto, a forma, folgas e requisitos de montagem. Isso pode facilitar a interpretação dos projetos pelos operários.
Aprendizagem: a PV é um suporte didático eficaz para o treinamento da mão de obra. Os protótipos constituem-se em ferramentas de aprendizagem na medida em que são utilizados para responder a questões como “o produto irá funcionar?” ou “o produto atende as necessidades dos consumidores?”. Além disso a tecnologia de RA pode agregar valor ao ciclo de aprendizagem - Teoria da Aprendizagem Experiencial, através de uma interação cíclica: da experiência, pensamento e reflexão, experimentação ativa (RIVA et al., 2016).	Integração: a prototipagem permite encontrar falhas e detectar interferências geométricas ou conflitos entre partes do produto, evitando que esses erros sejam vislumbrados somente no momento da fabricação.
Testes, simulações e avaliações: os protótipos virtuais permitem analisar possíveis soluções para o produto, envolvendo análises de propriedades físicas (massa e volume), mecânicas, térmicas e até elétricas. Além disso, podem ser efetuados testes funcionais, testes de forma e encaixe, testes ergonômicos, testes de montagem/desmontagem e análises de operação e manutenção. Os protótipos virtuais também possibilitam a execução de testes inviáveis por fatores de financiamento ou de risco à vida.	
Limites	
Questões educacionais: qualificação de profissionais capacitados para emprego eficaz de softwares 3D. Além de falta de compreensão tanto quanto aos benefícios advindos do emprego da PV pelas empresas, como para a dificuldade de navegação e interação virtual de usuários.	Questões técnicas: falta de investimento no desenvolvimento de softwares adequados para o uso facilitado desta tecnologia.
Cultural e econômica: a PV aumenta o esforço e o investimento nos estágios preliminares do PDP para melhorar a qualidade, produtividade e redução de perdas, ocasionando, posteriormente, redução nos custos de construção e manutenção da edificação.	

Fonte: Extraído de Müller e Saffaro (2011).

Esses benefícios coincidem com as classes e os propósitos apresentados tópico anterior. No entanto seus limites ainda que abrangentes, representam de fato os principais desafios para o emprego de tal inovação aos processos de produção, sobretudo na linha de manufatura cenográfica.

Como explorado anteriormente, os recursos da internet (*WebRTC* e *WebGL*, por exemplo) permitem a interoperabilidade de PVs em diferentes localizações geográficas dos usuários e plataformas (aparelhos e sistemas operacionais) com a combinação de informações precisas e atualizadas do protótipo através do navegador de um dispositivo portátil de maneira leve e com qualidade visual gráfica (vivacidade do modelo). O uso de tecnologia de Internet, como provedores terceirizados de plataforma Web AR e visualização tridimensional permitem que membros de várias equipes de design engenharia revisem, visualizem ou interajam em tempo real e,

simultaneamente, com protótipos virtuais em RA usando um navegador padrão da Web (por exemplo, 8thWall²⁸, Augin²⁹).

Dessa maneira, as técnicas de PV continuam avançando e se tornando mais poderosas. Zorriassatine et al. (2003) questiona: quais opções seriam mais apropriadas? E complementa vários critérios, como considerações físicas, operacionais e de aplicativos, que precisam ser satisfeitos para escolher o método de prototipação. Esses requisitos incluem (embora não se limitem ao) tempo, custo, propriedades materiais, precisão de modelagem, confiabilidade, tamanho, qualidade, nível de detalhes, etc. Ou seja, os métodos de PV existentes podem ou não satisfazer tais requisitos, dependendo também dos requisitos de projeto.

A adoção desses métodos pode desempenhar um papel crucial no sucesso de produção. A sua implementação vem a ser mais bem sucedida e fácil de se ser alcançada em um nível de componente, do que no nível de sistema, pois este último requer uma modelagem abrangente de interações complexas entre os subconjuntos e vários componentes do produto (ZORRIASSATINE et al., 2003). E apesar das dificuldades e limites da PV, os fabricantes - principalmente PMEs, também precisarão desenvolver novas capacidades e preparar-se para o compromisso de sua adoção. Isso incluirá a implementação de mudanças técnicas e organizacionais associadas ao processo.

²⁸ 8thWall. Disponível em: < <https://www.8thwall.com/> > Acesso em: 10 nov, 2021.

²⁹ Augin. Disponível em: < <https://augin.app/> > Acesso em: 10 nov, 2021.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos adotados para a realização da pesquisa. Primeiramente compara-se as características da DSR e em segundo, as etapas metodológicas seguidas na pesquisa.

Segundo Lacerda et al. (2013) a DS é a base epistemológica e a DSR é o método que operacionaliza a construção do conhecimento neste contexto. No quadro 14, são explicitadas algumas diferenças entre abordagens metodológicas de pesquisa orientadas à descrição e à prescrição. Observa-se que a questão projetual está focada na busca de soluções alternativas para uma classe de problemas e, por isso, o pesquisador/designer deve tanto analisar o problema do ponto de vista científico quanto definir parâmetros para considerar a solução projetada efetiva. Esta comparação mostra ainda que a DSR é o método de pesquisa mais adequado quando o objetivo do estudo é projetar e desenvolver artefatos e soluções prescritivas em um ambiente real ou simulado. No entanto, independentemente do método de pesquisa selecionado, todos os métodos devem garantir a validade da pesquisa.

Em muitos casos, problemas práticos podem ser resolvidos por meio de artefatos. Este trabalho caracteriza uma tentativa de diminuir uma lacuna verificada na literatura através do desenvolvimento de um artefato, cujo objetivo, de uma forma geral, é contribuir para o aprimoramento da atuação humana dentro do contexto descrito anteriormente, na introdução. Desta forma, esta pesquisa não está focada em descrever e explicar, mas, principalmente, em desenvolver uma solução e produzir conhecimento sobre o processo de desenvolvimento, assim como os efeitos que este artefato causará no ambiente em que será implementado.

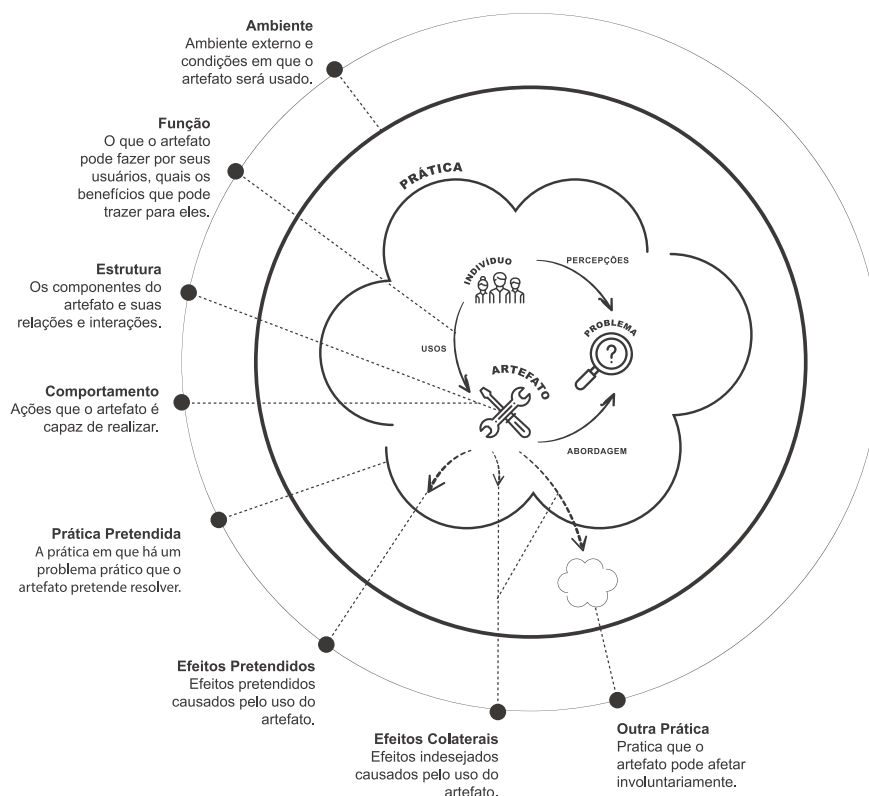
Quadro 14 – Comparativo entre DSR, Estudo de Caso e pesquisa-Ação.

Características	<i>Design Science Research</i>	Estudo de Caso tradicional	Pesquisa-Ação tradicional
Objetivos	Desenvolver artefatos que permitam soluções satisfatórias aos problemas práticos.	Auxiliar na compreensão de fenômenos sociais complexos.	Resolver ou explicar problemas de um determinado sistema gerando conhecimento para a prática e para a teoria.
	Prescrever e projetar	Explorar, Descrever e Explicar	Explorar, Descrever e Explicar
Principais Atividades	• Conscientizar • Sugerir • Desenvolver • Avaliar • Concluir	• Definir Estrutura Conceitual • Planejar o(s) caso(s) • Conduzir Piloto • Coletar Dados • Analisar Dados • Gerar Relatório Miguel (2007, p. 221)	• Planejar a Ação • Coletar Dados • Analisar dados e planejar ações • Implementar Ações • Avaliar Resultados • Monitorar (Contínuo) Turriani e Mello (2010)
Resultados	Artefatos (Constructos, Modelos, Métodos, Instanciações) e aprimoramento de teorias.	Constructos Hipóteses Descrições Explicações	Constructos Hipóteses Descrições Explicações Ações
Tipo de Conhecimento	Como as coisas deveriam ser	Como as coisas são ou como se comportam.	Como as coisas são ou como se comportam.
Papel do Pesquisador	Construtor e Avaliador do Artefato	Observador	Múltiplo, em função do Tipo de Pesquisa-Ação
Base Empírica	Não obrigatória	Obrigatória	Obrigatória
Colaboração Pesquisador-Pesquisado	Não obrigatória	Não obrigatória	Obrigatória
Implementação	Não obrigatória	Não se aplica	Obrigatória
Avaliação dos Resultados	Aplicações Simulações Experimentos	Confronto com a Teoria	Confronto com a Teoria
Abordagem	Qualitativa e/ou Quantitativa	Qualitativa	Qualitativa

Fonte: Lacerda et al. (2013)

O artefato pode ser definido como um objeto construído pelo homem, para resolver um propósito prático. Assim, os artefatos não existem isoladamente, mas estão sempre inseridos em um contexto mais amplo. As relações entre pessoas, práticas, problemas e artefatos estão resumidas na Figura 38, que também ilustra como um artefato que está situado em um ambiente, pode incluir várias práticas, ou seja, ele pode oferecer suas funções para uma prática pretendida, mas pode ter efeitos colaterais para esta, bem como para outras práticas.

Figura 38 – Pessoas, práticas, problemas e artefatos. Estrutura, função e ambiente.



Fonte: Adaptado de Johannesson e Perjons (2014, p. 4-6).

Nesse prisma, o artefato pode ser considerado como a interface entre: um ambiente interno (configuração do próprio artefato) e um ambiente externo (as condições em que o artefato funciona), para cumprir um propósito/objetivo, Simon (1996). A **prática pretendida** é definida aqui como a prática que contém o problema prático que o artefato aborda.

Segundo Lacerda et al. (2013), para garantir que uma pesquisa seja reconhecida e potencialmente relevante, tanto pelo campo acadêmico quanto pela sociedade em geral, ela deve demonstrar que foi desenvolvida com rigor e que é passível de debate e verificação:

O enquadramento metodológico de uma pesquisa não deve ser compreendido como um ato burocrático. O enquadramento metodológico consiste em escolher e justificar um método de pesquisa que permita, principalmente: i) responder ao problema de pesquisa formulado; ii) ser avaliado pela comunidade científica; iii) evidenciar procedimentos que robusteçam os resultados da pesquisa. Esses passos lógicos não devem ser vistos como dificultadores para a condução das pesquisas, mas como procedimentos necessários para assegurar a imparcialidade, o rigor na condução do trabalho e a confiabilidade dos resultados, (LACERDA et al., 2013, p.753)

O objetivo de uma pesquisa fundamentada na DSR é o de propor regras para se obter soluções adequadas a uma classe particular de problemas. O quadro 15 descreve as diretrizes propostas por Hevner *et al.* (2004) para a condução da DSR.

Quadro 15 – Critérios para condução do DSR.

Design como Artefato	A pesquisa fundamentada em Design Science deve produzir um artefato viável, na forma de um construto, modelo, método e/ou uma instanciação.
Relevância do Problema	O propósito da pesquisa fundamentada em Design Science é desenvolver soluções baseadas em tecnologia para problemas gerenciais importantes e relevantes.
Avaliação do Design	A utilidade, qualidade e eficácia do artefato devem ser rigorosamente demonstradas por meio de métodos de avaliação bem executados.
Contribuições do Design	Uma pesquisa fundamentada em Design Science deve prover contribuições claras e verificáveis nas áreas específicas dos artefatos desenvolvidos, e apresentar fundamentação clara em fundamentos de design e/ou metodologias de design.
Rigor da Pesquisa	A pesquisa em Design Science é baseada em uma aplicação de métodos rigorosos, tanto na construção como na avaliação dos artefatos.
Design como um Processo de Busca	A busca por um artefato eficaz e efetivo exige a utilização de meios que sejam disponíveis para alcançar os fins desejados, ao mesmo tempo que satisfaz as leis que regem o ambiente em que o problema está sendo estudado.
Comunicação da Pesquisa	A pesquisa em Design Science deve ser apresentada tanto para o público mais orientado à tecnologia quanto para aquele mais orientado à gestão.

Fonte: Hevner et al. (2004, p. 83).

Lacerda et al. (2013) ressaltam que, para aumentar a confiabilidade nos resultados da pesquisa, é necessário um conjunto de cuidados e procedimentos para o processo de avaliação.

Hevner *et al.* (2004), apresentam alguns métodos que podem ser empregados para a avaliação dos artefatos desenvolvidos a partir da DSR. Dentre estes, a avaliação chamada de “descritiva” pode ser um dos métodos a ser empregados, com duas possibilidades de variações: “argumento informado” ou “cenários”. No caso da avaliação descritiva por argumento informado, temos como base a informação das bases de conhecimento para a construção de um argumento que sustente de forma convincente a utilidade do artefato. Já a avaliação descritiva por cenários consiste na demonstração de utilidade do artefato através de sua inserção em um cenário simulado construído para esta finalidade (Quadro 16).

Quadro 16 – Métodos para avaliação de artefatos.

Forma de Avaliação	Métodos Propostos
Observacional	Estudo de Caso: Estudar o artefato existente, ou não, em profundidade no ambiente de negócios. Estudo de Campo: Monitorar o uso do artefato em projetos múltiplos. Esses estudos podem, inclusive, fornecer uma avaliação mais ampla do funcionamento dos artefatos configurando, dessa forma, um método misto de condução da pesquisa.
Analítico	Análise Estatística: Examinar a estrutura do artefato para qualidades estáticas. Análise da Arquitetura: Estudar o encaixe do artefato na arquitetura técnica do sistema técnico geral. Otimização: Demonstrar as propriedades ótimas inerentes ao artefato ou então demonstrar os limites de otimização no comportamento do artefato. Análise Dinâmica: Estudar o artefato durante o uso para avaliar suas qualidades dinâmicas (por exemplo, desempenho).
Experimental	Experimento Controlado: Estudar o artefato em um ambiente controlado para verificar suas qualidades (por exemplo, usabilidade). Simulação: Executar o artefato com dados artificiais.
Teste	Teste Funcional (Black Box): Executar as interfaces do artefato para descobrir possíveis falhas e identificar defeitos. Teste Estrutural (White Box): Realizar testes de cobertura de algumas métricas para implementação do artefato (por exemplo, caminhos para a execução).
Descritivo	Argumento informado: Utilizar a informação das bases de conhecimento (por exemplo, das pesquisas relevantes) para construir um argumento convincente a respeito da utilidade do artefato. Cenários: Construir cenários detalhados em torno do artefato, para demonstrar sua utilidade.

Fonte: Lacerda et al. (2013)

Por fim, Lacerda et al. (2013) elencam um conjunto de procedimentos para garantir que os resultados gerados pelo artefato provêm do ambiente interno projetado e o ambiente externo em que foi preparado para operar. Para isso é necessário:

- a) **Explicitar o ambiente interno, o ambiente externo e os objetivos** clara e precisamente;
- b) **Explicitar como o artefato pode ser testado;**
- c) **Descrever os mecanismos que gerarão os resultados** a serem controlados/acompanhados.

Para contribuir no sentido de explicitar os procedimentos adotados na pesquisa, foi elaborado o Protocolo de Pesquisa (Quadro 18).

3.1 DSRM E O MODELO-DSR

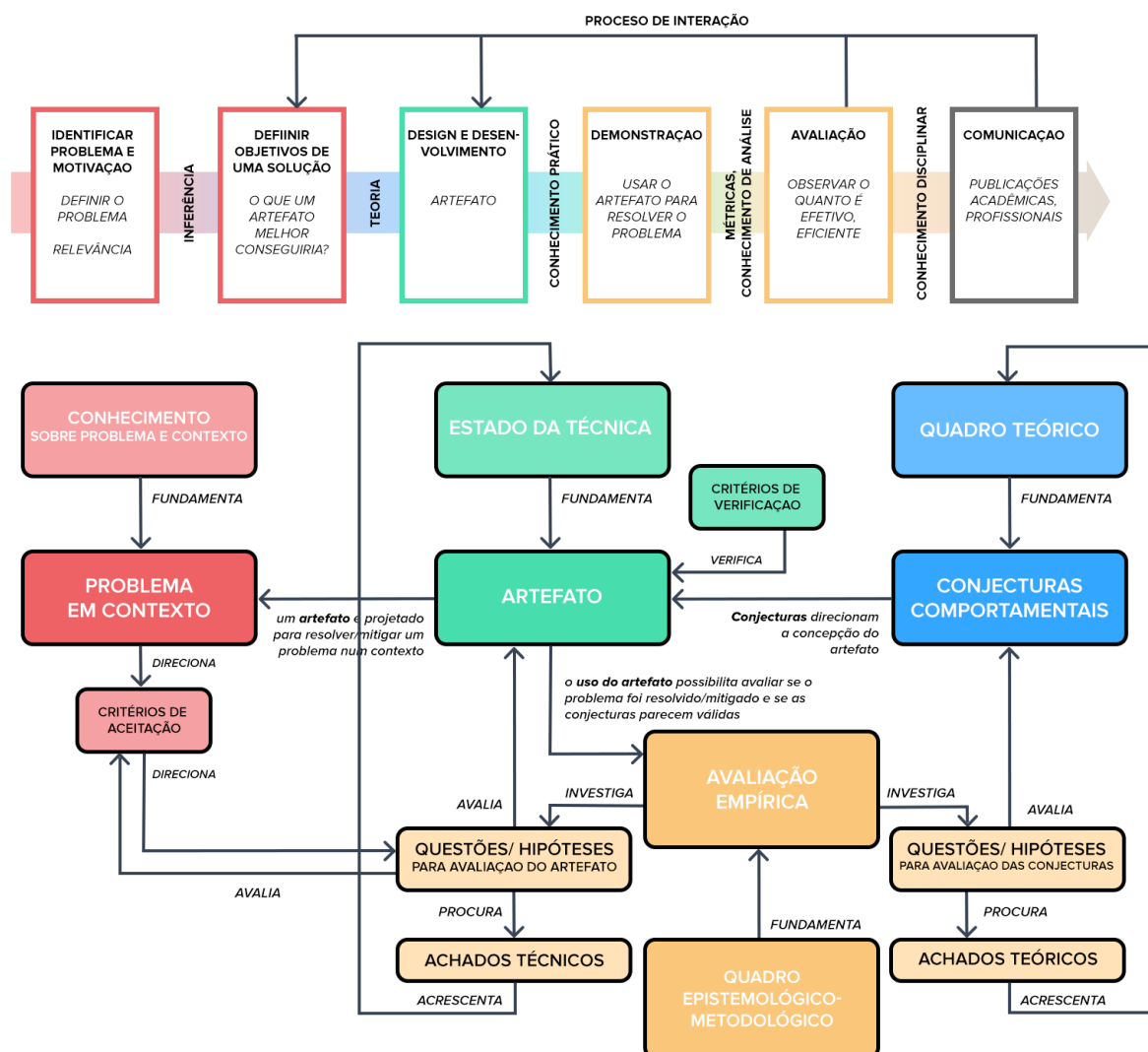
A prática do *design* requer um pensamento caracterizado pelo método abdutivo, ou seja, um pensamento criativo - voltado a elaboração de proposições para um problema em busca de uma solução que seja satisfatória.

O raciocínio abdutivo é ampliativo, ele busca a validade assim como a indução e busca a melhor explicação possível assim como a dedução busca a verdade. O interessante é que a Abdução é o único raciocínio que produz a criatividade e a inovação, por ser a única lógica que introduz uma nova ideia (BREVÍARIO, 2021).

O Modelo-DSR, proposto por Pimentel, Filippo e Santos (2020), se caracteriza como uma instanciiação que serve como guia para o pesquisador refletir sobre os principais elementos da pesquisa, relacionando-os coerentemente, ou seja, o Modelo-DSR explicita o que fazer em cada etapa, e não o processo (quando fazer cada etapa). Para isso, a importância de definir o método para essas etapas.

Seguir um método conhecido para conduzir uma pesquisa na abordagem DSR é útil para apoiar o pesquisador a alcançar o rigor metodológico. Um dos métodos mais citados, segundo Pimentel, Filippo e Santos (2020), é o método *DSR Methodology* (DSRM), proposto por (PEFFERS et al., 2007). As etapas específicas desse método, combinadas com o Modelo-DSR estão ilustradas na Figura 39, ilustrando seus elementos e as relações entre eles.

Figura 39 – Etapas metodológicas (DSRM) e o Modelo-DSR.



Fonte: Pimentel, Filippo e Santos (2020)

Baseado em Peffers et al. (2007) e Johannesson e Perjons (2014), defini-se as etapas: Definição do problema (identificação do problema e sua motivação); Definição dos requisitos (definição dos objetivos para a solução); Propor e Desenvolver (decisão sobre a melhor solução); Demonstração (experimentação); Avaliação (Reflexão e aprendizagens e Comunicação dos resultados).

- a) **Explicar o Problema:** esta etapa é dedicada a investigação e análise de um problema prático, apresentando uma justificativa para a sua investigação. É importante que a definição deste problema seja empregada na construção de um artefato que pode efetivamente oferecer a solução para este problema. Também denominada como conscientização. Tem-se como recursos necessários para esta etapa o estado da arte do problema e da relevância da solução apresentada.

- b) **Definir Requisitos:** tendo-se como ponto de partida o conhecimento acerca do problema, bem como a noção do que é viável e factível, delineiam-se o escopo da solução a ser desenvolvida. Elencam-se como requisitos desta etapa o estado da arte do problema e o conhecimento das possíveis soluções já previamente apresentadas. Os requisitos serão definidos não apenas para funcionalidade, mas também para estrutura e ambiente.
- c) **Propor e Desenvolver Artefato:** esta etapa cria um artefato que aborda o problema explicado e preenche os requisitos definidos. Ela é destinada à criação do artefato, determinando-se a sua funcionalidade e estrutura. Do ponto de vista de Simon (1996), é nesse momento que o pesquisador constrói o ambiente interno do artefato, uma vez que os objetivos e o ambiente externo foram caracterizados na conscientização. Os recursos necessários para a terceira etapa compreendem o conhecimento da teoria que pode ser empregada em uma solução.
- d) **Demonstrar Artefato:** momento de demonstração do uso do artefato resolvendo uma ou mais instâncias do problema por meio de um experimento ou simulação, estudo de caso real ou ilustrativo, prova formal ou outra atividade apropriada. Os recursos relacionados para esta etapa incluem o conhecimento efetivo de como usar o artefato para resolver o problema.
- e) **Avaliar Artefato:** esta etapa avalia o quão bem o artefato preenche os requisitos e até que ponto ele pode resolver completamente, ou parcialmente, o problema prático que motivou a pesquisa.

3.2 ETAPAS METODOLÓGICAS

Para que o artefato digital a ser proposto, definido no objetivo geral da presente pesquisa, possa resolver o problema identificado, o processo de conscientização do problema abrange a compreensão e a formalização dos requisitos necessários para se chegar à uma solução satisfatória. Isso produz conhecimentos práticos-técnicos e conhecimentos teóricos-científicos, que constituem os achados da pesquisa que buscam avançar o estado da técnica e o quadro teórico. Desta forma, foram

estabelecidos objetivos específicos para os quais são previstos procedimentos metodológicos que integram o processo de investigação.

As necessidades iniciais do processo de investigação desencadeiam uma abordagem exploratória - uma busca pelo saber relacionado à temática definida e pelos conhecimentos que possam auxiliar na elaboração de constructos para atingir os objetivos. O quadro 17 apresenta uma visão geral da metodologia utilizada nesta pesquisa:

Quadro 17 – Etapas metodológicas

Objetivos Específicos	Etapas	Atividades	Técnicas/ Ferramentas
Contextualizar a produção e o design cenográfico no mercado, para formalizar dificuldades e oportunidades relacionadas a execução projetual na linha produtiva (operacional) de projetos <i>Tailor Made</i> (sob medida).	1. Explicação/identificação e conscientização do problema	Delimitação das dimensões teóricas Formalização dos aspectos do problema: Compreensão descritiva do ambiente cenográfico na empresa Ceno Mais; Reconhecimento das dificuldades da produção em geral; Conhecimento exploratório sobre as causas do problema a respeito da sobrecarga cognitiva na interpretação do desenho técnico por meios convencionais de especificação	Revisão bibliográfica sistemática e exploratória Observação passiva, assistemática, na vida real Entrevista semiestruturada Avaliação da carga mental de trabalho (NASA TLX PRÉ-TESTE) Testes de Habilidades Espaciais (MRT, D.A.T:SR5, PT/SOT) Participantes (Grupo 1)
	2. Definição dos requisitos	Identificar e delinear o artefato (aplicação RA como ferramenta de mediação) para abordar o problema de cognição do DT na produção cenográfica Determinar requisitos Funcionais/ Não-Funcionais, Estruturais e do ambiente (contexto) para a aplicação RA	Revisão bibliográfica sistemática, Leitura exploratória, seletiva, analítica e interpretativa
	3. Desenvolvimento do artefato	Pensamento Divergente: <i>Brainstorm</i> de novas ideias ou ideias existentes são aprimoradas para a base do design do artefato (aplicação RA) Pensamento Convergente: avaliação e seleção das ideias geradas. <i>Sketch & Design</i> : <i>sketch</i> do artefato é feito a partir das ideias selecionadas na atividade anterior. Então, com base no <i>sketch</i> , o artefato é desenvolvido.	Métodos de geração de ideias intuitivos, Shah <i>et al.</i> (2000): germinativo (<i>brainstorm</i>), progressivo, transformacional. Método Heurísticos
		Descrever componentes do artefato Justificar componentes do artefato Descrever o uso do artefato Descrever como o artefato foi projetado e desenvolvido	Exemplos de Instrumentos para esboço do artefato: UML Diagrama de Casos de Uso Revisão bibliográfica
Investigar os fundamentos do desenho técnico, assim como o estado da arte, desafios e insights sobre a prototipagem virtual e realidade aumentada móvel, elucidando requisitos projetuais, para desenvolver uma aplicação RA na produção cenográfica, como uma ferramenta de análise na mediação de atividades cognitivas no DT de produtos.	4. Viabilidade (demonstração) do Artefato	Justificar o caso real para teste escolhido, explicando a representatividade para o problema: produtor/equipe de cenografia das empresas.	Experimento Revisão bibliográfica
		Documentação dos resultados da aplicação da RAM como ferramenta de mediação cognitiva do DT da produção das empresas.	
Avaliar o artefato digital proposto (RA como instrumento de mediação na cognição do DT), a partir de heurísticas contingenciais para explicitar as aprendizagens e generalizar heurísticas de construção e contingência para uma determinada classe de problemas.	5. Avaliação do artefato	Analisar o contexto de avaliação (restrições): tempo, acesso a usuários e as empresas	Avaliação Experimental Observação sistemática, participante. Avaliação da carga mental de trabalho (NASA-TLX PÓS-TESTE) Questionário de Aceitação, Intenção e Uso da Tecnologia Participantes (Grupo 2)
		Selecionar os objetivos de avaliação: requisitos funcionais e não-funcionais, comparações, efeitos secundários Selecionar Estratégias de Avaliação	
		Avaliar os requisitos definidos da pesquisa Avaliar como o artefato pode resolver o problema Descrever como a aplicação RA foi avaliada	

Fonte: elaborado pelo autor.

Apesar da DSR ser um método com características diferentes do estudo de caso, onde o pesquisador trabalha inserido no grupo de pesquisa e com maior liberdade de atuação, a elaboração de um protocolo de pesquisa é recomendável para a melhoria da confiabilidade da pesquisa. O quadro 18 apresenta seções típicas para a elaboração de um protocolo da DSR, contendo questionamentos e explicitações que auxiliaram o desenvolvimento da pesquisa.

Quadro 18 – Protocolo de Pesquisa com foco no ambiente externo (cenografia) e ambiente interno (artefato).

(continua)

Cobertura Temática	Etapa de Condução /Saídas da DSR	Questões	A Explicitar	Fontes de Investigação	Técnicas de Pesquisa
Ciclo de Relevância: Ambiente Externo (Contexto) <i>Domínio da Aplicação/ Problema e Oportunidade</i>	Conscientização/ /Proposta, Classe de Problemas	Qual é o problema vivenciado pela indústria cenográfica de <i>tailor mades</i> sobre uso da comunicação técnica projetual, e por que isso é importante/relevante?	- Evidenciar a situação problemática - Explicitar o ambiente externo e seus principais pontos de interação com o artefato - Explicitar os atores que se interessam pelo artefato - Explicitar as Classes de Problemas³⁰, os artefatos existentes e suas limitações	Base de dados Técnica: Empresas Cenográficas de <i>Tailor Made/ Retail Design</i> Base de dados Teórica: Sites: Portal de Periódicos CAPES, <i>Web of Science</i> .	Revisão Bibliográfica e exploratória Observação passiva, assistemática Entrevistas semiestruturada na produção da cenografia Testes de HE (MRT, D.A.T:SR5, PT/SOT) NASA-TLX (PRÉ-TESTE)
Ciclo de Design: Ambiente Interno (Artefato) <i>Criação do artefato</i>	Definição dos Requisitos (Sugestão) /Sugestão	Qual tipo de aplicação RAM pode mediar o problema explicado e quais requisitos sobre este artefato são importantes para produção cenográfica?	- Explicitar as premissas e requisitos para a construção do artefato - Verificar possíveis implicações éticas da aplicação do artefato	Sites: provedores de tecnologia de RAM para portáteis Portal de periódicos CAPES: <i>Web of Science, Journals, Artigos</i> .	Leitura exploratória, seletiva, analítica e interpretativa de artigos e sites provedores de RAM para portáteis.
	Desenvolvimento o /Artefato	Criar uma ferramenta mediadora com tecnologia de RAM que resolva o problema explicado e cumpra os Requisitos definidos.	- Justificar a escolha das ferramentas para o desenvolvimento do artefato - Registrar as tentativas de desenvolvimento do artefato - Registrar as razões que fundamentaram a exclusão da tentativa de artefato do Desenvolvimento - Explicitar os componentes do artefato e as relações causais que geram o efeito desejado para que o artefato realize seus objetivos - Explicitar as formas pelas quais o artefato pode ser testado	Uso de Ferramentas de modelagem 3D e provedores RAM para desenvolvimento e implementação da aplicação RA no Desenho técnico.	Métodos de geração de ideias intuitivos, Métodos Heurísticos Instrumentos para esboço do artefato: UML Diagrama de Casos de Uso/

³⁰ Classe de Problemas: define-se para esta dissertação como: organização de um conjunto de problemas práticos que contenha artefatos úteis (avaliados, ou não) para a ação nas organizações, (LACERDA et al., 2013)

Quadro 18 – Protocolo de Pesquisa com foco no ambiente externo (cenografia) e ambiente interno (artefato).

(conclusão)

Cobertura Temática	Etapa de Condução /Saídas da DSR	Questões	A Explicitar	Fontes de Investigação	Técnicas de Pesquisa
Ciclo de Design: Ambiente Interno (Artefato) <i>Criação do artefato</i>	Demonstração /Medidas de Desempenho	Como o artefato desenvolvido pode ser usado (estudo de caso ou experimento) para resolver o problema explicado em um caso (real ou fictício)?	• Explicitar, em detalhes, os mecanismos de avaliação do artefato • Evidenciar os resultados do artefato em relação às métricas inicialmente projetadas • No caso de avaliações qualitativas do artefato, explicitar as partes envolvidas e as limitações de viés • Evidenciar o que funcionou como o previsto e os ajustes necessários no artefato	Experimento Controlado Documentação da aplicação RA aplicada em atividades de DT com diferentes grupos envolvidos (cenografia e agências de <i>tailor made</i>) Avaliação formativa sobre o artefato: design ou protótipo da aplicação RA	Avaliação experimental Observação participativa Revisão bibliográfica
Ciclo de Rigor: Artefato-Contexto <i>Experiência e conhecimento</i>	Avaliação /Resultados	Quão bem o artefato resolve o problema explicado e preenche os requisitos definidos?	• Sintetizar as principais aprendizagens em todas as fases do projeto • Justificar a contribuição do trabalho para a Classe de Problemas em questão	Produção de empresa cenográfica Equipe de produção de agências de <i>tailor made</i>	Avaliação Sumativa, Experimental Observação sistemática, participante Questionário objetivo e discursivo NASA-TLX (PÓS-TESTE), análise comparativa.

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de Lacerda et al. (2013); Johannesson e Perjons (2014).

3.2.1 Identificação e Conscientização do Problema

O primeiro objetivo específico está relacionado a uma busca pela compreensão do contexto mais geral no qual se insere a presente pesquisa:

Contextualizar a produção e o design cenográfico no mercado, para formalizar dificuldades e oportunidades relacionadas a execução projetual na linha produtiva (operacional) de projetos *Tailor Made* (sob medida).

Para que o primeiro objetivo específico seja alcançado, a estratégia adotada prevê a realização de um levantamento bibliográfico onde são analisadas obras relacionadas a RA baseada na web (Web AR), DT e PV, para embasamento do estado da técnica que fundamenta o artefato; e os fatores cognitivos associados aos conceitos de habilidades espaciais e humanos – o saber que compõe o quadro teórico e fundamenta o entendimento e construção das conjecturas comportamentais. Isso é o que possibilita estabelecer uma relação entre conhecimento teórico e conhecimento técnico.

A busca pela base teórica sobre a Web AR, PV, DT e os fatores humanos, que compõe a presente pesquisa, foi obtida por meio de uma revisão da literatura baseada em citações. A busca foi realizada inicialmente no campo *Title* com a *string* “Augmented Reality AND (Design OR Product)” na base de dados *Web of Science* (<https://webofscience.com/>) – uma base multidisciplinar que indexa somente os periódicos mais citados em suas respectivas áreas. O refinamento dos resultados obtidos e seleção das obras mais relevantes é realizado com auxílio da ferramenta VosViewer³¹ e CitNetExplorer.

Para compreender o ambiente externo e seus principais pontos de interação com o artefato, conforme ilustrado no quadro anterior, será realizada uma observação direta do ambiente de produção e dois testes com caráter de diagnóstico e comparação da evolução sobre a carga mental do trabalho:

- a) **Testes MRT, D.A.T:SR5, PT/SOT:** para diagnosticar sobre as deficiências cognitivas macro dentro da equipe operacional. Essa análise permitirá identificar as maiores deficiências a respeito de suas habilidades espaciais no time operacional dentro do ambiente cenográfico. Os testes não levarão em consideração aprofundamento sobre questões sociais, histórico e repertório dos participantes, visto que o objetivo geral da ferramenta é de mediação – não tendo intuito de ser aplicada como instrumento de treinamento para desenvolvimento do cognitivo, sendo assim estratégico a investigação sobre as habilidades cognitivas espaciais mais acometidas para a equipe, identificando possíveis padrões para auxiliar nessa atividade;
- b) **NASA-TLX (PRÉ-EXPERIMENTO):** para fins de efetividade da solução proposta, aplicado em formato digital, com um aplicativo desktop. Essa análise permitiu avaliar a carga de trabalho utilizando seis dimensões de demandas - demanda mental, física, temporal, frustração, esforço e desempenho. A avaliação da carga de trabalho percebida nesta etapa foi comparada com a realização de um novo teste, denominado: NASA-TLX PÓS-EXPERIMENTO, realizado após o uso da ferramenta de RAM proposta para a mediação de leitura de DTs.

³¹ Fonte: Leiden University. VOSviewer: visualizing scientific landscapes. Vosviewer.com, Leiden, 2023. Disponível em: <https://www.vosviewer.com/>. Acesso em: 30 maio 2021.

3.2.2 Definição dos Requisitos

As etapas 2, 3 e 4 abrangem o segundo objetivo específico:

Investigar os fundamentos do desenho técnico, assim como o estado da arte, desafios e insights sobre a prototipagem virtual e realidade aumentada móvel, elucidando requisitos projetuais, para desenvolver uma aplicação RA na produção cenográfica, como uma ferramenta de análise na mediação de atividades cognitivas no DT de produtos.

Na segunda etapa são identificados e analisados artefatos similares ao artefato proposto, obtidos a partir da literatura, para que a classe de problemas seja delineada e mais requisitos de projeto sejam elicitados. Essa etapa caracteriza uma “pesquisa para o design” que inclui um levantamento de técnicas que contribuem para pensar e projetar a solução. Para que a análise de similares retorne um volume de informação de tal forma que os resultados propiciem um maior entendimento sobre o contexto e auxiliem na elaboração do projeto do artefato, o framework desenvolvido por Celik e Magoulas (2016) é utilizado (Quadro 19).

Quadro 19 – Framework para análise de similares obtidos da base teórica.

Campo	Funcionalidades	Requisitos
Propriedades Gerais	Escopo	A ferramenta de RA possui método computacional terceirizado (é baseada na web)?
	Data	Qual é a data de lançamento da ferramenta?
	Público-Alvo	Para quem é destinado o sistema?
	Exportação e importação	A ferramenta permite importar e exportar projetos diversos formatos de arquivo?
Learning Design	Linguagem de Projeto	Qual as informações usadas na ferramenta?
	Modelo de atividade	Como a ferramenta ilustra as atividades em RA?
	Workflow	Qual o modelo de trabalho utilizado na RA?
Propriedades Técnicas	Plataforma	Qual é o ambiente de execução da ferramenta?
	Interface do usuário	O que a ferramenta apresenta em termos de interface de usuário?
	Requisitos técnicos	A ferramenta tem algum requisito técnico ou software adicional para executar a aplicação?

Fonte: Adaptado de Celik e Magoulas (2016, tradução nossa).

Já os critérios de análise do artefato proposto são baseados nos requisitos extraídos e organizados pelo pesquisador a partir do levantamento bibliográfico, conforme apresentado no quadro 20.

Para os processos de análise do cumprimento dos requisitos das ferramentas similares e da própria validação do artefato proposto, a presente pesquisa utiliza a seguinte escala, associada a elementos gráficos para a proporcionar maior legibilidade à informação:  **Atende**,  **Atende Parcialmente**,  **Não Atende**.

Quadro 20 – Critérios para análise (requisitos), obtidos da base teórica.

(continua)

Campo	Funcionalidades	Requisitos	
Web AR	Método de Entrega Terceirizado	A ferramenta de RA possui método computacional terceirizado (é baseada na web)?	
	Rastreamento	A ferramenta permite mais de um recurso para rastreamento (<i>Planar image tracking, Surface Tracking</i>)?	
	Eficiência de Computação de Rede	A ferramenta possui eficiência de comunicação de rede (baixa latência)?	
	Eficiência de Computação e Renderização	O objeto virtual é otimizado em quantidade de polígonos para obter eficiência de renderização?	
Cognição Incorporada	Apresentação das Informações	Quantidade	A quantidade de informações disponíveis aos usuários apoia o processo cognitivo de dar sentido à informação? (HUANG; ALEM; LIVINGSTON, 2013)
			As informações virtuais adicionais ocluem informações importantes no cenário real?
		Representação	A ferramenta promove "distância cognitiva" para os usuários? (necessidade de alternância entre espaços visuais distintos para extrair informações da tela informativa) (KIM; DEY, 2010)
			A ferramenta possui nível de realismo 3D elevado?
		Posicionamento	O arranjo adequado de informações ajuda os usuários a conectar o significado de informações virtuais com a visão do mundo real?
		Combinação de visualização	A ferramenta combina múltiplas visualizações em um único <i>display</i> ? (visão geral e detalhada, foco e contexto, Zooming, Sugestões de Foco/Contexto). (COCKBURN; KARLSON; BEDERSON, 2009)
	Interação Física	Navegação	A ferramenta motiva os usuários a fazer atividades auto exploratórias?
		Interação Tangíveis	Os usuários podem manipular fisicamente ferramentas tradicionais para interagir com informações virtuais através da RAM? (Interação Primitiva Estática e Interação Primitiva Dinâmica)
		Interação direta com as mãos	O tamanho da tela dificulta a seleção de objetos e faz com que os dedos ocluem o <i>display</i> e suas informações?
		Interação Multimodal	A ferramenta combina interações <i>touch</i> e gestos fora da tela?

Quadro 20 – Critérios para análise (requisitos), obtidos da base teórica.

(conclusão)			
Campo	Funcionalidades	Requisitos	
Habilidades Espaciais	A ferramenta permite usuários operarem dentro de dois <i>frames</i> de referência: egocêntrico e excêntrico – para construir representações mentais das informações circundantes?		
Desenho Técnico	A ferramenta utiliza esquemas auxiliares, ou seja, rotula características em um objeto como linhas, faces e pontos?		
Prototipagem Virtual	Quais tipos de protótipos podem ser implementados? (em caso de ambos, sinalizar os dois).	Funcional	
		Estrutural	

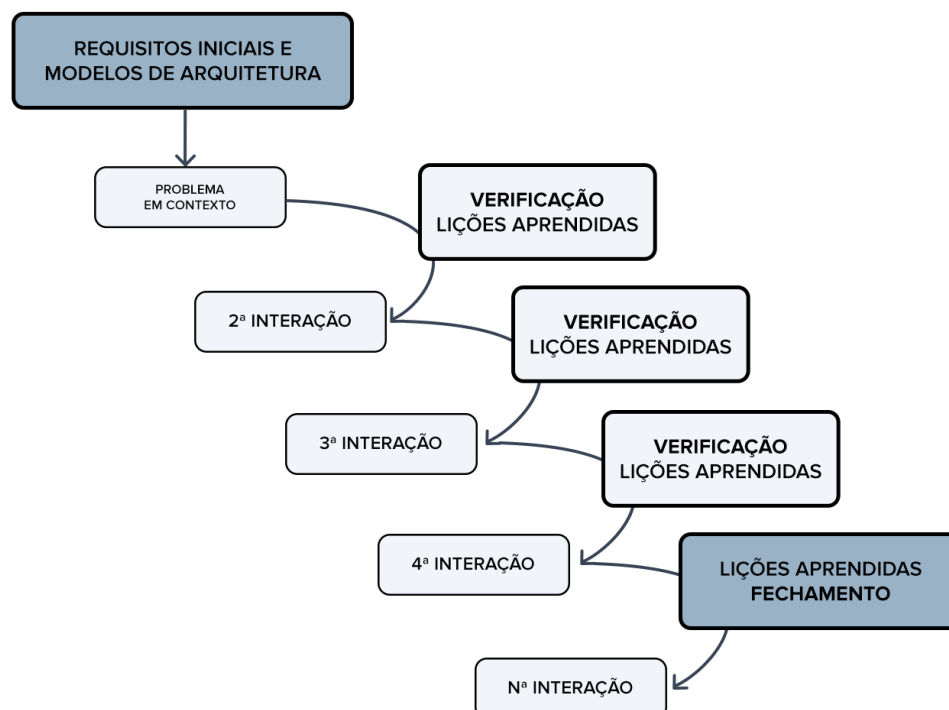
Fonte: O autor, 2022.

3.2.3 Desenvolvimento do Artefato

Esta etapa está relacionada diretamente ao projeto do artefato, a partir das características e informações obtidas anteriormente, relacionando o problema identificado com os resultados desejados. A partir desta fase o artefato é delineado e o conjunto de funcionalidades e características definido. Corresponde ao desenvolvimento do artefato por meio da construção de um protótipo funcional que satisfaça os requisitos levantados anteriormente.

Na presente pesquisa, o projeto, o desenvolvimento e a verificação do artefato ocorrem em pequenos ciclos iterativos, baseados em métodos ágeis (Figura 40), onde a cada iteração agrega um conjunto de funcionalidades ao artefato (BALAJI; MURUGAIYAN, 2012).

Figura 40 - Esquema de design e desenvolvimento do artefato, baseado em métodos ágeis.



Fontes: Balaji e Murugaiyan (2012)

3.2.4 Demonstrar artefato

A quarta atividade demonstra o uso do artefato em um caso ou experimento em ambiente real, comprovando assim sua viabilidade, o que consistirá principalmente em conhecimentos descritivos de como o artefato funciona em uma situação, mas também o conhecimento explicativo do por que o artefato funciona (JOHANNESSON; PERJONS, 2014).

Segundo Johannesson e Perjons (2014), uma demonstração pode ser vista como uma avaliação leve. Ela não avalia quão bem um artefato funciona, mas apenas mostra que ele pode ser usado significativamente em um caso ou caso fictício. Um caso fictício pode ser projetado para que inclua características específicas que coloquem o artefato em teste.

3.2.5 Avaliação

A quinta etapa refere-se ao último objetivo específico - referente à avaliação do artefato desenvolvido:

Avaliar o artefato digital proposto (RA como instrumento de mediação na cognição do DT), a partir das heurísticas contingenciais para explicitar as aprendizagens e generalizar heurísticas de construção e contingência para uma determinada classe de problemas.

Para alcançar esse objetivo, a presente pesquisa parte da exploração do Modelo de Aceitação da Tecnologia (TAM), baseada na facilidade de uso, utilidade e atitude, incluindo dimensões mais especiais relacionadas a tecnologias interativas como qualidade da informação, qualidade estética, tempo de resposta e interatividade, proposta por Pantano, Rese e Baier (2017). De maneira complementar, com base em uma revisão da literatura existente realizada por Venkatesh et al. (2003), foi inserido constructos extraídos da Teoria Unificada de Intenção e Uso de Tecnologia³² (UTAUT) como uma síntese global de pesquisas anteriores de tecnologia de aceitação, chegando a um modelo com constructos que avaliam a intenção comportamental de usar uma tecnologia e/ou uso da tecnologia. O quadro 21 resume os constructos e escalas utilizadas para Medição de confiabilidade e validade da amostra de usuários.

³² Termo original, em inglês, Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT).

Quadro 21 – Medição de confiabilidade e validade da amostra de usuários.

Constructos e escalas.
Facilidade de uso (2) Achei a ferramenta de RA muito fácil de usar. A ferramenta de RA foi intuitiva de usar. Prazer (2) Usar a ferramenta de RA é divertido. A ferramenta de RA estimula você a verificar detalhes do objeto. Qualidade estética (2) A ferramenta de RA é visualmente agradável. O design da ferramenta de RA (ou seja, cores, layout, etc.) é atraente. Qualidade da informação (2) A ferramenta de RA fornece informações que me ajudam na minha decisão. A ferramenta de RA fornece informações para validar na tomada de decisões para a execução dos projetos. Tempo de resposta (2) A ferramenta de RA é fluida (sem lags ou atrasos). A ferramenta de RA carrega rapidamente. Intenção comportamental (3) Se eu fosse utilizar uma ferramenta para auxiliar na visualização dos Desenhos Técnicos no futuro, eu usaria essa ferramenta de RA imediatamente. Recomendarei usar a ferramenta de RA para meus colegas da área. Eu usaria a ferramenta de RA regularmente no futuro. Qualidade da Interface (2) Este sistema tem todas as funções e capacidades que espero que tenha. No geral, estou satisfeito com este sistema.
Controle comportamental percebido (4) Eu tenho controle sobre o uso da ferramenta de RA. Tenho os recursos (<i>smartphone</i> adequado) necessários para usar a ferramenta de RA. Tenho o conhecimento necessário para usar a ferramenta de RA. Dados os recursos, oportunidades e conhecimentos necessários para usar o sistema, seria fácil para mim usar o sistema. Utilidade percebida (4) Usar a ferramenta de RA no meu trabalho me permitiria realizar tarefas mais rapidamente (desempenho). Usar a ferramenta de RA melhoraria minha eficácia no trabalho (redução de erros). Usar a ferramenta de RA tornaria mais fácil para fazer o meu trabalho. Eu acharia a ferramenta de RA útil no meu trabalho. Expectativa de desempenho (2) Eu acharia o sistema útil no meu trabalho. Usar o sistema me permite realizar tarefas mais rapidamente. Expectativa de esforço (1) Seria fácil para mim me tornar hábil em usar o sistema. Atitude em relação ao uso da tecnologia (3) Usar o sistema é uma boa ideia. O sistema torna o trabalho mais interessante. Trabalhar com o sistema é divertido. Condições facilitadoras (3) Tenho os recursos necessários para usar o sistema. Tenho o conhecimento necessário para usar o sistema. O sistema não é compatível com outros sistemas que uso. Ansiedade (3) Sinto-me apreensivo em usar o sistema. Hesito em usar o sistema com medo de cometer erros que não posso corrigir. O sistema é um pouco intimidante para mim. Auto-eficácia (1) Eu poderia completar um trabalho ou tarefa usando o sistema...: se não houvesse ninguém por perto para me dizer o que fazer enquanto eu vou. se eu pudesse chamar alguém para ajudar se eu ficasse preso. se eu tivesse muito tempo para completar o trabalho para o qual o software foi fornecido. se eu tivesse apenas a facilidade de ajuda incorporada.

Fonte: Pantano, Rese e Baier (2017); Venkatesh et al. (2003)

A medição é aplicada em formato de um questionário subjetivo, composto por 37 itens para avaliar a satisfação do usuário com o sistema de RA. Ela foi aplicada após uma interação com o artefato, expressando assim a concordância dos participantes. As questões são estruturadas usando uma escala de 7 pontos. As pontuações baixas são melhores do que as pontuações altas devido às âncoras usadas (concordo completamente / discordo completamente). O Anexo B ilustra o formato visual do questionário, realizado através da interface de notebook, com armazenamento local dos dados coletados.

Em sequência, após a interação com o artefato, o NASA-TLX foi reaplicado, sendo registrado como **NASA-TLX (PÓS-EXPERIMENTO)**. Esta mensuração foi realizada em participantes recorrentes e não-recorrentes da primeira avaliação. Buscou-se não utilizar o mesmo modelo/projeto de DT, pois isto agregaria conhecimento prévio à avaliação com o uso da tecnologia de Web AR. Ademais, como esta pesquisa avalia projetos de TM (que possuem uma produção não-recorrente, para atender uma demanda personalizada), o NASA-TLX PÓS-EXPERIMENTO avaliou a interpretação do DT de um modelo de complexidade semelhante com a integração da Web AR. A comparação dos resultados obtidos foi realizada, com intuito de verificar sensibilidade ao uso desta tecnologia, através das ponderações de carga de trabalho, sobre as atividades de leitura do DT Aumentado.

3.3 INSTRUMENTOS PARA COLETA DE DADOS

Em particular, a coleta de dados é uma parte central da descoberta de requisitos e avaliação. Este capítulo apresenta as técnicas utilizadas para coleta de dados, focada em tornar o artefato simples, claro e fácil de usar. Técnicas e frameworks são descritos neste capítulo para uso na coleta dos dados, com suas aplicações explicitadas nas etapas metodológicas, Seção 3.2.

3.3.1 Framework de Observação

A observação é útil em qualquer estágio durante o desenvolvimento do produto (SHARP; PREECE; ROGERS, 2019, tradução nossa). Segundo os autores, no início do projeto, a observação ajuda os designers a entender o contexto, as tarefas e os objetivos dos usuários. Enquanto que a observação quando realizada mais tarde, por

exemplo na avaliação, pode ser usada para investigar o quão bem um protótipo suporta essas tarefas e objetivos.

Durante a observação, há muitas informações para pesquisadores pensarem e assimilar, então muitos utilizam *frameworks* como guia para estruturar sua observação. Afim de prestar maior atenção ao contexto da atividade optou-se por utilizar um *framework* mais detalhado. Dessa forma o quadro 22 apresenta esse *framework* utilizado para a observação do contexto da produção cenográfica:

Quadro 22 – Framework de observação

Espaço	Como é o espaço físico, e como ele se configura?
Atores	Quais nomes (ou cargos) e detalhes relevantes das pessoas envolvidas?
Atividades	O que os atores estão fazendo, e por quê?
Objetos	Quais objetos físicos, além da tecnologia que está sendo estudada, estão presentes, e impactam no uso da tecnologia?
Ações	Quais são as ações individuais específicas realizadas?
Eventos	O que você observa faz parte de um evento especial ou padrão?
Temporal	Qual é a sequência de eventos?
Objetivos	O que os atores estão tentando realizar?
Afetivo (Psíquico)	Qual é o estado emocional do grupo e dos indivíduos na realização da atividade?

Fonte: Adaptado de Sharp, Preece e Rogers (2019)

Nota-se que um framework detalhado não torna a observação mais complicada, pelo contrário, garante o foco da observação e todas as interações externas que envolvem a tecnologia ou o problema.

3.3.2 NASA Task Load Index (NASA-TLX)

Observa-se, por meio da literatura, segundo Cardoso e Gontijo (2012) que um dos métodos mais indicados para a mensuração da carga mental de trabalho são os subjetivos, e destes o NASA-TLX é um dos mais indicados.

O *NASA Task Load Index* (NASA-TLX) é uma ferramenta subjetiva e multidimensional de avaliação de carga de trabalho. Foi desenvolvido pelo *Human Performance Group* no NASA Ames Research Center. Acredita-se que seja uma das

ferramentas de medição de carga de trabalho mais validadas em Psicologia e Engenharia de Fatores Humanos.

O NASA-TLX avalia a carga de trabalho percebida em seis escalas diferentes: Demanda Mental, Demanda Física, Demanda Temporal, Desempenho (performance) próprio, Esforço e Frustração. De acordo com Hart e Staveland (1988), um participante deve primeiro classificar as seis escalas de acordo com o quanto elas contribuíram para a carga de trabalho necessária para a tarefa que está sendo estudada. Após as classificações, cada uma das seis escalas é ponderada. As ponderações são obtidas respondendo a 15 comparações de pares e são projetadas para aumentar muito a sensibilidade da pontuação geral da carga de trabalho, reduzindo a variabilidade entre os avaliadores.

O NASA-TLX se destaca pelo seu modelo de apresentação dos resultados, mostra-se ligeiramente mais sensível em termos de dimensões associadas à carga mental; boa aplicação para comparar os resultados de diferentes sujeitos para uma mesma tarefa; a aceitação do método NASA-TLX é maior - menos cansativa (CARDOSO; GONTIJO, 2012). No Anexo A, pode-se consultar o material utilizado neste teste, executado através de computador desktop.

3.3.3 Medição dos Componentes da Habilidade Espacial

As diferentes linhas de pesquisa no campo da psicologia forneceram inúmeros instrumentos (testes) para medir e avaliar os diferentes fatores da capacidade espacial. Segundo Roca-González (2015), com o passar do tempo, alguns desses instrumentos tornaram-se testes padronizados de natureza comercial. Ela apresentou uma compilação desses testes utilizados para medir a relação espacial, visualização espacial e orientação espacial, seguindo a classificação proposta por (CARROLL, 1993).

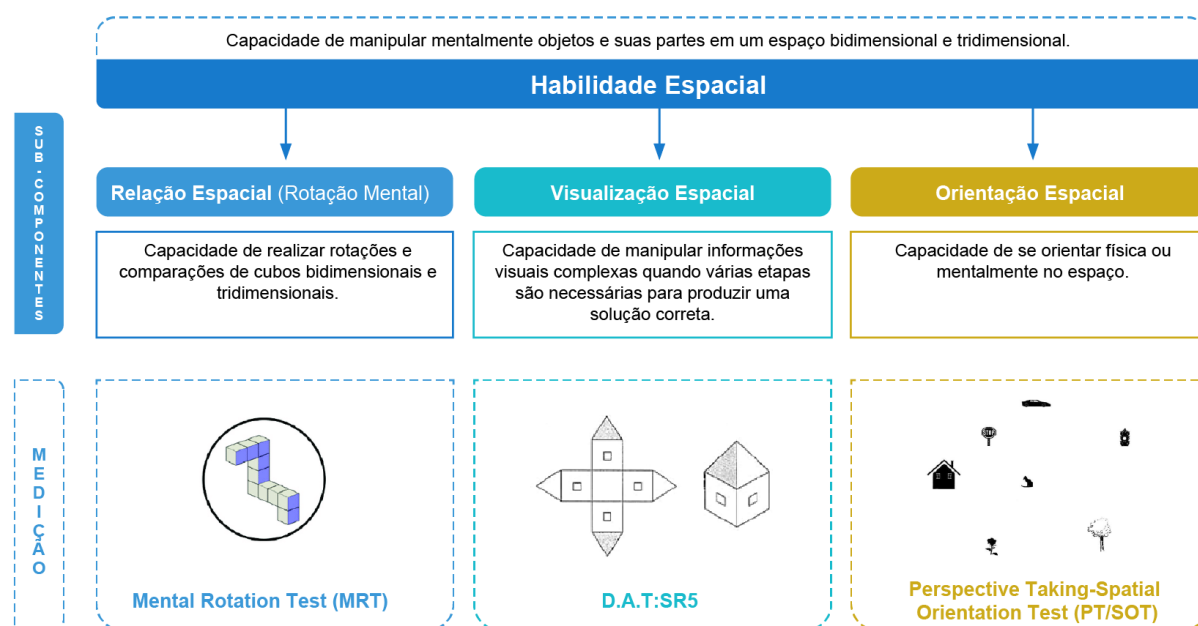
Desse modo, as ferramentas propostas para medir cada um dos componentes são:

- a) *Mental Rotation Test* (MRT) (relações espaciais);
- b) *Differential Aptitude Test* (D.A.T:SR5) (visualização espacial);
- c) *Perspective Taking/Spatial Orientation Test* (PT/SOT) (orientação espacial).

Esses instrumentos seguem os critérios utilizados em estudos internacionais, além de também serem utilizados para medir esses componentes em outras áreas do conhecimento globalmente. Essa homogeneidade pode permitir a comparação dos resultados mais facilmente, se necessário.

Para a presente pesquisa, estes testes podem ter alto valor na formulação das heurísticas construtivas do artefato - ferramenta RA mediadora das atividades cognitivas no DT. O MRT, D.A.T:SR5, e até o PT/SOT podem diagnosticar a deficiência mais relevante do grupo de trabalho, no operacional cenográfico, a respeito dos componentes de habilidades espaciais (Figura 41). Os respectivos testes podem ser consultados nos Anexos C, D, E.

Figura 41 – Subcomponentes e testes de medição das Habilidades Espaciais.

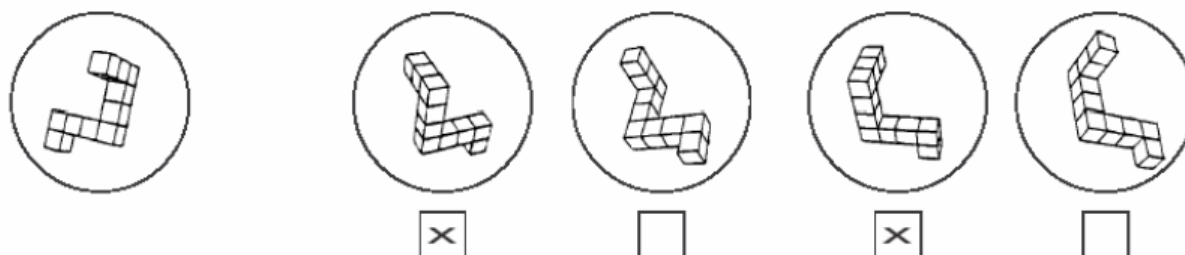


Fonte: Adaptado de Roca-González et al. (2016).

3.3.3.1 Mental Rotation Test (MRT) de Vandenberg

O MRT contém 20 itens. Cada item tem um modelo de bloco em perspectiva tridimensional. Em seguida, o teste mostra quatro imagens de blocos em perspectiva tridimensional com uma rotação diferente do mesmo modelo. Duas dessas imagens combinam com o modelo, mas são mostradas em uma posição rotacionada. As outras duas figuras são blocos diferentes do modelo. A figura 42 mostra um exemplo de um item MRT.

Figura 42 – Exemplos do MRT de Vandenberg (Vandenberg, 1978).

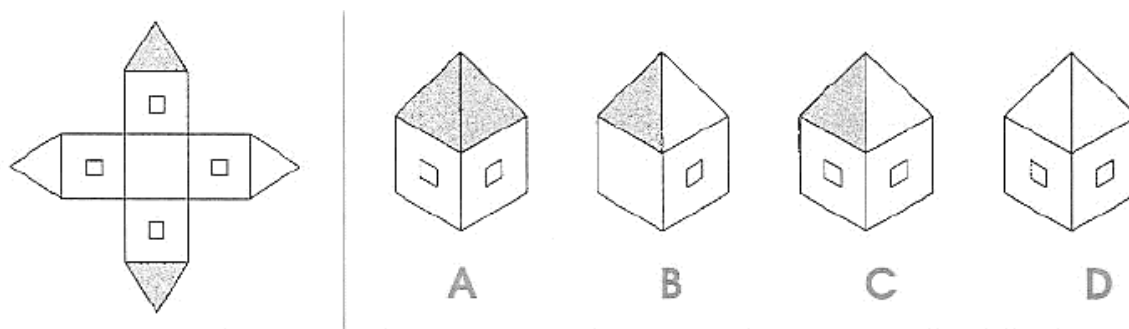


Fonte: Roca-González (2015)

3.3.3.2 Teste D.A.T:SR5 (Differential Attitude Test-Spatial Rotation Subset)

O D.A.T:SR5 é composto por 50 itens. Cada item apresenta um modelo/padrão de um objeto exibindo todos as suas faces (planificado). Ao lado, é mostrado quatro representações tridimensionais do objeto, das quais apenas uma alternativa corresponde ao padrão planificado, quando seus rostos são exibidos. Conforme descrito por Roca-González (2015), se aplica 1 ponto para cada resposta correta, sendo a pontuação máxima de 50 pontos. A figura 43 mostra um exemplo de um item D.A.T:SR5: SR.

Figura 43 – Exemplo do teste D.A.T:SR5.



Fonte: Roca-González (2015)

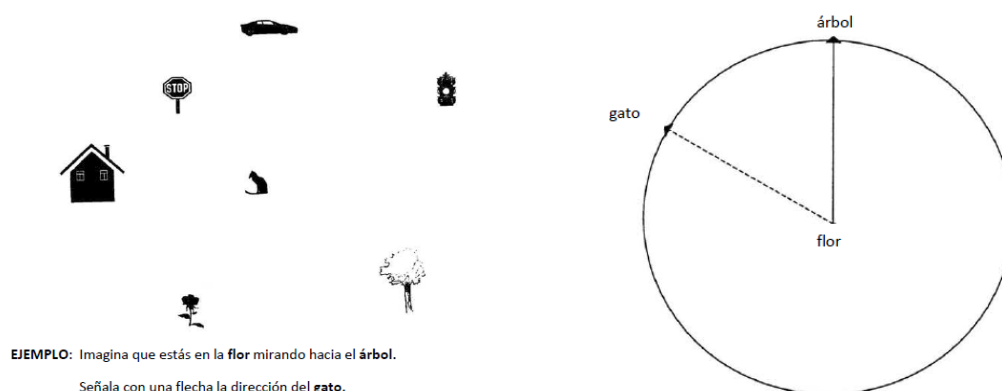
3.3.3.3 Perspective Taking/Spatial Orientation Test (PT/SOT)

O PT/SOT (Teste de Perspectiva de Orientação Espacial, tradução nossa), é composto por 12 itens. Na parte superior, há uma representação de um conjunto de sete objetos. Na parte inferior, há um círculo com uma direção indicada. Em cada item, o usuário deve imaginar que está situado na localização de um dos objetos do conjunto (que estará no centro do círculo), olhando para outro deles (que estará no topo do círculo, análogo ao ponteiro de um relógio, indicando 12 horas). Os

participantes devem desenhar uma seta do objeto central indicando a direção para um terceiro objeto a partir da nova orientação dada em cada item.

O escore de cada item é o desvio absoluto medido em graus sexagesimal entre a resposta dos indivíduos e as respostas corretas. Dessa forma, uma pontuação menor no teste corresponde a um maior sucesso. A pontuação total será o desvio médio dos erros direcionais absolutos nas 12 posições estabelecidas. Um valor de 90° será atribuído caso uma das perguntas não seja respondida (Figura 44).

Figura 44 – Exemplo do PT/SOT - *Perspective Taking-Spatial Orientation Test*.



Fonte: Roca-González (2015)

3.4 DESENHO DO ESTUDO

A prática do *design* requer um pensamento caracterizado pelo método abdutivo, ou seja, um pensamento criativo - voltado a elaboração de proposições para um problema em busca de uma solução que seja satisfatória. Desse modo, trata-se de um estudo de abordagem qualitativa, do tipo prescritiva e de levantamento local, cujo objetivo é desenvolver um artefato que permita soluções satisfatórias a problemas práticos.

A questão projetual está focada na busca de soluções alternativas para uma classe de problemas e, por isso, o pesquisador/designer deve tanto analisar o problema do ponto de vista científico quanto definir parâmetros para considerar a solução projetada efetiva.

Este trabalho caracteriza uma tentativa de diminuir uma lacuna verificada na literatura através do desenvolvimento de um artefato, cujo objetivo, de uma forma geral, é contribuir para o aprimoramento da atuação humana dentro do contexto de produção de projetos *Tailor Made* (feito sob medida).

Nesse prisma, o artefato pode ser considerado como a interface entre: ambiente interno (configuração do próprio artefato) e um ambiente externo (as condições em que o artefato funciona), para cumprir um propósito/objetivo (SIMON, 1996). A **prática pretendida** é definida aqui como a prática que contém o problema prático que o artefato aborda. O quadro 23 mostra o cronograma com delimitação dos tempo investido em cada etapa da realização da pesquisa.

Quadro 23 – Cronograma

	2020		2021												2022											
Fases da Pesquisa	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Pesquisa e Revisão Bibliográfica. Exploração inicial																										
Reestruturação do projeto de pesquisa. Adequação à Metodologia																										
Pesquisa e revisão Bibliográfica. Realidade Aumentada (Web AR) e Fatores Humanos (cognitivos) associados																										
Pesquisa e revisão Bibliográfica. Prototipagem Virtual																										
Pesquisa e revisão Bibliográfica. Desenho Técnico																										
Definição de Instrumentos de Avaliação																										
Memorial Descritivo																										
Qualificação 1. Submissão (S) 2. Defesa (D)											S	D														
Reestruturação da pesquisa																										
Submissão ao CEP. com vaga em reunião prevista em 04/05/22.																										
Início da pesquisa de campo (Após aprovação CEP) ³³																										
Explicação/identificação e conscientização do problema prático Grupo 1																										
Desenvolvimento Projeto do Artefato																										
Demonstração																										
Avaliação Grupo 2																										
Análise e formatação dos dados																										
Explicitação das aprendizagens e Considerações Finais																										
Apresentação visual																										
Qualificação 1. Submissão (S) 2. Defesa (D)																								S	D	

Fonte: O autor, 2022.

³³ Coleta de dados iniciada após a efetivação da aprovação do projeto de pesquisa pelo CEP – 08/05/2022. Número do Parecer: 5.394.520

3.5 LOCAL

Para garantir a abrangência dos participantes e o N Amostral adequado ao longo de toda a pesquisa, considerando os possíveis casos de desfalque ou desistência por parte de empresa participante, ou de parte significativa dos indivíduos que não se adequem aos critérios de inclusão, foram consideradas duas instituições, listadas abaixo, justificando sua relevância dentro da pesquisa:

- a) Empresa de cenografia: Ceno Mais soluções criativas em cenografia LTDA, localizado em Jaboatão dos Guararapes, PE;
- b) Empresa de cenografia: Grupo Baluarte, localizado no Recife Antigo, PE;

Conforme delineado ao longo deste documento, as empresas de cenografia possuem o contexto externo do artefato essencial ao estudo. A escolha do Grupo Baluarte (40 funcionários) e da Ceno Mais (26 funcionários, com a produção de mais de 150 TMs por ano) é baseada na cobertura nacional que ambas possuem, evidenciando também a execução de projetos de complexidade média a alta em sua linha de produção. Ademais ambas realizam, principalmente, a execução de projetos de TM, o que aumenta a necessidade de interpretação de DT e esforço cognitivo das equipes de produção – fator importante que será avaliado para prescrição do artefato de mediação para esta atividade.

3.6 AMOSTRA DE PARTICIPANTES

Concentra-se um número total de 15 participantes ao longo da pesquisa, compostos em 2 grupos de análises, com objetivos distintos (Grupo 1, 9 participantes – etapa de conscientização; Grupo 2 – 6 participantes – etapa de avaliação do artefato prescrito como ferramenta mediadora), contribuindo para a construção de heurísticas e requisitos do projeto assim como o conhecimento sobre as conjecturas comportamentais envolvidas. Os grupos estão indicados no quadro 17, em Etapas Metodológicas (Seção 3.2).

O critério para definir o perfil da amostragem da pesquisa foi baseado no tipo de amostra não probabilística - quando as unidades da amostra são selecionadas de acordo com a conveniência do pesquisador a partir de critérios de inclusão e exclusão.

- a) **Amostra por conveniência:** atendendo a necessidade de importância – os profissionais que trabalham no segmento da indústria cenográfica

com área de atuação de projetos de TM (feito sob medida/customizados), atuando tanto na linha de produção (execução projetual), como na atividade criativa do setor (desenvolvimento projetual), ou ainda de atendimento (relacionamento ao cliente – com relação a apresentação do projeto);

- b) **Amostra intencional:** profissionais diretamente ligados ao processo de fabricação, o qual estão envolvidos diretamente à atividade cognitiva de leitura de DTs;
- c) **Tamanho da amostra:** A amostra deve possuir caráter qualitativo, visto a necessidade de atender às questões guia das etapas de condução metodológicas, no item 3.2 (Etapas Metodológicas). Para isso, o N amostral suficiente ao estudo sobre o conhecimento do ambiente de trabalho, conjecturas comportamentais, capacidades cognitivas e espaciais dos participantes é: **N=15**. Esta definição levou em consideração o número de funcionários existentes em cada empresa de cenografia, assim como os critérios de seleção e a qualificação voluntária dos funcionários para realizar a pesquisa. Esta definição também se baseia em outras pesquisas (BERGAMASCHI; SILVEIRA, 2014; GIRBACIA, 2009; MARTÍN-GUTIÉRREZ et al., 2010) envolvendo, respectivamente, experimentos; demonstração; e aplicações de RA, majoritariamente, com grupos de controle que variam entre 24, 25 e também entre 42 a 72 participantes, esses últimos sendo mais comum quando os experimentos envolvem alunos – fatores que facilitam a aplicação e adequação aos critérios de seleção.

Foram definidos os seguintes Critérios de Inclusão:

- d) Profissionais diretamente ligados a linha de produção de cenografia (marceneiros, serralheiros, pintor, engenheiros, responsável técnico, designers, etc);
- e) Profissionais que acessam, manipulam, apresentam, ou precisam realizar a interpretação, em qualquer nível, da ficha de DT. Assim estão inclusos (atendimento, produtores, profissionais do setor criativo em geral);
- f) Nível de instrução: valendo-se do seguinte raciocínio de que os profissionais que atuam diretamente na linha de produção fazem parte

do ambiente relevante de trabalho assim como do resultado final de entrega dos projetos, todos os níveis de instrução estão inclusos, contanto que atendam aos itens 1 ou 2 dos critérios de inclusão.

Em relação aos Critérios de Exclusão, definiu-se:

- g) Profissionais que não precisem realizar a consulta direta da ficha de DT para realizar a fabricação de produtos, TMs ou qualquer outra atividade relacionada aos projetos ou apresentação do mesmo;
- h) Indivíduos menores de 18 anos.

O recrutamento é realizado em loco, dentro do ambiente de trabalho e de acordo com a disponibilidade de cada empresa e importância à pesquisa, pois leva-se em consideração os aspectos ergonômicos circundantes, englobando também características estressantes do ambiente de trabalho, tais como, carga cognitiva, barulho, humor, capacidades mentais de realização de determinadas atividades, etc.

3.7 PROCEDIMENTO PARA COLETA

A seguir são elencados os procedimentos para coleta de dados:

- a) Coleta realizada em local físico, conforme descrito no Item 3.5 (Local);
- b) Coleta realizada presencialmente, através do framework de observação (Seção 3.3.1); notebook (teste NASA-TLX - Seção 3.3.2, Anexo A); e testes para medir a capacidades de HE do quadro funcionários que participarem da pesquisa (Seção 3.3.3, Anexos C, D, E); e questionário de Aceitação, Intenção e Uso de Tecnologia (realizado no processo de análise da ferramenta após interação do artefato proposto).
- c) A coleta de questionários, testes e questionário sobre uso do artefato foram realizadas individualmente. A atividade de observação foi realizada em ambiente real de trabalho, analisando-se os componentes cognitivos e ergonômicos que circundam a atividade foco da pesquisa.
- d) As coletas aconteceram, para melhor compreensão, de acordo com as indicações elucidadas na Seção 3.2, quadro 17, para explicitar as questões guia, elencadas também no Protocolo de pesquisa - quadro 18.
- e) O tempo de cada coleta varia de acordo com a natureza da análise. A atividade de observação através do framework durou 40 min. O NASA-

TLX possuiu duração média de 10 min. Os testes relacionados aos componentes de HE (MRT, D.A.T: SR5, PT/SOT, possuíam tempo máximo, respectivamente, de 20, 6 e 5 minutos. O tempo de cada teste é discriminado nas instruções dadas, no momento de realização de cada teste, como também pode ser verificado nos anexos.

3.8 ANÁLISE E PROCESSAMENTO DOS DADOS

Conforme descrito nas Seções 3.1 e 3.2, esta pesquisa possui o objetivo de desenvolver artefato que permita uma solução satisfatória a um problema prático, ou seja, prescrever e projetar. Dessa forma, a análise dos dados possuirá predominantemente caráter qualitativo, que busca compreender o significado dos dados coletados e também tem o objetivo de facilitar o entendimento dos conteúdos através dos resultados obtidos dos testes, questionários e classificações apresentadas de forma sistematizada, que podem ainda ser categorizados. Ademais, os dados também podem possuir cunho quantitativo – com representações gráficas, diante do engajamento (aceitação dos funcionários de cada empresa) e o N amostral, que atenderam aos critérios de inclusão e exclusão.

Nesse prisma, a análise dos dados, que também inclui a revisão bibliográfica, possuiu característica prescritiva – verificando a consequência das ações dos indivíduos, ou seja, se analisam os caminhos para percorrer e alcançar uma meta (a proposição de uma ferramenta de mediação utilizando tecnologias de RAM). E também deve possuir um caráter de análise diagnóstica, visando-se compreender as causas do problema em questão, analisando o impacto e o alcance de uma ação. Assim, testes como o MRT, DAT:SR5, PT/SOT, e a observação em loco, permitirão responder a perguntas como Quem?, Quando?, Onde?, Como?, Por quê?; influenciam/dificultam/impactam a atividade de interpretação do DT e, consequentemente, o processo de produção da cenografia.

3.9 ASPECTOS ÉTICOS

São responsabilidades do pesquisador, segundo a Resolução 466/2012 CNS:

XI.1 - A responsabilidade do pesquisador é indelegável e indeclinável e compreende os aspectos éticos e legais.

XI.2 - Cabe ao pesquisador:

- a) apresentar o protocolo devidamente instruído ao CEP ou à CONEP, aguardando a decisão de aprovação ética, antes de iniciar a pesquisa;
- b) elaborar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido;
- c) desenvolver o projeto conforme delineado;
- d) elaborar e apresentar os relatórios parciais e final;
- e) apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento;
- f) manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período de 5 anos após o término da pesquisa;
- g) encaminhar os resultados da pesquisa para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores associados e ao pessoal técnico integrante do projeto;
- h) justificar fundamentadamente, perante o CEP ou a CONEP, interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

A pesquisa esclarece aos participantes a plena liberdade de se recusar a participar do estudo e que esta decisão não acarretará penalização por parte dos pesquisadores. Os participantes da pesquisa obrigatoriamente devem assinar o TCLE. Todas as informações da pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa ficarão armazenados, em computador pessoal, conforme endereço informado no TCLE, sob a responsabilidade do pesquisador, pelo período de mínimo 5 anos após o término da pesquisa, conforme indicado pela CONEP.

3.9.1 Benefícios

O estudo visa, principalmente, reduzir a carga cognitiva na leitura do DT de projetos de TM (feitos sob medida). De forma secundária, pode ser identificado as capacidades espaciais dos participantes, diagnosticando assim fatores facilitadores que permitirão uma melhor comunicação entre equipes de cenografia e criativas (demandante dos projetos – agências marketing/promocional, em geral).

Além disso, estudos (AVILA; MORAIS JÚNIOR; SCHAEFER, 2015; BERGAMASCHI; SILVEIRA, 2014; FREDDI; FRIZZIERO, 2020) relacionados a importância do detalhamento e organização de DTs revelam atender a melhorias de controle de qualidade, agilidade produtiva, redução de custos, documentação e até mesmo de segurança projetual. O estudo também pode identificar o impacto de

desenhos inadequados presentes nos processos de produção atual da empresa, assim como a percepção de resultados obtidos sobre o uso de desenhos técnicos elaborados com auxílio de programas específicos e integrados com a RA a fim de facilitar a interpretação das informações técnicas.

3.9.2 Riscos

O estudo pode trazer risco de possível constrangimento para o participante, frente a alguns questionamentos ou testes, acerca das capacidades espaciais cognitivas ou desempenho sobre o uso de novas tecnologias de RA, no entanto, como será mantido absoluto sigilo, se minimiza tal risco, não gerando prejuízos para a atuação profissional ou para o usuário ao serviço. Além disso, este estudo examina técnicas de PV com uso da realidade aumentada a fim de ampliar as habilidades de visualização espacial do DT através de dispositivos portáteis - foco em aparelho celular convencional. Por ser um sistema baseado em RA, algumas pessoas podem sentir sobrecarga cognitiva, desconforto físico, distração, perda de orientação ou desconforto semelhante ao usar o celular para esta tarefa. Se este for o caso, o indivíduo poderá, imediatamente, interromper o experimento. Ademais, o sistema é uma instanciación, estando, portanto, em constante aprimoramento a partir de cada nova interação de experimentação, demonstração ou avaliação.

3.10 ORÇAMENTO

O quadro 24 detalha os itens provisionados para gastos com a pesquisa.

Quadro 24 – Orçamento detalhado.

Tipo	Item	Valor	Quantidade	Valor Geral
Custeio	Material de Expediente (Papel, Impressão, entre outros)	R\$ 100,00	-	R\$ 100,00
	Encadernação e cópias	R\$ 80,00	-	R\$ 80,00
Capital	Caneta, Pastas, Caderno de Anotações.	R\$ 100,00	-	R\$ 60,00
	Power Banking	R\$ 100,00	1	R\$ 100,00
	HD Externo	R\$ 300,00	1	R\$ 300,00
Outros	Plataforma Web AR	R\$ 330,00 / Mês	4	R\$ 1320,00
	Deslocamentos ³⁴	R\$ 0,75 / Km	120	R\$ 90,00
			TOTAL	R\$ 2.090,00

Fonte: O autor, 2022.

Nota: O orçamento será de inteira responsabilidade do pesquisador principal.

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética da UFPE³⁵. Os indivíduos que participaram da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e as permissões de uso de imagem e depoimento.

³⁴ Considerou-se uma estimativa de deslocamento a partir da visita à cada empresa, sendo considerada ao menos 1 visita em cada local por etapa metodológica. Dessa forma, por rota, seriam percorridos 24 km, e por conter 5 etapas metodológicas, um total previsto de 120 km de rota.

³⁵ Número do Parecer: 5.394.520. Data da Relatoria: 08 de Maio de 2022.

4 RESULTADOS

Este capítulo apresenta as análises e resultados obtidos a partir dos procedimentos metodológicos detalhados anteriormente. Pretende-se, assim, atender aos objetivos do problema de pesquisa, estabelecido no primeiro capítulo deste estudo:

Melhorar a compreensão do desenho técnico na produção cenográfica desenvolvendo uma ferramenta de realidade aumentada móvel como ferramenta mediadora que satisfaça os requisitos cognitivos do DT e eficiência de uso nos dispositivos portáteis, para operários compreenderem o desenho técnico de produtos, melhorando a eficiência operacional da produção cenográfica.

Desta maneira, a Seção 4.1 apresenta a conscientização do problema; 4.2 - apresenta os requisitos e identificação de artefatos similares; 4.3 - apresenta uma proposição de artefato para resolver o problema assim como projeto e desenvolvimento do artefato digital; 4.4 apresenta sua viabilidade; e a Seção 4.5 avaliação do artefato digital proposto.

4.1 CONSCIENTIZAÇÃO DO PROBLEMA

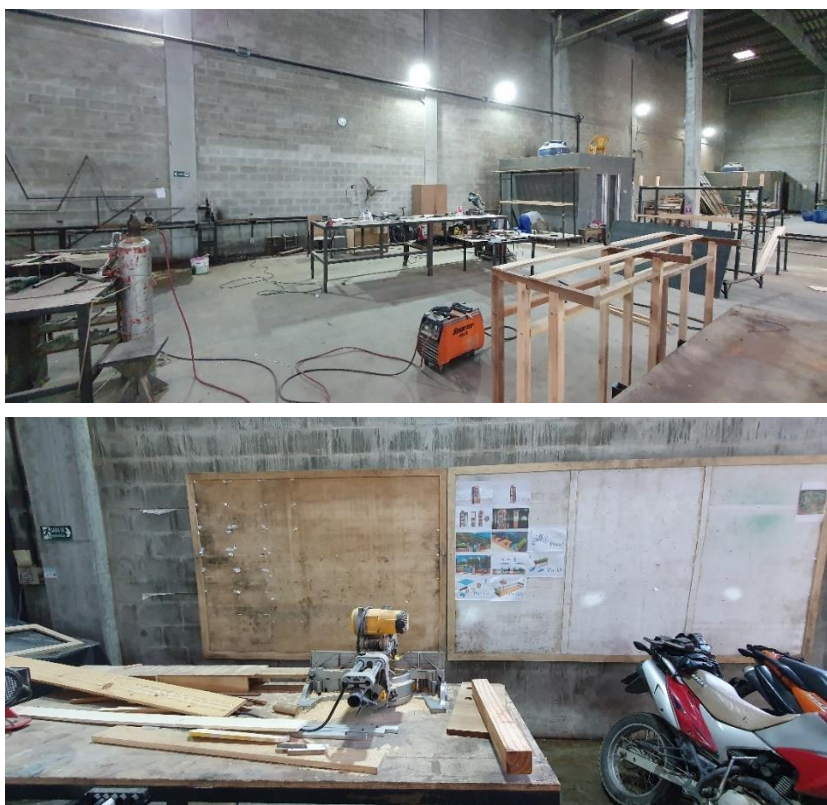
Nesta primeira fase são analisadas as configurações espaciais e comportamentais a partir do framework de observação explanado no quadro 22 (Seção 3.3.1), e o NASA-TLX (PRÉ-EXPERIMENTO), avaliando líderes, responsáveis pela manipulação do DT nos diversos setores dos galpões.

Abaixo, o resumo baseado nos itens do framework de observação atento aos contextos da atividade. Cada item abaixo descrito segue a descrição particular a cada cenografia, sendo dividida em parágrafos com a análise da Ceno Mais e Baluarte sequencialmente. Esta análise busca identificar pontos que são excêntricos ao local de trabalho, mas principalmente busca-se identificar as principais características associadas ao DT em sua forma geral.

4.1.1 Espaço

A empresa Ceno Mais possui espaço físico de aproximadamente 1.600 m², configurada sob estrutura de galpão industrial e vão livre, com um pé direito alto, o que ajuda na construção de grandes estruturas e na circulação de vento, deixando o ambiente interno mais agradável - fator que auxilia no ritmo de trabalho e carga de trabalho cognitiva. O ambiente de produção cenográfica é dividido de forma linear, onde cada especialidade de trabalho (pintura/artesanato, marcenaria, serralharia, máquinas automatizadas) é posicionada de maneira subsequente. As estações são distintas por distanciamento - não há paredes ou divisórias entre elas. Os alicerces periféricos de alvenaria servem como pontos nodais de alinhamento/reuniões, pois são locais mais livres do trânsito de pessoas e também é onde há quadros instalados, utilizados para a fixação dos DTs de cada projeto a ser executado, como mostrado na figura 45.

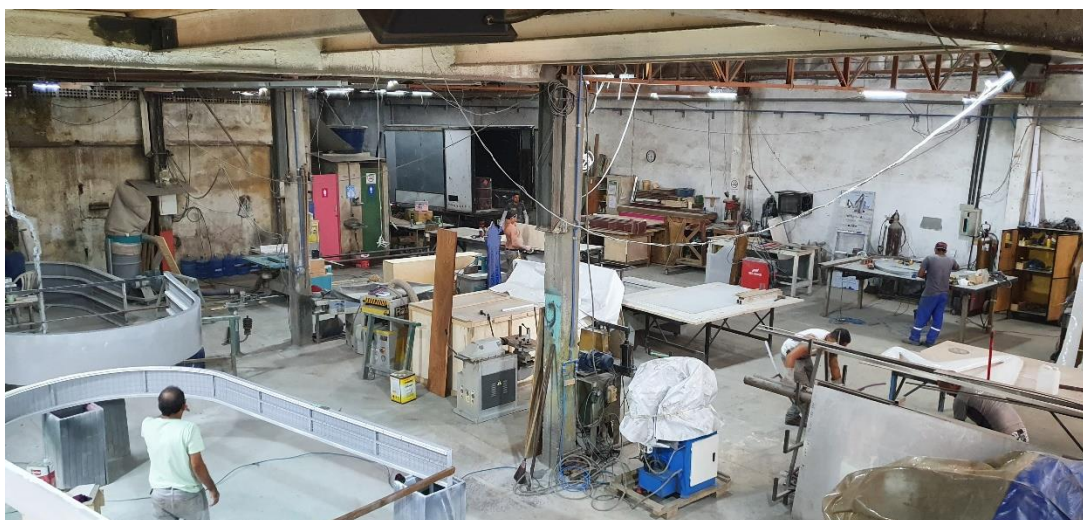
Figura 45 – Configuração espacial dos setores funcionais de produção, empresa Ceno Mais. Imagem superior, visão geral. Imagem inferior, pontos nodais de revisão/ alinhamento projetual.



Fonte: O autor, 2022.

A Baluarte é configurada sob estrutura treliçada de vão livre com pé direito duplo - sendo a região mais ampla utilizada para construção de estruturas mais elevadas, quando necessário (ver Figura 46). A segmentação dos setores de produção é feita em 2 linhas de produção paralelas - enquanto um lado envolve todo processo de concepção estrutural (marcenaria, usinagem, serralheria, acrílico, cortes automatizados), no outro é realizado todos os processos de acabamento, isso envolve pintura, envelopamento e até capotaria. Ademais, a Baluarte conta com um mezanino, onde há máquinas de corte automatizado e impressão digital de alta definição com impressão UV, que permite aplicações especiais em diversos substratos de materiais, incluindo tecidos. Há dois pontos estratégicos dentro da cenografia, sendo cada um situado em um andar: em baixo, situa-se o controle de qualidade, que confere estoque e realiza inferências em cada projeto, estando assim próximo dos processos de execução; já no andar superior, a sala de projetos, onde situam-se diretoria e equipe responsável por adaptar/ criar os projetos de execução que são encaminhados aos demais setores.

Figura 46 – Estrutura Baluarte: segmentação setorial da linha de produção.



Fonte: O autor, 2022.

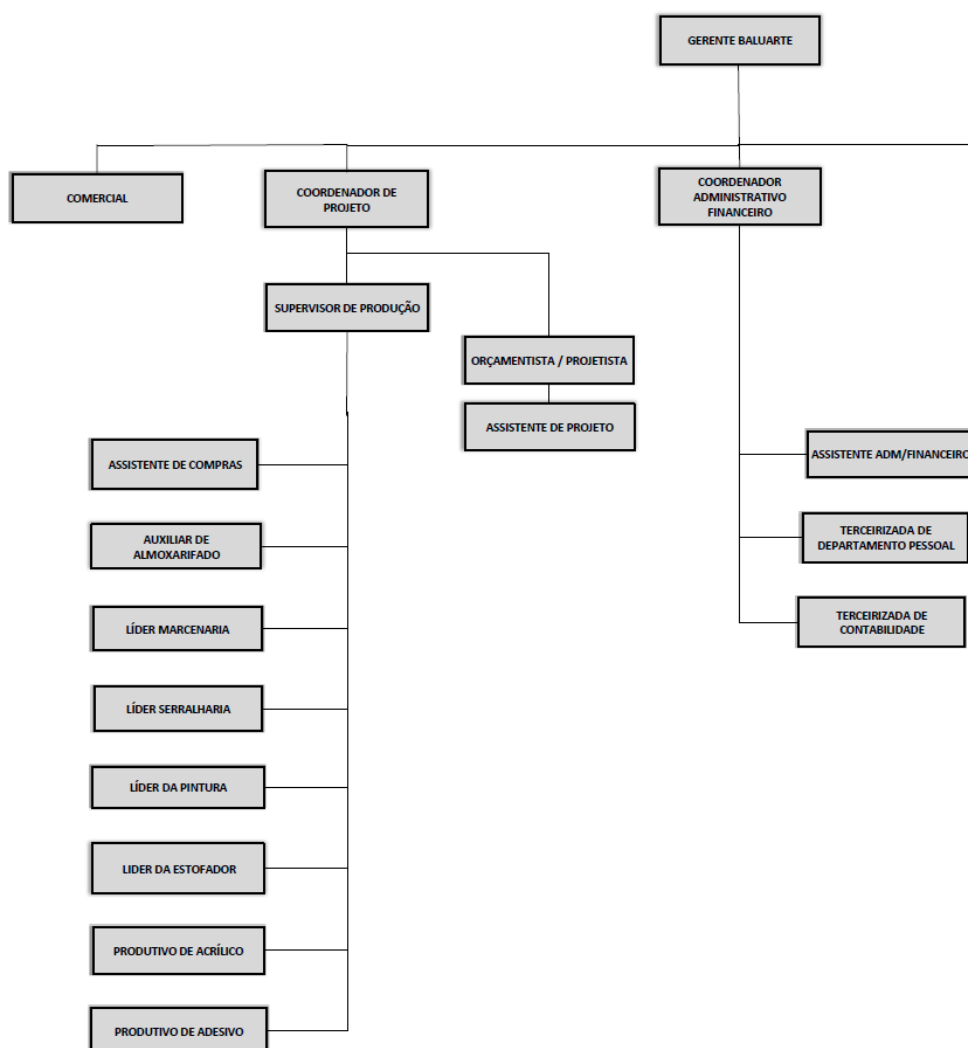
4.1.2 Atores

Na Ceno Mais, a estrutura organizacional tem foco na entrega ágil – com foco na realidade de mercado, setor criativo de marketing promocional. Esta possui como principais cargos envolvidos: o Diretor de Projetos, Gerente de Produção, que sob seu

guarda-chuva atuam os Encarregados (coordenador) de cada especialidade e, operacionalmente, os funcionários de atuação operacional (manipulação de máquinas e equipamentos). O responsável de cada setor - o Encarregado, lidera suas respectivas equipes e transfere conhecimento técnico às atividades mais repetitivas/operacionais. Destaque específico para os Controladores, os quais atuam de maneira mais independente - como qual técnica de corte específica utilizar para cada matriz na Router CNC.

A Baluarte possui organograma funcional de produção específico. A Figura 47 mostra os atores chave, líderes de cada setor - Líder de Marcenaria, Serralheria, Pintura, Estofador, Adesivo, Acrílico. Porém, atua com papel relevante/crítico nos projetos o Diretor Executivo (Gerente Baluarte) e o Supervisor de Produção & Qualidade, o qual possuem qualificações de leitura e interpretação de projetos de engenharia. O primeiro, edita e recria o DT para execução em cada setor, criando pranchas, matrizes, decalques - necessários à execução de cada etapa/setor da confecção. O segundo, interpreta o objetivo e proposta final do projeto, realizando as adaptações necessárias para o time, complementando nas decisões relacionadas a acabamento, material e construções envolvidas no artefato. O Encarregada de Produção possui papel fundamental de controle de qualidade, com destaque a noções superiores de interpretação e compreensão projetual (habilidades espaciais), auxiliando, mas sobretudo garantindo a qualidade da entrega final de todos os projetos do galpão. É importante notar que este último ator instrui os operários nas etapas de produção, alinhando *timing* entre as etapas, assim como administra compras, ou seja, realiza o planejamento de estoque para que a linha de produção não pare por falta de material.

Figura 47 – Organograma funcional de produção, Baluarte.



Fonte: O autor, 2022.

4.1.3 Atividades

O Diretor de Projetos na Ceno Mais atua de maneira estratégica dentro do galpão, analisando a pauta (demanda interna), conferindo disponibilidade de estoque e mensurando o esforço dedicado em cada projeto relacionado aos respectivos prazos de entrega. Sua atuação é primordial para as atividades subsequentes, pois comunica-se diretamente com os atores externos (profissionais criativos, clientes, grandes marcas, arquitetos), além de solicitar possíveis ajustes/adequações projetuais para a realização e ciência de tais mudanças necessárias para validação do projeto fidedigno, ou atendimento ao prazo solicitado quando prioridade. Os Encarregados de cada setor realizam aferições constantes a partir do DT, como por exemplo, sequência de atividades envolvidas na concepção do projeto, tempo de cura

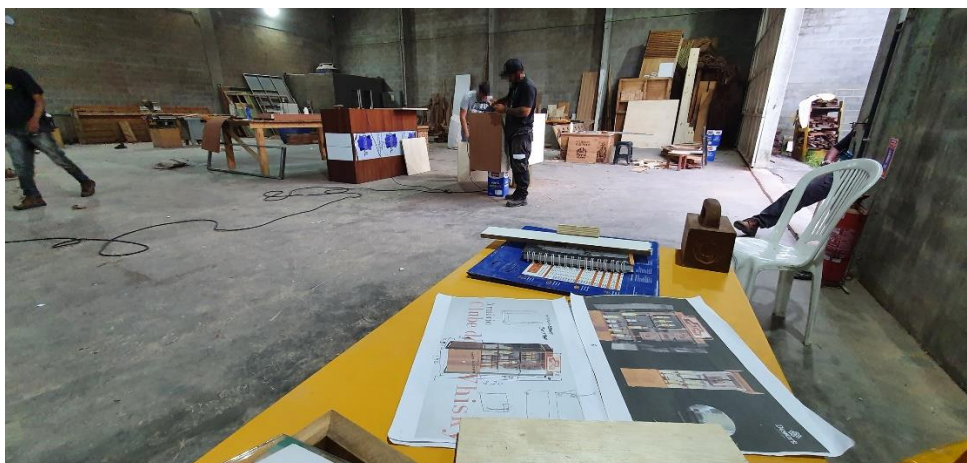
de pintura/acabamento, prazo de marcenaria/serralharia e tipo de materiais a serem utilizados para atender as finalidades de cada projeto.

Na Baluarte, foi possível evidenciar os operários de cada setor atuarem de forma constante na execução de cada peça da linha de produção. Os Encarregados/Líderes realizam estudos e inferências aos DTs a fim de adequar a linguagem do time de operacional. A Encarregada de Produção e o Diretor Executivo conferem a produção, realizando inferências necessárias para atingir o nível de qualidade desejado, questionando o time sobre cada etapa do processo, conferindo o nível compreendido de cada projeto. Alguns erros de execução puderam ser evidenciados - um deles, relacionado ao posicionamento de solda estrutural de uma calha luminosa e o segundo, ao acabamento, sendo o último causado por não atingir uma “percepção premium” à peça. Em ambos os casos, foi possível constatar que a causa da refação possui uma relação direta com as informações contidas no DT: No primeiro caso, a falta de informações técnicas (pontos de sustentação/solda) que deveriam existir no DT eliminaria a interpretação ambígua de locais de solda. No segundo, a não especificação do acabamento final da peça causou escolha errônea quanto ao acabamento final.

4.1.4 Objetos

O ambiente de trabalho na Ceno Mais, em geral, envolve pequenas mesas de 1,20x80cm onde cada encarregado do setor pode fazer conferência dos documentos do projeto, como visto na Figura 48. O material de DT é estritamente físico, ou seja, todos os setores trabalham com a manipulação do DT em fichas de A4, impressas no local. Não há criação de cortes extras, ou ampliação das peças, então da forma como o DT é recepcionado pela empresa, o mesmo é impresso no formato (limitado) de A4 (impressões coloridas em papel comum). Há apenas uma estação (periférica) de revisão/conferência sobre os projetos em execução. Dessa forma, todos os componentes criados podem ser conferidos se foram de fato produzidos. Para dar flexibilidade a cada operador e encarregado, os DTs são impressos de acordo com a necessidade, sendo essa folha extra levada para a estação de trabalho (marcenaria, usinagem, pintura). Tal folha de DT A4 é posta sobre a mesa de trabalho, máquina de corte, etc. Não há suportes auxiliares.

Figura 48 – Estação de trabalho para consultas/acompanhamentos projetuais, Ceno Mais.



Fonte: O autor, 2022.

Na Baluarte, os DTs são geralmente impressos em folhas A4 ou A3 para sua execução, como ilustrado na Figura 49. Porém, todos os itens em execução foram redesenhados pelo Diretor Executivo ou Supervisor de Produção, incluindo como parte do processo, inserção de informações faltantes, ou informações que permitam a compreensão dos atores responsáveis pela execução das respectivas peças.

Figura 49 – Estação de usinagem, Baluarte. Na imagem, impressão A4 extraído do DT para confecção da peça.



Fonte: O autor, 2022.

Ademais, todos os setores possuem mesas de apoio, relativamente grandes, para acomodar não só a peça em construção, mas também seus respectivos gabaritos, impressos em escala 1:1, a partir de uma *Plotter* no próprio galpão – ver Figura 50. Essa ferramenta de impressão, assim como essa atividade garante a

qualidade da execução, e sobretudo sua agilidade na tomada de decisão, permitindo executar a peça mesmo sem as dimensões de todos os componentes.

Figura 50 – Estação de usinagem. À esquerda, impressão em plotter, sob escala 1:1, para mapeamento dos cantos e curvatura manual da peça. À direita, visualização do modelo com medidas originais e inferências realizadas pelo gestor de projetos ao lado.



Fonte: O autor, 2022.

4.1.5 Ações

Em ambas as cenografias, há no geral uma distinção mais clara entre os papéis tático e operacional. As ações de manuseio do DT, impressões de gabaritos para confecção de cada peça são semelhante entre cada quadrante do galpão. Entretanto as atividades relacionadas aos líderes exigem raciocínio lógico, concentração e conhecimento técnico para produzir as adaptações necessárias a serem transmitidas aos colaboradores da linha de produção. Isso se confirma observando os dados obtidos no NASA TLX 1, realizado em ambas as empresas, onde os responsáveis (líderes) de cada setor possuem uma demanda da carga cognitiva mental maior, assim como esforço, em contraste aqueles que recebem o detalhamento sintetizado possuem apenas como carga cognitiva a demanda temporal (relacionada ao quão rápido a tarefa deve ser executada).

4.1.6 Eventos

Na Ceno todos os atores atuam de forma ágil e prática, dessa maneira, sempre estão em movimento (em pé ou manipulando ferramentas). Há conexão Wifi dentro

de todo o galpão e também há sinal de Rede 4G. Isso permite os Encarregados de tirarem dúvidas consultando o projeto digital, utilizando de recurso Zoom para visualizações informações ilegíveis ao formato impresso do mesmo.

Na Baluarte o redesenho do DT enviado à cenografia é um padrão. Nele são inseridas novas medidas ou pranchetas, capazes de entrarem na produção.

4.1.7 Objetivo

A principal demanda dentro do galpão envolve a produção de mobiliário e componentes para compor projetos de TM. O principal desafio dentro do galpão é compreender os projetos recepcionados, a fim de criar o projeto de execução. Dessa forma, uma compreensão mais clara do produto final, torna as tomadas de decisões internas mais assertivas e eleva substancialmente a qualidade de trabalho.

Interpretar a proposta de cada peça/item em produção é a tarefa mais difícil dos galpões. Os DTs não possuem, via de regra, o material de apresentação do produto, ou seja, a finalidade, sua apresentação, conceito, função, ou características inerentes ao produto. Na Baluarte, foi possível evidenciar uma maior clareza para os operários ao visualizarem o artefato em escala simulada (via imagem conceitual). Essa simples forma agrega características ocultas que são cruciais a cada etapa, tais como, tipo de material mediante nível de resistência ou manuseio, tipo de acabamento, a depender de local de instalação (ambiente interno ou externo), etc.

4.1.8 Temporal

A partir da validação de um projeto para execução, o mesmo é discutido entre os encarregados de cada setor envolvido em sua concepção. Após essa etapa, os DT são fixados na parede de revisão para futura checagem de produção. Neste momento, todas as dúvidas são discutidas, tais como aquelas não especificadas em projeto, como comumente ocorre com a ausência de especificação de acabamento técnico, visto a falta de expertise do setor (arquitetura, agências promocionais, de publicidade, etc.).

As etapas envolvidas no DT são: reunião orçamentária, adaptação do projeto para adequar-se a sua finalidade, criação das pranchas e gabaritos para cada setor envolvido, conferência de qualidade.

4.1.9 Afetivo

Há ótima comunicação entre os setores de execução, porém seus níveis de frustração em relação a sua demanda específica variam, pois cada projeto possui diferentes níveis de instrução para cada execução. Os projetos recepcionados, geralmente, não atendem às normas técnicas ABNT de execução. Mesmo aqueles projetos que ainda possuam DT, não seguem a norma, o que gera sobrecarga cognitiva para compreensão holística de cada produto/peça. Todos os setores sofrem alta sobrecarga cognitiva relacionada principalmente aos curtos prazos de produção, com exceção do setor de pintura/acabamento, que possui um nível de frustração atrelado a ausência de especificação projetual para sua atividade. Isso acarreta uma leitura e compreensão limitada, sendo relatado inclusive ocasionais impactos negativos na estratégia da produção do material em alguns casos.

Sob uma ótica de análise do ambiente de trabalho, todos executam suas funções de maneira confortável, apesar dos curtos prazos de projeto e da complexidade dos artefatos. Isso ocorre porque, a nível operacional, grande parte da carga de trabalho (mental e de esforço) cognitivo é realizada pelos líderes de cada setor, considerando-se as seis escalas de classificação da carga de trabalho percebida pelo NASA-TLX. Este esforço é relativamente maior quando o setor é sobrecarregado com maior número de suposições à compreensão do projeto, ou no nível de subsequentes abstrações necessárias para entregar aos níveis operacionais mais técnicos.

4.1.10 Análise Cognitiva: NASA-TLX (PRÉ-EXPERIMENTO) e Testes de HE

Estes dois tipos de testes serviram como ferramentas de análise cognitiva importantes para identificar as capacidades dos galpões em compreender e processar informações técnicas, associadas aos TMs e produtos, assim como execução e instalação dos componentes.

A avaliação do índice de carga de trabalho subjetiva, realizada através do NASA-TLX (PRÉ-EXPERIMENTO), permitiu identificar diferentes níveis de demanda mental nos setores. As tabelas 2 e 3, mostram a compilação dos resultados destas avaliações. Os participantes listados não foram identificados para fins de publicação

desta avaliação, visto não haver correlação necessária com aspectos pessoais ao desempenho desta atividade. Foram utilizados prefixos com identificação de cada cenografia e sufixos numerais para organização dos documentos de avaliação do pesquisador relacionado a cada participante. – seguindo o racional: LOCAL_INDIVÍDUONUMERAL (por exemplo, CENO_ID1).

Tabela 2 – Avaliação da carga de trabalho NASA-TLX (PRÉ-EXPERIMENTO) em Líderes dos setores na Cenografia Ceno Mais.

Participante ID	CARGO	Classificação Ponderada	Raw rating - Frustration Level	Raw rating - Mental Demand	Raw rating - Performance	Raw rating - Physical Demand	Raw rating - Temporal Demand	Workload tally - Effort	Workload tally - Frustration Level	Workload tally - Mental Demand	Workload tally - Performance	Workload tally - Physical Demand	Workload tally - Temporal Demand	Adjusted rating - Effort	Adjusted rating - Frustration Level	Adjusted rating - Mental Demand	Adjusted rating - Performance	Adjusted rating - Physical Demand	Adjusted rating - Temporal Demand
CENO_ID1	Diretor de projetos	29.33	10	40	0	20	0	90	1	2	5	4	0	3,10	80	0	80	0	270
CENO_ID2	Gerente de produção e operações	58	80	50	70	20	30	80	1	2	3	4	0	5,80	100	210	80	0	400
CENO_ID3	Encarregado da marcenaria	59.33	60	40	80	30	30	80	2	3	4	3	0	3,120	120	320	90	0	240
CENO_ID4	Encarregado da pintura	36.67	0	100	0	100	50	0	3	5	4	0	1	2,0	500	0	0	50	0

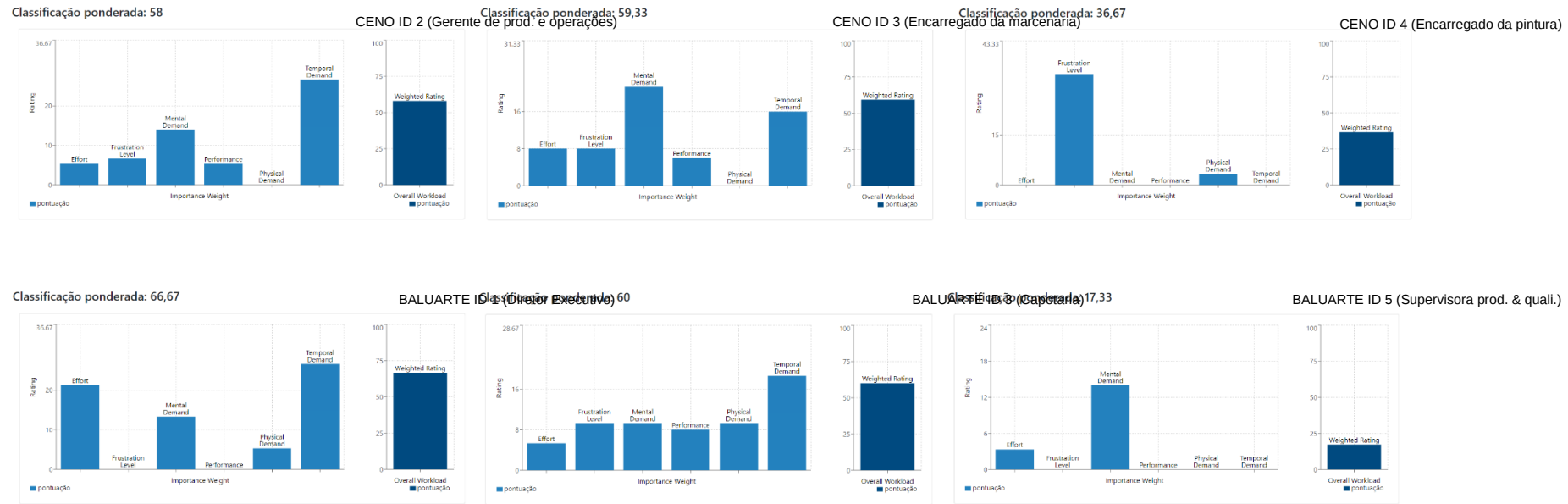
Fonte: O autor, 2022.

Tabela 3 – Avaliação da carga de trabalho NASA-TLX (PRÉ-EXPERIMENTO) em Líderes dos setores na Cenografia Baluarte.

Participante ID	CARGO	Classificação Ponderada	Raw rating - Frustration Level	Raw rating - Mental Demand	Raw rating - Performance	Raw rating - Physical Demand	Raw rating - Temporal Demand	Workload tally - Effort	Workload tally - Frustration Level	Workload tally - Mental Demand	Workload tally - Performance	Workload tally - Physical Demand	Workload tally - Temporal Demand	Adjusted rating - Effort	Adjusted rating - Frustration Level	Adjusted rating - Mental Demand	Adjusted rating - Performance	Adjusted rating - Physical Demand	Adjusted rating - Temporal Demand
BALUARTE_ID1	Diretor executivo	66.67	80	50	100	0	80	100	4	0	2	4	1	4,320	0	200	0	80	400
BALUARTE_ID2	Gerente de produção	26.67	0	0	0	0	0	80	2	0	4	3	1	5,0	0	0	0	0	400
BALUARTE_ID3	Capotaria	60	80	70	70	30	70	70	1	2	2	4	2	4,80	140	140	120	140	280
BALUARTE_ID4	Encarregado de produção	69.33	80	80	80	0	100	90	5	0	1	3	2	4,400	0	80	0	200	360
BALUARTE_ID5	Supervisora de produção & qualidade	17.33	50	0	70	0	0	0	1	1	3	3	2	5,50	0	210	0	0	0

Fonte: O autor, 2022.

Figura 51 – Análise visual dos dados por participante.

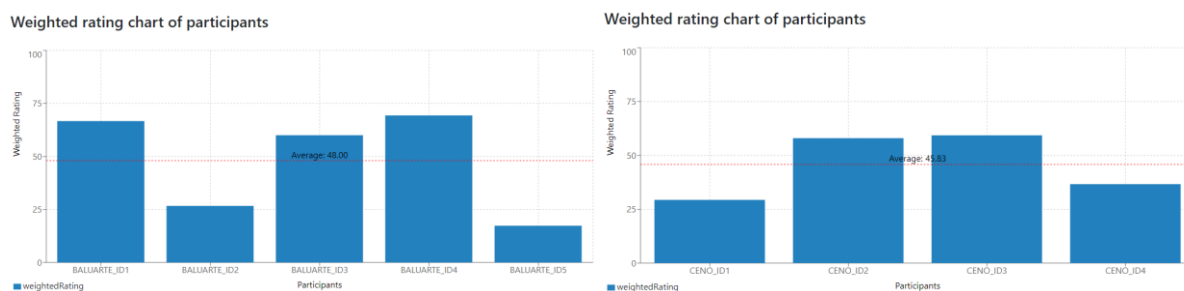


Fonte: O autor, 2022.

A figura 51 ilustra o comparativo de alguns participantes, a partir dos dados das tabelas 2 e 3. A avaliação da carga de trabalho deixa evidenciado relações moderadoras para o índice da carga de trabalho, intrínseco às demandas de cada setor. Analisando os gráficos acima, observa-se, respectivamente, da esquerda para a direita; ao gerente de produção, níveis mais elevados a demanda mental, devido a tarefa de adaptação dos documentos de DT ou até mesmo dos projetos de execução. O encarregado de marcenaria possui tarefa semelhante, porém soma-se a isso a necessidade de adequar o direcionamento projetual ao planejamento de execução final destinado a cada operário de máquina, o que aumenta sua carga de demanda mental e esforço. O setor de acabamento, neste caso, possui uma particularidade – nível bastante elevado de frustração, ocasionado por ausência de especificação técnica sobre o acabamento dos produtos, assim como finalidade do modelo (usabilidade e contexto de uso), as demais cargas estão nulas, pois esse setor executa rapidamente sua etapa não sendo afetado por fatores de complexidade projetual nem tempo para execução da tarefa. Na Baluarte, evidencia-se características semelhantes; diretor executivo possui papel semelhante no processo de execução projetual, portanto exige-se esforço e demanda mental maior; a capotaria tem esforço significativo da tarefa pois possui exigência física por trabalhar em pé e suas atividades, em geral, não possuem características de acabamento para o estofamento/couro, o que eleva índices de frustração, demanda mental esforço. Por fim a supervisão de produção e qualidade, possui carga de demanda mental elevada devido a responsabilidade atrelada a checagem dos itens de projeto, sendo realizada com análise entre DT e produto construído.

A Figura 52 compara a classificação ponderada do NASA-TLX (PRÉ-EXPERIMENTO) entre as empresas analisadas. Os resultados obtiveram médias semelhantes devido a semelhança das atividades cognitivas realizadas pelos profissionais que congonhem o time e pelo fato de as cenografias possuírem estrutura organizacional semelhante.

Figura 52 – Classificação ponderada do NASA-TLX (PRÉ-EXPERIMENTO) entre as empresas analisadas.

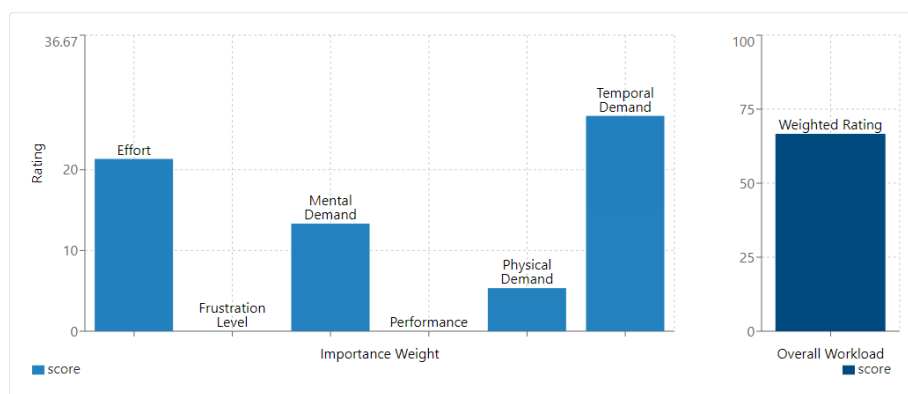


Fonte: O autor, 2022.

Nesse contexto, os maiores índices de peso estão relacionados aos cargos táticos, que analisam o projeto e o DT, assim como transmitem as informações aos demais componentes do time – é o caso dos Diretores, Encarregados e Gerentes. A figura 53 mostra o peso elevado nas demandas para o índice de esforço, mental e temporal (quão rápido precisa executar a tarefa), de um desses cargos.

Figura 53 – NASA-(PRÉ-EXPERIMENTO) - BALUARTE_ID1 – Diretor Executivo.

Weighted rating: 66.67



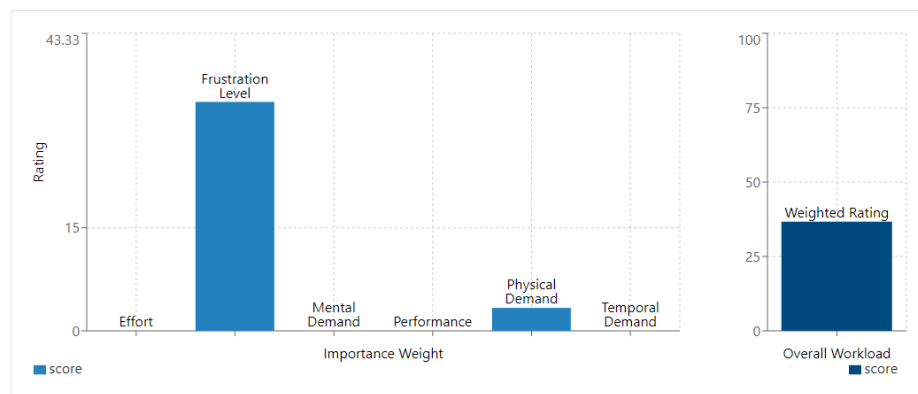
Fonte: O autor, 2022.

De maneira antagônica, os encarregados, ou seja, profissionais com qualificação técnica de execução possuem baixas avaliações de carga de trabalho para as demandas de índice de esforço, mental e performance, em geral. Isso pode ser visualizado na figura 54. O nível de frustração é alto neste exemplo, devido a um fator peculiar do DT nesta cenografia: no geral, o DT não possui discriminação sobre acabamento, ou características de local de instalação, o que causa alto nível de frustração e até leve demanda física, pelo fato do profissional ter que se deslocar

constantemente para consultar o diretor de projetos, a fim de prosseguir com a execução da pintura.

Figura 54 – NASA-TLX (PRÉ-EXPERIMENTO) - Ceno_ID4 – Encarregado de Pintura.

Weighted rating: 36.67



Fonte: O autor, 2022.

A tabela 4 mostra os testes (3) dos componentes de HE dos profissionais. As cores laranja e azul segmentam os profissionais em relação a sua capacidade de interpretar DTs. Em laranja destaca-se indivíduos com capacidades para interpretar, solucionar problemas e transferir conhecimento (compreensão plana sobre DTs); em azul, profissionais sem esta capacidade/capacitação.

Estes três testes avaliam a aptidão dos funcionários para execução da leitura de DTs, verificando assim se cargas de demanda mental e esforço da atividade estariam associados a configuração dos DTs, ou intrínsecos aos profissionais - com baixa capacidade de assimilação das informações espaciais, imprescindíveis para interpretação de DTs.

Os dados da avaliação de HE mostraram baixo rendimento no componente de RE, sendo o máximo desempenho de 20 pontos, ou seja, 50% da pontuação máxima (40 pontos, em MRT); e ao considerar apenas a Média Aritmética³⁶ Operacional (MAO³⁷) em RE, esse rendimento é de 11,8 pontos (29,6%). Nesse mesmo prisma, têm-se desempenhos máximos para a VE e OE, respectivamente, de 35 pontos (70%) e 8 pontos (66,6%); e considerando apenas equipe operacional, a MAO em VE obteve

³⁶ A Média Aritmética (MA) de um conjunto de dados é obtida somando todos os valores e dividindo o valor encontrado pelo número de dados desse conjunto. Fonte: <https://www.todamateria.com.br/media/>.

³⁷ Média Aritmética Operacional (MAO): refere-se a performance do time de operários, os quais não possuem capacidades para interpretar/produzir DTs. Neste caso, considera-se apenas a MA das pontuações azuis, excluindo-se: CENO_ID1 e BALUARTE_ID1 da tabela 4.

19,2 pontos (35,5%) e OE, 4,2 pontos (35,7%), respectivamente. Isso mostra que o time operacional possui uma capacidade de compreensão espacial de artefatos bastante inferior à diretoria. Esta comparação foi realizada, pois é o cargo de Diretor de Projetos que realiza as adequações de DTs para estas equipes operacionais nas mesas de execução de usinagem, marcenaria, pintura, etc.

Considerando-se o rendimento total de ambas cenografias, ou seja, performance total sobre os três componentes de HE: o rendimento médio das cenografias foi bastante semelhante, obtendo MAs de 40,93% (Ceno Mais) e 39,8% (Baluarte), sendo a MA Total de 40,3% de desempenho para este Grupo 1 de participantes. Aprofundando-se em cada componente, observa-se uma dificuldade maior para as capacidades de realizar RE, com performance de MA para as cenografias de 34,15%; e também para a capacidade de orientação física/mental no espaço (PT/SOT), com 40,6%. Relevante considerar que o teste D.A.T: SR5 é bastante extenso, como mostra o Anexo C, e em sua totalidade, nenhum participante completou as 50 questões. A grande maioria preencheu entre 30 e 40 questões, ante os 50 totais, devido ao limite de 20 minutos delimitado pelo teste.

Tabela 4 – Avaliação dos três componentes de Habilidades Espaciais nos líderes de Cenografia. Em laranja, indivíduos com capacidades de interpretação/construção de DTs. Em Azul, indivíduos sem capacidades para interpretação na integra de DTs.

Participante ID	CARGO	Experiência	HABILIDADES ESPACIAIS			TOTAL 102 Pontos <i>Maior é melhor.</i>	CARGA DE TRABALHO Índice NASA TLX ¹ <i>(Escala de 0 a 100) Menor é melhor.</i>
			MRT (Avalia RE) 40 Pontos	D.A.T: SR5 (Avalia VE) 50 Pontos	PT/SOT (Avalia OE) 12 Pontos		
CENO_ID1	Diretor de projetos	5-7 anos	20	35	6	61	29.33
CENO_ID2	Gerente de produção e operações	1-2 anos	12	14	2	28	58
CENO_ID3	Encarregado da marcenaria	Mais de 8 anos	17	24	2	43	59.33
CENO_ID4	Encarregado da pintura	5-7 anos	13	17	5	35	36.67
MÉDIA ARITIMÉTICA: CENO MAIS			15.5 (38%)	22.5 (45%)	3.75 (31,25%)	41.75 (40,93%)	45.83
BALUARTE_ID1	Diretor executivo	Mais de 8 anos	20	33	8	61	66.67
BALUARTE_ID2	Gerente de produção	Mais de 8 anos	8	21	7	36	26.67
BALUARTE_ID3	Capotaria	1-2 anos	5	18	5	28	60
BALUARTE_ID4	Encarregado de produção	5-7 anos	8	13	2	23	69.33
BALUARTE_ID5	Supervisor de produção & qualidade	Mais de 8 anos	20	28	7	55	17.33
MÉDIA ARITIMÉTICA: BALUARTE			12.2 (30.5%)	22.6 (45.2%)	5.8 (48.33%)	40.6 (39.8%)	48
MÉDIA ARITIMÉTICA: CENOGRÁFIAS			13.66 (34.15%)	22.55 (45.11%)	4.88 (40.6%)	41.11 (40.3%)	47.03

Fonte: O autor, 2022.

Os dados coletados, em ambas cenografias, a partir dos dados obtidos da observação realizada em loco; NASA-TLX (PRÉ-EXPERIMENTO); e dos testes de HE, contribuíram para a construção dos requisitos e da Classe de Problemas do artefato, elucidadas nas etapas subsequentes.

4.2 DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS

Para elencar os requisitos do artefato, foi realizada ainda identificação de artefatos similares com contextos semelhantes desta pesquisa. Em seguida, explicitou-se a classe de problemas.

4.2.1 Identificação dos artefatos similares

Neste item analisa-se as funcionalidades e características de ferramentas baseada em RA, similares para o projeto, obtidas a partir da revisão bibliográfica. Algumas destas ferramentas estão indisponíveis, pois foram desenvolvidas exclusivamente para fins de experimentação/estudos científicos. Sendo assim, portanto, sua análise é baseada somente nas informações obtidas na literatura.

A categoria de ferramentas de RA com propósitos para mediar atividades cognitivas de leitura/interpretação do DT abrange artefatos que permitam a representação de modelos 3D, visualização das informações objeto/produto, interação com modelos e/ou suas informações, animações, instruções (atividades de ensino/aprendizagem). Algumas ferramentas estão vinculadas a modelos pedagógicos, como o *Virtual Augmented Book* (ROCA-GONZÁLEZ et al., 2016), que permite visualizar objetos tridimensionais e completar tarefas propostas para fins de desenvolvimento de habilidades espaciais em estudantes de engenharia. Outras ferramentas permitem abordagens semelhantes da mesma atividade ou fluxo de atividades, como o AR-Dehaes (MARTÍN-GUTIÉRREZ et al., 2010), (ROCA-GONZÁLEZ et al., 2016), assim como estudos da relação de uso da RA com materiais tradicionais de educação (BERGAMASCHI; SILVEIRA, 2014), todos direcionados à estudantes de engenharia. Dentre os artefatos similares analisados, apenas o TaDiMA e o experimento de “autodesmontagem” em RA (FIORENTINO; MONNO; UVA, 2009; FREDDI; FRIZZIERO, 2020) possuem aplicação industrial, sendo respectivamente

focados no *Product Lifecycle Management (PLM)*³⁸ e linha de montagem de artefatos. Ademais, estes dois últimos estudos também são os únicos com uso de RAM.

Cada ferramenta foi analisada com base no quadro 20 (Seção 3.2.2), apresentada na metodologia de pesquisa. Os resultados são apresentados no quadro 25, descritos em sequência. Essa análise de similares tem por finalidade contribuir para a eliciação dos requisitos de projeto para o artefato digital.

³⁸ O gerenciamento de ciclo de vida de produto, em inglês *Product Lifecycle Management (PLM)*, é, no ramo da indústria, o processo de gerenciamento completo do ciclo de vida de um produto, desde a sua concepção, passando pelo desenvolvimento e manufatura, até a sua entrada em serviço operacional. O PLM compreende a integração de: pessoas, dados, processos e sistemas de negócio provendo um canal de informações sobre um produto para empresas e seus parceiros. Disponível em: < https://pt.wikipedia.org/wiki/Gerenciamento_de_ciclo_de_vida_de_produto > Acesso em: 31 mai, 2022.

Quadro 25 – Características dos artefatos similares.

		Virtual Augmented Book	Tangible Digital Master (TaDiMa)	Augmented Reality Technical Drawings (ARTD)	AR-Dehaes Toolkit (Baseado no Magic Book)	AR application and traditional educational materials	Design for Disassembly and Augmented Reality Applied
	Funcionalidades	(BILLINGHURST; KATO; POUPYREV, 2001; ROCA-GONZÁLEZ et al., 2016)	(FIORENTINO; MONNO; UVA, 2009)	(GIRBACIA, 2009)	(MARTÍN-GUTIÉRREZ et al., 2010)	(BERGAMASCHI; SILVEIRA, 2014)	(FREDDI; FRIZZIERO, 2020)
Propriedades Gerais	Escopo	Projetado como material didático. Consistia em cinco níveis (conhecimento, compreensão, aplicação/ análise, síntese e avaliação), onde cada um deles continha vários tipos de exercícios.	O TaDiMa, baseado em um banco de dados de acesso flexível ao <i>Product Lifecycle Management</i> (PLM) usando uma interface de usuário tangível/gráfica e RA.	Sistema de RA integrado ao software CAD SolidWorks® que permite a criação de uma nova classe de DT denominados Desenhos Técnicos de Realidade Aumentada (DTRA) como alternativa aos desenhos de engenharia 2D clássicos.	AR-Dehaes foi projetado para fornecer modelos virtuais 3D que ajudam os alunos a realizarem tarefas de visualização para promover o desenvolvimento de suas habilidades espaciais durante um curto curso de correção.	A proposta em tese é de mostrar ambientes interativos com o uso do ARToolkit para visualização de objetos geométricos (atividades em disciplina de desenho técnico) em marcadores.	Experimento de "autodesmontagem" em RA, que pode ser visualizado e seguido pelo operador sem treinamento. (uma forma ainda pouco utilizada atualmente).
	Data	2001	2009	2009	2010	2014	2020
	Público-Alvo	Estudantes de engenharia	Indústria, Engenharia, Design, Manufatura.	Estudantes de Engenharia	Estudantes de engenharia	Estudantes de Engenharia	Indústria, Linha de Montagem.
	Exportação e importação	Não	Sim	Importação	Não	Não	Não
Learning Design	Linguagem de Projeto	Conceitos de educação, apenas visualização de dados em RA.	Gráfica, Camadas Visuais, Descritiva.	Gráfica, Visual.	Aplicação baseada no <i>Virtual Augmented Book</i> . Possui a mesma essência em sua finalidade.	Gráfica, Visual.	Gráfica, Animação, Vista explodida.
	Modelo de atividade	Material didático, apresentação, sequência de atividades.	Interativo, Apresentação.	Interativa.	Idem <i>Virtual Augmented Book</i> .	Interativo	Sequencial.
	Workflow	Permite visualizar objetos tridimensionais na tela do computador para completar as tarefas propostas.	Apoia-se a variabilidade do produto em três fases principais do PLM: projeto inicial, marketing e montagem. O usuário pode introduzir elemento tangível baseada em marcadores no espaço de trabalho (ex.: mesa escritório). PLMs são exibidos em tempo real em 3D. Navegação da informação (rotação/ translação 3D) é realizada manipulando fisicamente os marcadores	O usuário é capaz de traduzir, girar e dimensionar o modelo 3D simplesmente cobrindo com a mão o marcador indicativo. Os usuários apreciam que a exibição do modelo CAD 3D colocado no ambiente real oferece um método melhor para perceber e entender as informações do desenho técnico físico.	Idem <i>Virtual Augmented Book</i> .	Leitura do DT com auxílio da RA com marcadores no livro e Manipulação direta com as mãos.	O funcionário usa um dispositivo portátil para "copiar" as ações que ele observa na autodesmontagem em RA, aplicando-as ao objeto real no para realizar a manutenção.
Propriedades Técnicas	Plataforma	Desktop e Webcam. Sala de Aula.	Dispositivo portátil (Tablet), Óculos RA, Desktop.	HMD	Idem <i>Virtual Augmented Book</i> .	Desktop e Webcam. Laboratório sala de aula.	Dispositivo portátil (Celular)
	Interface do usuário	Usa formato de livro convencional (impresso) com marcadores de RA como os principais objetos da interface. Interação física: navegação em diferentes pontos de vista, manipulação direta com as mãos.	Interface para acessar conteúdos PLM. Os dados do PLM são exibidos em tempo real como informações 3D referenciadas espacialmente à interface tangível. A navegação de dados (translações e rotações 3D) é facilmente realizada manipulando fisicamente os marcadores tangíveis.	Para aumentar o sentido visual do ser humano, é utilizado um dispositivo de exibição física que permite combinar imagens reais e virtuais e apresentá-las ao usuário.	Idem <i>Virtual Augmented Book</i> .	Marcadores colados em "palito de sorvete" para servir de haste e, assim, facilitar sua manipulação. Monitor para visualização em RA dos objetos virtuais.	Tecnologia RA baseada em marcadores: após o reconhecimento do objeto em duas ou três dimensões, através de dispositivo portátil coloca-se o objeto virtual na posição espacial relativa.
	Requisitos técnicos	Aplicação instalada em computador com Webcam.	Rastreamento baseado em marcadores que pode não ser robusto o suficiente para o ambiente de fabricação e exige problemas (ou seja, resolução limitada e campo de visão.	Aplicação instalada em Desktop. Iluminação adequada.	Idem <i>Virtual Augmented Book</i> .	Laboratório com computadores, ferramenta ARToolkit e webcam devidamente instalados.	Aplicação instalada em dispositivo portátil.

Fonte: O autor, 2022.

4.2.2 Requisitos

Desta forma, para que o artefato aborde ou solucione o problema identificado, ele deve:

- a) Buscar enquadrar-se a abordagem teórica da perspectiva cognitiva incorporada, que sugere que os processos cognitivos são fundamentados na interação corporal no ambiente real e em tempo real (WILSON, 2002). E considerar a **apresentação de informações, interação física e experiência compartilhada** nas características de interações RAM, identificadas por (HUANG; ALEM; LIVINGSTON, 2013).
- b) Possibilitar seu uso no ambiente de cenografia como mediador cognitivo - à atividade de leitura de DT;
- c) Possuir interface físico e digital;
- d) Explorar os 3 componentes de HE (rotação, orientação e visualização espacial), adequando-se a cada ficha do DT;
- e) A plataforma RA deve possuir execução baseada na web, utilizando método de entrega via QR Code, para utilização em dispositivos portáteis com uso de banda 4G / Wifi.
- f) Oferecer rastreamento com e sem marcadores visuais, permitindo assim interações tangenciais e navegações com características exploratórias dos modelos virtuais, codificando assim as visualizações egocêntricas de projeto e alocêntricas para necessidades de cada indivíduo.
- g) Utilizar método computacional independente
- h) fornecer orientação ao operador na fase de leitura do DT;
- i) permitir o compartilhamento de boas ideias;
- j) permitir o desenvolvimento de atividades associativas (interação direta com as mãos);
- k) utilizar esquemas de rotulagem virtual;
- l) buscar explorar protótipo estrutural e funcionalmente.
- m) Permitir exploração ao DT (virtualmente e em RA) ao usuário.

A análise dos ambientes de trabalho cenográfico, o esforço cognitivo associado às atividades de leitura de DTs, assim como a análise dos artefatos similares,

forneeceram maior entendimento para a classe de problemas e seus requisitos, voltados ao desenvolvimento do artefato propositivo.

4.2.3 Configuração de Classe de Problemas

A Classe de Problemas é denominada como a organização de um conjunto de problemas práticos que contenha artefatos úteis (avaliados, ou não) para a ação em organizações (LACERDA et al., 2013).

O quadro 26 apresenta as características dos artefatos similares, segundo os critérios definidos no quadro 20 (Seção 3.2.2).

A partir da análise dos dados apresentados nos quadros 25 e 26; e a abordagem de conscientização do problema nas cenografias, constrói-se a Classe de Problemas

No que envolve os artefatos, os dados mostraram:

- a) Apenas um dos similares possui computação terceirizada;
- b) Grande parte das ferramentas está focada em somente um aspecto de rastreamento, tornando-se parcialmente satisfatórias. A combinação de rastreamentos (Superfície, VSLAM e Rastreamento por Imagem) permite auxiliar mais de um componente de HE;
- c) Grande parte dos similares não possui informações adicionais aos modelos.
- d) No geral, os similares não possuem o objetivo associado a vivacidade dos modelos, sendo focados na compreensão funcional do produto;
- e) Apenas uma das ferramentas, a qual possui uso prático na indústria, combina formas de visualização, porém não simultaneamente;
- f) No geral, por utilizarem o rastreamento de imagem, as ferramentas permitem experiência tangencial, mas nem todas permitem a interações estáticas (como manipulação do objeto virtual diretamente na tela);
- g) Apenas o TaDiMa e o ARTD possuem configuração da informação combinada, ou seja, realizaram associação da informação física do DT com a RA de forma intencional, permitindo assim visualização ego e excêntrica dos modelos.

- h) Em sua maioria, os artefatos não trabalham a visualização realista dos objetos, devido a sua proposta de compreensão de modelos ou estrutura da peça.
- i) As características de eficiência de rede e computacional obtiveram classificação nula (N/A), devido ao fato dos artefatos não estarem disponíveis para avaliação do pesquisador, assim como não houve relato sobre este desempenho por parte dos artigos.

Quadro 26 – Características das ferramentas analisadas, a partir dos requisitos extraídos da literatura.

			ARTEFATOS SIMILARES						
Campo	Funcionalidades		Virtual Augmented Book	Tangible Digital Master (TaDiMa)	Augmented Reality Technical Drawings (ARTD)	AR-Dehaes Toolkit (Baseado no Magic Book)	AR application and traditional educational materials	Design for Disassembly and Augmented Reality Applied	
Web AR	Método de Entrega Terceirizado		✗	✓	✗	✗	✗	✗	
	Rastreamento (mais de um tipo)		⚠	✓	✓	⚠	⚠	⚠	
	Eficiência de Computação de Rede		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
	Eficiência de Computação e Renderização		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Cognição Incorporada	Apresentação das Informações	Quantidade (Quantidade disponível e Oclusão das informações)	✗	✓	✓	✗	✗	✗	
			✗	✓	✓	✗	✗	✗	
		Representação (Distância cognitiva e Realismo 3D)	✗	✓	✓	✓	✓	✗	
			✗	✗	✗	✗	✗	✗	
		Posicionamento	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		Combinação de visualização	✗	⚠	✗	✗	✗	✗	
	Interação Física	Navegação	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		Interação Tangíveis	⚠	✓	⚠	⚠	⚠	⚠	
		Interação direta com as mãos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		Interação Multimodal	⚠	✓	✓	⚠	⚠	⚠	
	Habilidades Espaciais			⚠	✓	✓	⚠	✗	✗
	Desenho Técnico			✗	✓	✗	✗	✗	✗
Prototipagem Virtual	Funcional	✗	✓	✗	✗	✗	✓		
	Estrutural	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠		

Fonte: O autor, 2022.

A respeito do contexto que envolve o artefato, contribui-se à Classe de Problemas:

- j) Nos ambientes analisados, os espaços físicos de cenografia possuem pouca área útil para manuseio do DT;
- k) A respeito das capacidades relacionadas a compreensão do projeto: a maior dificuldade está relacionada para as capacidades de realizar rotações e comparações bi/tridimensionais (MRT); e também para a capacidade de orientação física/mental no espaço (PT/SOT);
- l) DT não possui resumo descritivo sobre o artefato, com características de usabilidade que possam auxiliar na compreensão da cenografia;
- m) DT não segue rebatimento de vistas ortogonais especificado pela ABNT;
- n) Carência da codificação alocêntrica (objeto-objeto, nesse caso, as partes do objeto) e egocêntrica (pessoa-objeto), visto devido a dificuldade de compreensão das partes do artefato, e de seu posicionamento funcional.
- o) Limitação de exploração aos detalhes do DT (informações em tela, proporção dos dados, oclusão das informações, ilegibilidade;
- p) Limitações de exploração livre do modelo ou projeto, em geral.

A partir do delineamento da classe específica de problemas e da conscientização do problema, os requisitos de projeto foram extraídos, conforme apresentado no quadro 27.

Quadro 27 – Elicitação dos requisitos da ferramenta mediadora.

Campo	Funcionalidades	Requisitos	
Web AR	Método de Entrega	Suporte ao método computacional terceirizado baseada na web.	
	Rastreamento	Procurar permitir mais de um recurso para rastreamento (<i>Planar image tracking, Surface Tracking</i>). A primeira explora interações tangenciais (orientação espacial) e a segunda, capacidades de translação tridimensional.	
	Eficiência de Computação de Rede	Utilização de servidor robusto para eficiência de comunicação de rede (baixa latência).	
	Eficiência de Computação e Renderização	O objeto virtual deve ser otimizado em quantidade de polígonos para obter eficiência de renderização (até 100.000 polígonos e 25MB).	
Cognição Incorporada	Apresentação das Informações	Quantidade	Segmentar quantidade de informações disponíveis na tela, ou segmentar visualização por subcanais.
			As informações virtuais adicionais não devem ocultar informações importantes do cenário real.
		Representação	A ferramenta deve impedir "distância cognitiva" para os usuários.
			A ferramenta pode explorar o realismo ou a composição lúdica de assimilação de montagem do modelo.
		Posicionamento	Arranjar as informações virtuais com o DT. Permitindo visualização egocêntrica mista.
		Combinação de visualização	Combinar múltiplas visualizações em um único <i>display</i> . (visão geral e detalhada, foco e contexto, Zooming, Sugestões de Foco/Contexto).
	Interação Física	Navegação	Usar <i>call-to-actions</i> para motivar os usuários a fazer atividades auto exploratórias.
		Interação Tangíveis	Permitir manipular fisicamente ferramentas tradicionais para interagir com informações virtuais através da RAM. (Interação Primitiva Estática e Interação Primitiva Dinâmica)
		Interação direta com as mãos	Verificar tamanho das informações para a seleção de objetos, a fim de evitar com que os dedos ocluam o <i>display</i> e suas informações.
		Interação Multimodal	Combinar interações <i>touch</i> e gestos fora da tela.
Habilidades Espaciais	Combinar a RA com animação associada ao layout do DT, para explorar visualização espacial - egocêntrica. Usar rastreamento de superfície e animação para explorar visualização excêntrica (rotação mental, e orientação espacial).		
Desenho Técnico	Utilizar esquemas auxiliares – rotulagens.		
Prototipagem Virtual	Utilizar protótipos funcionais e estruturais para exploração da RA.		

Fonte: O autor, 2022.

A partir das informações obtidas nesta etapa, o processo de desenvolvimento do artefato foi iniciado, definindo-se os propósitos do artefato.

4.3 DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO PARA RESOLVER O PROBLEMA

Nesta etapa, ocorre o delineamento de um artefato que busca atender às necessidades elicítadas nesta pesquisa. A partir das informações obtidas, o processo de desenvolvimento do artefato foi iniciado, buscando atender aos requisitos.

Apesar das diferentes abordagens utilizadas nos artefatos similares analisados, o que se buscou em cada um deles foi um sistema que pode ser resumido, de modo geral, em duas características: melhorar os componentes da capacidade espacial através do uso da RA com fins de treinamento e ensino; e otimizar o acesso às informações do produto no DT, ou seja, implementar a RA apenas com pequenas mudanças no processo de ciclo de vida do produto da empresa. Apenas uma das ferramentas, o TaDiMa, abrangeu estes objetivos como sendo um sistema relativamente intuitivo e que atendeu, em sua grande maioria requisitos de projeto. O TaDiMa é baseado em um banco de dados de acesso flexível ao gerenciamento do ciclo de vida de produto, ou *Product Lifecycle Management* (PLM), usando uma interface de usuário tangível/gráfica e RA. O usuário pode introduzir um elemento tangível com uma marcadores visuais em sua área de trabalho (mesa de escritório, mesa de reunião, bancada de produção, etc.). Esses marcadores podem ser impressos ou colados como adesivos em papel, nesse caso, desenhos técnicos. A solução utiliza uma combinação flexível de benefícios de uma Interface Gráfica (IG) e de uma Interface Tangível (IT) das vantagens de cada abordagem. O usuário pode explorar a IT para navegação intuitiva do modelo e a IG para controles precisos da informação (ou seja, através da tela sensível ao toque, caneta digital, mouse, teclado).

Esta etapa buscou desenvolver uma instanciação de RA, baseada na web, para fornecer elementos que permitam, posteriormente, a implementação no sistema de DT dos galpões de cenografia, tornando-se assim uma alternativa factível para futura adesão no processo de desenvolvimento de novos produtos nesses cenários.

A seguir as alternativas desenvolvidas durante as interações são apresentadas e analisadas.

4.3.1 Primeira Interação: Configuração do Modelo 3D e DT

Essa alternativa foi elaborada com uso do Autodesk Maya 2018 e o Adobe Illustrator.

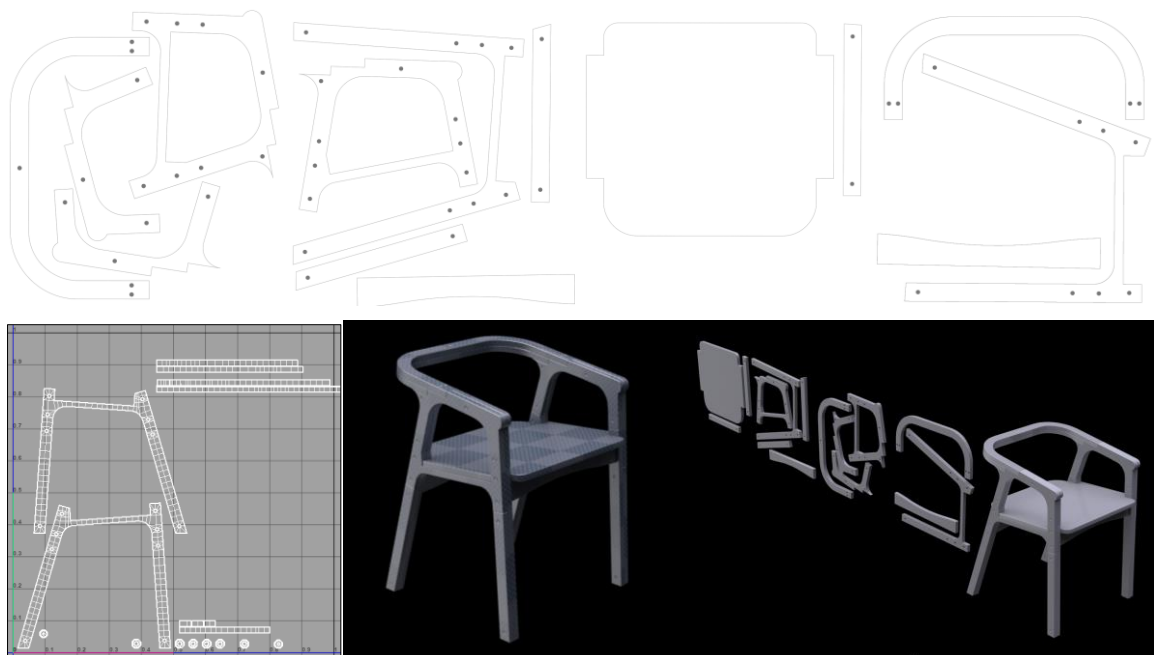
A principal característica desta alternativa foi o desenvolvimento do modelo 3D a partir dos arquivos SVG originais da Cadeira de Compensado, sua texturização e animação voltado às plataformas de Web AR, assim como a definição dos conteúdos físicos - inseridos no DT, e a integração da RA a partir de métodos de entrega no DT.

Desta forma, o ponto de partida para o desenvolvimento do artefato mediador proposto foi a escolha do modelo a ser utilizado para o estudo. Para tal, o produto proposto ao estudo deveria atender a duas características principais: possuir mais de uma etapa de construção/montagem; e pertencer ao repertório de confecção cenográfica. Dessa forma, foi utilizado um item de mobiliário - *Cadeira de Compensado*³⁹, para execução automatizada em CNC Router⁴⁰, que melhora a automação e a flexibilidade no galpão, com múltiplas partes e etapas de encaixe e montagem. Os arquivos contidos são arquivos SVG para serem cortados diretamente com CNC ou impressos e cortados com serra de fita. Os arquivos SVG são exportados da cadeira modelada em compensado de 18 mm ou 3/4 polegadas (19,05mm). Os arquivos SVG não podem ser usados com qualquer outro tamanho de compensado. para poder usar compensados mais finos ou mais grossos o modelo precisa ser modificado de acordo com essa espessura. A figura 55 ilustra os arquivos SVG, topologia UV e modelo 3D da cadeira, contendo todos os elementos estruturais e funcionais.

³⁹ Um projeto de Pierre Bolmèr, o qual possui sua disponibilização gratuita e permite que os reutilizadores distribuam, remixem, adaptem e construam o material em qualquer meio ou formato apenas para fins não comerciais, enquanto a atribuição for dada ao criador.

⁴⁰ Maquinas para cortes computadorizado: mdf, madeiras, compensados, nylon, acrílico, etc.

Figura 55 – Arquivos SVG (acima), malha UV para aplicação da textura (inferior esquerda), e modelo *low poly* para uso na RAM (inferior direita).



Fonte: O autor, 2022.

Um modelo 3D pode conter dados adicionais, como informações de animação e manipulação. Já a composição da cena 3D para uso na RAM é composta de vários objetos. Os objetos trabalhados na cena desta pesquisa são os seguintes: Modelo 3D, Câmera, Luz e Material (Figura 56).

Figura 56 – Composição da cena 3D.



Fonte: Mahmood (2019)

A figura 57 mostra o modelo final 3D otimizado da Cadeira de Compensado, para uso na Web AR, respeitando os requisitos estabelecidos na etapa 4.2.2.

Figura 57 – Modelagem final propositiva para uso na ferramenta mediadora de Web AR. Esquerda: visualização da cadeira de compensado. Direita: vista explodida do modelo 3D.



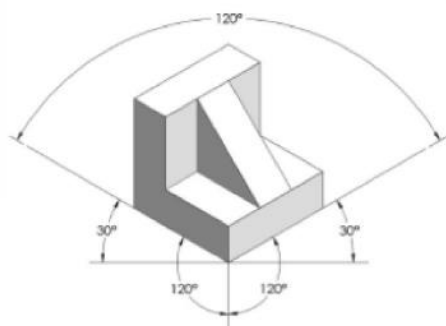
Fonte: O autor, 2022.

O modelo 3D otimizado para uso na Web AR foi desenvolvido no software Autodesk Maya 2018 (mas pode ser modelado em demais softwares de animação 3D e efeitos visuais, como blender, 3DsMax, etc.), com objetivo final de atingir até 100.000 polígonos – conforme os requisitos estabelecidos. O modelo foi finalizado com 19.764 polígonos, e topologia UV preparada para uso de textura, que também foi aplicada ao modelo para atender a outro requisito - Vivacidade, segundo a Teoria da Riqueza de Mídia (PANTANO; RESE; BAIER, 2017), também pré-estabelecido como requisito projetual. O conjunto de texturas, que envolvem difusão, reflexos e mapa de normal totalizaram ao projeto 22,87 MB, também dentro do esperado (limite de 25 mb). Testes iniciais de upload do modelo texturizado no celular Galaxy S10 Plus, via 4G, ficaram entre 10 seg. e 45 seg. Devido ao tempo de carregamento demasiadamente longo, para usuários com expertise de *mobile*, o artefato de Web AR deverá possuir uma tela com animação de carregamento, a fim de fornecer feedback sobre esta etapa – as primeiras interações sem a tela de carregamento passavam a percepção de travamento de sistema, visto que o tempo de espera maior que 10 segundos em tela branca estática sugeriria falha de conexão ou erro ao sistema.

Para a produção de projeções isométricas (tipo mais comum de pictórico utilizado na engenharia e nos campos técnicos de arquitetura e design), em softwares de animação 3D e efeitos visuais, o render foi produzido girando o objeto 45 sobre em

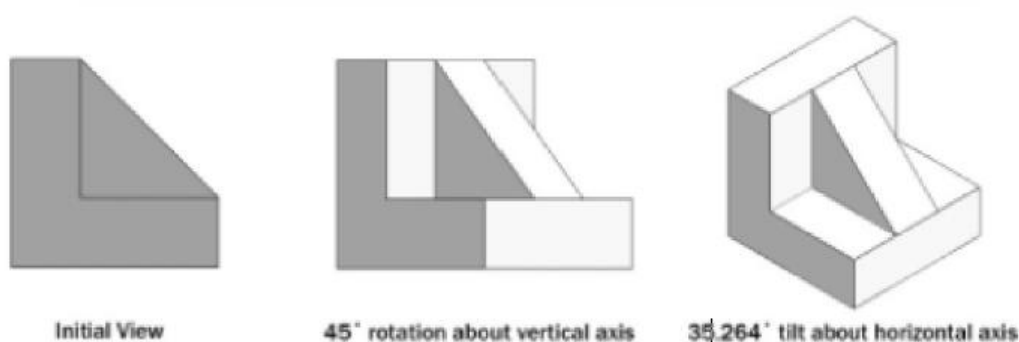
seu eixo vertical, e inclinando-o para a frente aproximadamente 35.264° (formando um ângulo de 30° com a horizontal (Figuras 58 e 59).

Figura 58 – Ângulos na projeção isométrica.



Fonte: Camba et al. (2014)

Figura 59 - Criação da projeção isométrica.



Fonte: Camba et al. (2014)

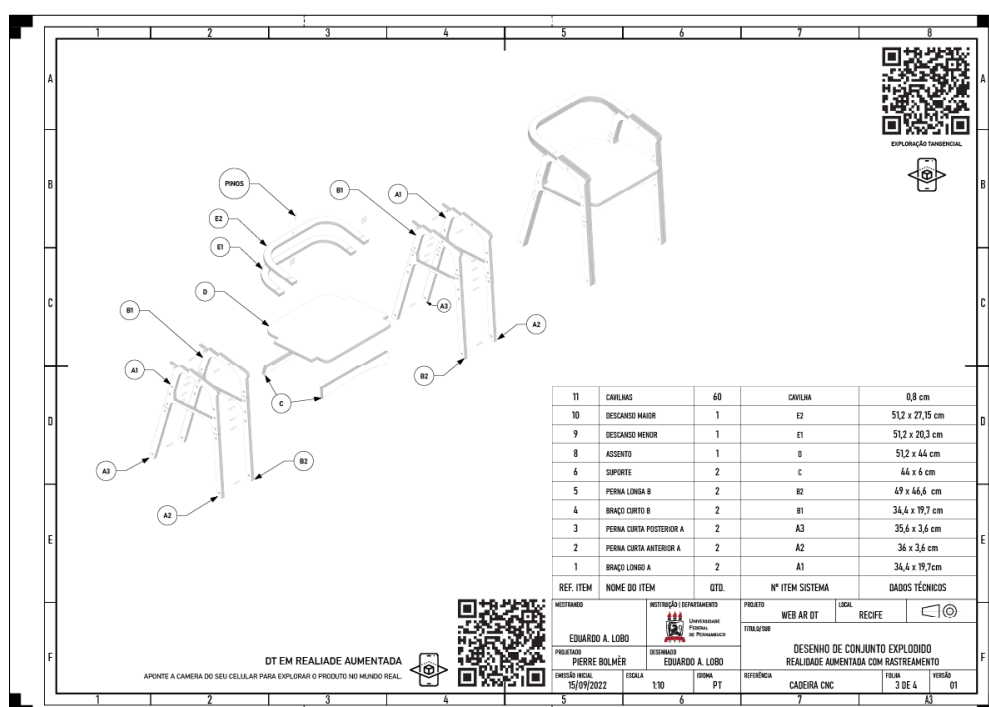
Com esses fundamentos é possível adquirir o mesmo efeito dentro de softwares de modelagem tridimensional voltados a animação e modelagem de maquetes virtuais que não sejam CAD, ou seja, que não possuem a predefinição de projeções axonométricas, como Maya, 3Ds Max e Blender. Para isso, basta aplicar a mesma configuração de inclinação do plano de projeção à câmera e o modelo. Dessa forma, o modelo deve ser rotacionado em 45° no eixo vertical assim como sua câmera (no modo ortográfico, sem distorções cônicas), deve ser rotacionada no eixo vertical em $-35,264^\circ$, resultando na configuração da cena com *renders* em perspectivas isométricas. Para atingir projeções dimétricas, basta modificar o ângulo da câmera para qualquer posição que não seja $35,264^\circ$. E para obter *renders* trimétricos, basta girar o modelo para qualquer ângulo que não seja 45° .

Após a definição do modelo 3D, foram definidas as Fichas de DT. Foram configuradas 4 fichas técnicas – vide Anexo F, para abordar o modelo em sua maior compreensão, sendo seu conteúdo definido da seguinte maneira:

- a) Ficha 1: INTRODUÇÃO AO MODELO;
- b) Ficha 2: VISTAS ORTOGONAIS;
- c) Ficha 3: VISTA EXPLODIDA COM MARCAÇÕES;
- d) Ficha 4: ETAPAS DE MONTAGEM.

A figura 60 mostra o resultado final da ficha de DT designada para o formato A3. Foi definido o uso de Código QR como método para entregar a RA de maneira fluida no ambiente cenográfico. Ademais, foram inseridas breves instruções para uso de código QR, visto possibilidade de baixa familiaridade com a tecnologia por parte de alguns participantes.

Figura 60 – Exemplo de Ficha de DT Aumentado (Ficha 3) do artefato de instanciação em sua primeira interação.



Fonte: O autor, 2022.

4.3.2 Segunda Interação: Implementação do DT Aumentado

Etapa destinada à configuração dos modelos 3D, animações acessíveis às plataformas de Web AR e capacidades de integração.

Essa interação foi elaborada com a plataforma MyWebAR e Vectary. Este é um serviço online de Web AR que permite utilizar editores online para construções de interações compatíveis com diversos navegadores mobile e sistemas operacionais através de um projeto. A motivação para aplicação desta plataforma é de sua capacidade de suportar a reprodução de vídeos e animações 3D, além de implementações interativas mais avançadas, como iniciar/pausar uma animação através da elaboração da implementação de botões também aumentados (projetados virtualmente sobre o mundo real). Além disso, a plataforma abrange múltiplos recursos de rastreamento, como *Image Tracking*, *Surface Tracking (Instant Tracking)* e o VSLAM, permitindo associar mais de um tipo de RA associada com as intenções de uso desta pesquisa para mediar cada capacidade de habilidades espaciais.

Ao iniciar a integração da RA para as Fichas de DT, foi denominado uma nova nomenclatura a estas fichas implementadas: DT Aumentado (DT Aumentado). Assim, torna-se mais fácil a referência e assimilação deste artefato de instanciação do estudo, como ferramenta mediadora para leitura do DT, aos participantes da pesquisa.

Foram definidos 6 recursos de RA para integrar ao DT Aumentado - integrados as 4 Fichas de DT, conforme destacado em amarelo (Quadro 28)

Quadro 28 – Características norteadoras para implementação da RA e mecanismos aplicados no artefato de instanciação.

FICHA	INTERAÇÃO NA RAM / MECANISMOS	QUADRO TEÓRICO ASSOCIATIVO	CONJECTURAS COMPORTAMENTAIS
BASE TEÓRICA NORTEADORA As linhas da base teórica estão aplicadas no contexto do artefato mediador como um todo, norteadoras as soluções aplicadas, tanto na RA quanto nas Fichas de DT.	-	Perspectiva Cognitiva Incorporada: principais características quanto as questões cognitivas na interação RAM: apresentação de informações, interação física e experiência compartilhada (HUANG; ALEM; LIVINGSTON, 2013; WILSON, 2002). Teoria da Carga Cognitiva (SUH; PROPHET, 2018).	As pessoas compreendem melhor representações 3D do que 2D; o alto nível de realismo torna o objeto mais compreensível. Uso combinado de técnicas de RA amplia a capacidade de compreensão dos usuários. Quando possuem interação na navegação, as pessoas são motivadas a fazer atividades auto exploratórias para aumentar sua consciência espacial dos espaços físicos. A inspiração comportamental (motivados pela qualidade do objeto) estimula o engajamento.
	-	Framework EOR para uso da RA - Relações entre estímulos tecnológicos, reações cognitivas e respostas (+/-) considerando diferenças individuais do grupo de estudo (SUH; PROPHET, 2018).	A presença de estímulos perceptivos (manipulação direta/tangível, tempo de resposta, riqueza de mídia, apresentação das informações), contribuem para reações cognitivas (imersão, cognição situada e incorporada), assim como reações afetivas (excitação/tédio, motivação hedônica, social, expertise de RA); contribuem para eficácia e engajamento da aprendizagem.
	-	Componentes de Habilidades Espaciais (DZIEKONSKI, 2003) (ROCA-GONZÁLEZ et al., 2016).	A RA aplicada a cada componente de HE melhora a capacidade de abstração e ajuda na formulação e resolução de problemas, pois ela permite criar imagens mentais para realizar tarefas técnicas com maior fluidez. Assim, deve entregar técnicas de RA específicas para auxiliar cada componente espacial (rotação, visualização e orientação).
FICHA 1 INTRODUÇÃO AO MODELO	<i>Surface Tracking</i> com menu flutuante (tela).		Promove compreensão ergonômica e sobre a finalidade do produto, permitindo inferências na linha produção.
FICHA 2 VISTAS ORTOGONAIS	VSLAM com animação de rebatimento entre vistas e botão holográfico (projetado no mundo real).	Visão Geral + Detalhes, zoom e foco + Contexto ((COCKBURN; KARLSON; BEDERSON, 2009)	Promove eficácia da aprendizagem sobre rebatimentos das vistas ortogonais e melhora compreensão da rotação mental do objeto.
		Teoria da Aprendizagem Experiencial. A RA pode transformar a experiência externa através do alto nível de eficácia pessoal e autorreflexão geradas pelo senso de presença e engajamento emocional . (RIVA et al., 2016)	Oportunidade de trabalhar capacidades de orientação e visualização espacial a partir da combinação de visualizações (vistas ortogonais e animação do objeto 3D sobre o DT).
FICHA 3 VISTA EXPLODIDA COM MARCAÇÕES	<i>Surface Tracking</i> com menu flutuante (tela).	Interação física (manipulação tangencial), Combinação das informações, e uso de animações de transição. (COCKBURN; KARLSON; BEDERSON, 2009) (HUANG; ALEM; LIVINGSTON, 2013)	Indivíduos possuem níveis de HE distintos. A manipulação tangencial serve como segundo fator de assimilação do objeto 3D, trabalhando assim a compreensão de rotação mental do objeto.
	<i>Image Tracking</i> para manipulação tangencial.		
FICHA 4 ETAPAS DE MONTAGEM	VSLAM com animação de rebatimento entre vistas e botão holográfico (projetado no mundo real).	Animações de transição.	Os indivíduos terão menor esforço cognitivo para compreender como as partes do produto se relacionam, aumentando assim sua performance e reduzindo seu esforço e demanda mental.
	<i>Image Tracking</i> para manipulação tangencial.		

Fonte: O autor, 2022.

Com o propósito de demonstrar as diferentes maneiras que um usuário pode interagir com o sistema de DT Aumentado, foi utilizado um diagrama de caso de uso em UML, como mostra a Figura 62. Ela complementa o quadro acima e traz uma visão geral do relacionamento entre o DT Aumentado, seus atores e sistemas.

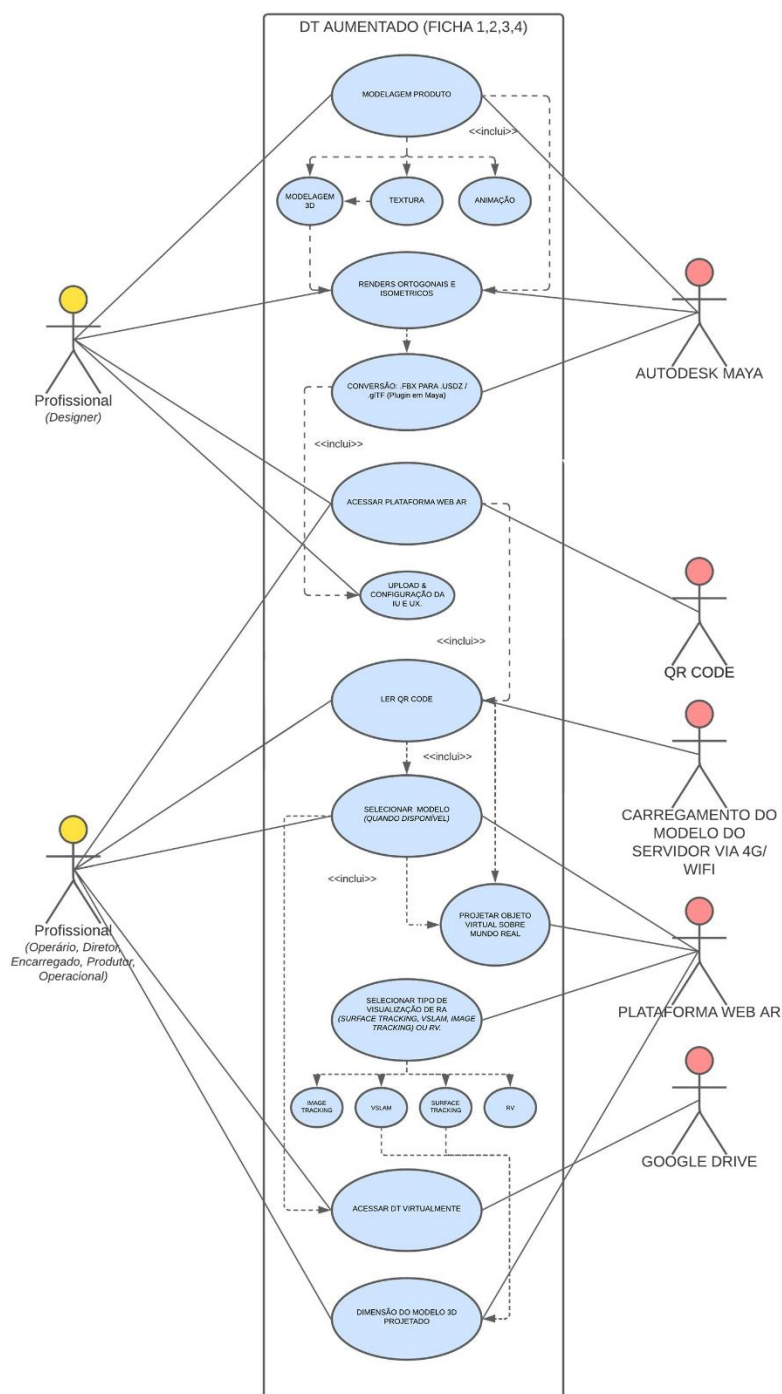
Desse modo, cada ficha de DT é integrada com um ou mais códigos de QR. Cada código QR possui um link vinculado a uma configuração singular de RA, ou RA/RV (nesses casos, é possível explorar o modelo virtualmente, realizando rotações virtuais na tela do celular sem projetar no mundo real). Esta leitura é realizada quando o usuário aponta a câmera integrada do próprio celular. Em seguida, o sistema indica na tela as instruções para habilitação de uso da câmera do aparelho (visto que o sistema é executado via navegador); seguindo para o próximo passo de posicionar o celular para leitura da imagem (no caso de uso de rastreador de imagem), ou para leitura de superfícies (no caso de uso de leitura de superfícies, ou seja, VSLAM e *Surface Tracking*). Em alguns casos, como na Ficha 1 e 3 (vide Anexo F), será possível selecionar mais de um modelo 3D para projetar em RA, sendo respectivamente, visualização do modelo isolado e modelo com referência ergonômica; e visualização de modelo isolado e modelo explodido (Figura 61).

Figura 61 – Modelos otimizados para visualização em RA.



Fonte: O autor, 2022.

Figura 62 – Diagrama de caso de uso em UML: DT Aumentado.



Fonte: O autor, 2022.

Outra questão que foi revisada a partir do levantamento teórico: o desafio de compatibilidade entre plataformas operacionais. Google (Android) e Apple (iOS) lançaram seus próprios kits para o desenvolvimento de RA (ARKit e ARCore, respectivamente). Ambos os kits são a escolha mais eficaz em termos de desempenho, uma vez que são desenvolvidos nativamente para aproveitar os

recursos para Android e iOS, eles garantem a máxima eficácia com os referidos sistemas operacionais móveis. Este é um aspecto que não deve ser negligenciado visto a necessidade de desempenho para a ferramenta em que o aspecto gráfico (vivacidade) é essencial. Diante disso, foi verificada a necessidade de os aparelhos celulares utilizados no estudo precisarem estar atualizados para uso dos Kits de cada sistema operacional, do contrário a RA não será executada a partir do navegador (ocorrendo assim o travamento ou mensagens de erro em tela).

Além disso, foi verificado o carregamento de objetos 3D. Em uma plataforma de RA, o carregamento precisa ser feito imediatamente e em tempo real. O melhor formato de arquivo é aquele que carrega e executa o mais rápido possível. E para executar de maneira otimizada nos dispositivos móveis, os formatos mais adequados atualmente para utilizar nas plataformas são o .glTF e o USDZ. O procedimento final adotado foi a exportação em .fbx, visto a possibilidade de convertê-lo tanto em .glTF e .USDZ, baseado a cada necessidades, ou SO.

O processo sintetizado:

- a) Cria-se o modelo, atendendo aos requisitos especificados de número de polígonos, tamanho real de cena, animações (quando suportadas);
- b) Verifica-se tamanho das texturas utilizadas no Modelo 3D para que o total não ultrapasse 25 mb;
- c) Converte-se o modelo 3D em formatos compatíveis com sistemas Web AR, para executá-los em ARKit e ARCore (.glTF e .USDZ). Esta conversão já está disponível em plugins/script para o Autodesk Maya. Em versões mais recentes da plataforma, disponível nativamente. Para outros softwares de modelagem, pode-se recorrer a servidores dedicados para conversão;
- d) Acessa-se plataformas Web AR para fazer upload dos arquivos e gerar um QR Code nativo do sistema, ou criar QR Code com link customizado direcionando diretamente à visualização da RA no DT físico.
- e) Paralelamente, configura-se na plataforma Web AR como o modelo deverá ser exibido. Em algumas plataformas, é possível criar IUs flutuantes, configurando também o *layout* dessas interfaces, assim como link de destino – neste caso, Google Drive para acesso ao DT de projeto.

4.3.3 Terceira Interação: Modelos 3D com Vivacidade

A principal característica desta interação foi verificar a performance dos modelos 3D com características de riqueza média (texturas e percepção realista do modelo) otimizadas para uso em dispositivos móveis (SUH; PROPHET, 2018; WATSON; ALEXANDER; SALAVATI, 2020; YIM; CHU; SAUER, 2017). Neste caso, enquadram-se as proposições da Ficha 1 e 3. O aparelho de testes utilizado: Galaxy S10 Plus, celular premium da Samsung, lançado no Brasil em março de 2019. Estes testes contribuíram para proposição da configuração final da exploração do modelo 3D em RA para cada situação (Ficha 1 à 4 do DT Aumentado).

Considerou-se uma limitação para esta análise a execução em apenas um modelo de dispositivo e SO (Android), além de um ponto geoespacial (sinais de 4G variam por regiões). Para uma análise mais abrangente, outros SO e hardwares podem ser aplicados nesta etapa. O quadro 29 mostra o tempo de carregamento da cena 3D para cada tipo de RA integrada. A figura 63 mostra interface de carregamento.

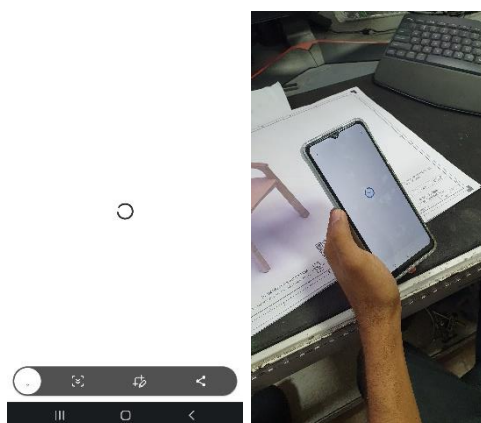
Quadro 29 – Tempo de carregamento e incidência de travamento em Galaxy S10 Plus.

	Tempo de Carregamento (WIFI)	Tempo de Carregamento (4G)	Incidência de Travamento
Ficha 1	29 segs.	39 segs.	NÃO HOUVE (Visão do produto isolada. LEVE, após uso prolongado do aparelho e visualização com modelo ergonômico. Evidência de sobreaquecimento do aparelho.
Ficha 3	28 segs.	31 segs.	NÃO OUVU.

Fonte: O autor, 2022.

O carregamento difere entre Android e iOS. Para o sistema Android, a página de carregamento possui uso da interface customizada, ou seja, utilização de animação customizada para página de carregamento, entretendo o usuário sob o tempo de espera, porém sem percepção do estágio do carregamento. Já no iOS, o sistema sobrepõe a interface e indica a percentagem de carregamento, uma característica que melhora a experiência do usuário, agregando feedback à usabilidade da interface.

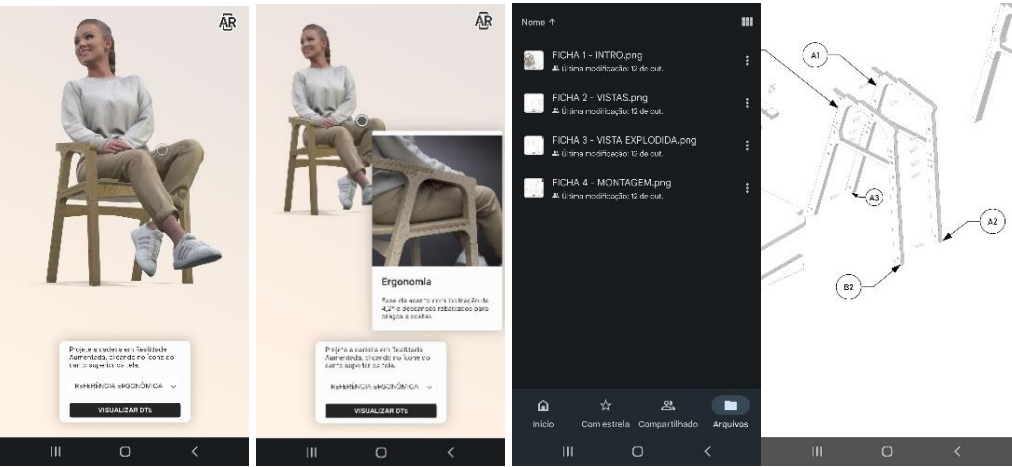
Figura 63 – Telas de carregamento. A esquerda, Sistema Android; a direita, Sistemas Apple (iOS).



Fonte: O autor, 2022.

A respeito dos elementos da interface do usuário (IU) e Cena 3D: a configuração da cena 3D foi composta por um plano de fundo com uso de cores em degradê neutro (sem polígonos), um plano de base transparente e o modelo 3D de estudo. Os controles de entrada (*Input Controls*) são compostos por menu com botões, para acesso aos arquivos de DT no google drive para exploração com zoom e download; *drop-downs list* para acesso a diferentes visualizações do objeto (alterna entre visualização do modelo, referência ergonômica e visualização explodida); e botão AR para acesso ao ARCore ou ARKit (dependendo do SO do celular). A cena permite explorar os modelos 3D em 6DOF (6 graus de liberdade), e conta com *Hotpoints* (botões de ativação) inseridos diferentes pontos do modelo, nas plataformas Web AR. O uso dos *Hotpoints* permite acessar informações complementares sobre o produto, tais como, finalidade da peça, informações sobre os materiais, etapas de construção e acabamento, mas sem sobrecarregar cognitivamente o usuário com a quantidade de informação em tela (HUANG; ALEM; LIVINGSTON, 2013). A Figura 64 mostra as etapas da UX e os elementos da IU descritas.

Figura 64 – DT Aumentado: UX e elementos da IU, exploração virtual em 6DOF com *Hotpoints* inseridos, acesso ao DT na nuvem e visualização do DT virtualmente.



Fonte: O autor, 2022 (extraído de Mywebar; Vectary).

O quadro 30 mostra o impacto que os elementos gráficos impactam na cena. Os dados são extraídos diretamente das plataformas Web AR. Os dados indicam peso significativo para o processamento de características realistas (50 % mapas de reflexos, normal e média máxima de 15% da contribuição para iluminação do modelo).

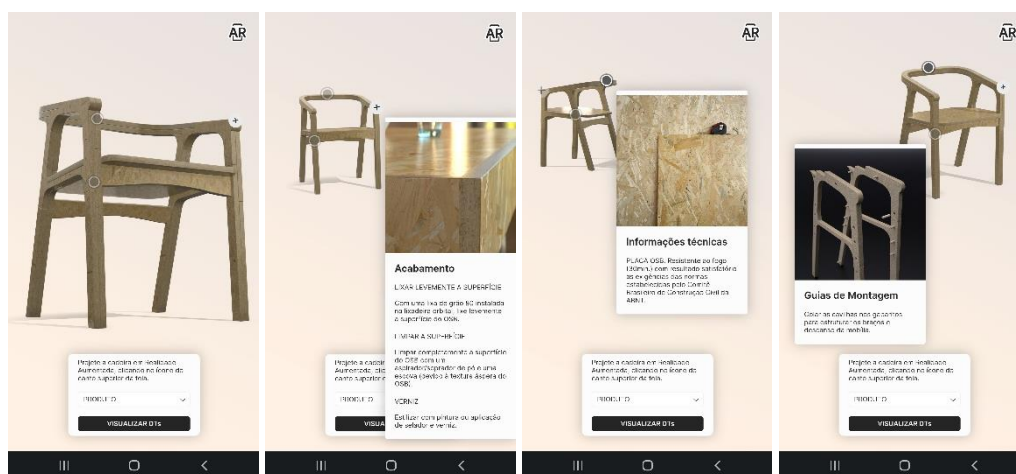
Quadro 30 – Peso dos elementos da cena realista.

Ficha	Objetos e Polígonos	Tabela	Reflexos	Luzes da Cena	Base do Chão
Ficha 1 – Visualização do produto	60 objetos, 19764 polígonos.	11 texturas: 2048x2048 px	50%	15%	9%
Ficha 1 – Referência ergonômica	61 objetos, 19764 polígonos.	09 texturas: 2048x2048 px 02 texturas: 1024 px	18%	13%	7%
Ficha 2 – Visualização Explodida	60 objetos, 19764 polígonos.	9 texturas: 2048x2048 px	32%	8%	4%

Fonte: O autor, 2022 (extraído de Mywebar; Vectary).

A figura 65 mostra o comportamento das informações complementares do objeto na tela. É possível evidenciar a oclusão de informações de informações quando conteúdo dos pontos de ativações são extensos demais.

Figura 65 – IU com PV realista e *Hotpoints*, pontos de ativação com informações complementares. Ficha 1.

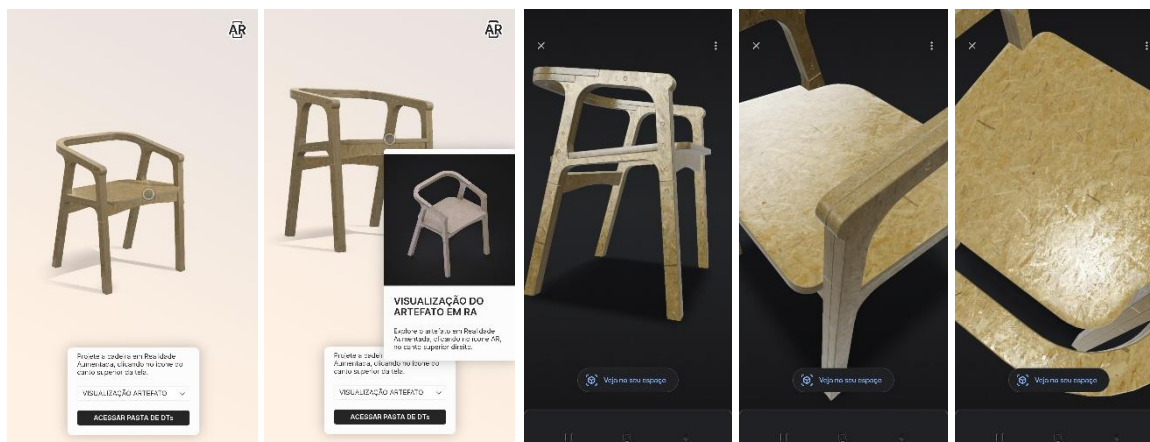


Fonte: O autor, 2022 (extraído de Vectary).

A figura 66 demonstra a verificação do comportamento de textura carregado pelo sistema de RA nativo de dispositivos Android (ARCore), neste caso, empregada na Ficha 3, que possui visualização geral do Modelo 3D e explodida. Neste caso, é perceptível mais fluidez na exploração 6DOF do modelo 3D e comportamento das texturas de normal e reflexos, ou seja, ao clicar no botão de seleção da RA (AR), o artefato é executado via ARCore, e não via navegador. O sistema nativo carrega a hierarquia da cena, mas executa de forma mais otimizada (sem lags). Essa evidência forneceu *insights* para indicação do uso de sistema nativo nos casos em que usuários sintam sensação de atraso na exploração do modelo.

Uma observação, modelos com paleta de cores escuras ou iluminação baixa podem ter dificuldade de visualização no ARCore, visto não ser permitido escolher o tema da IU (claro/escuro).

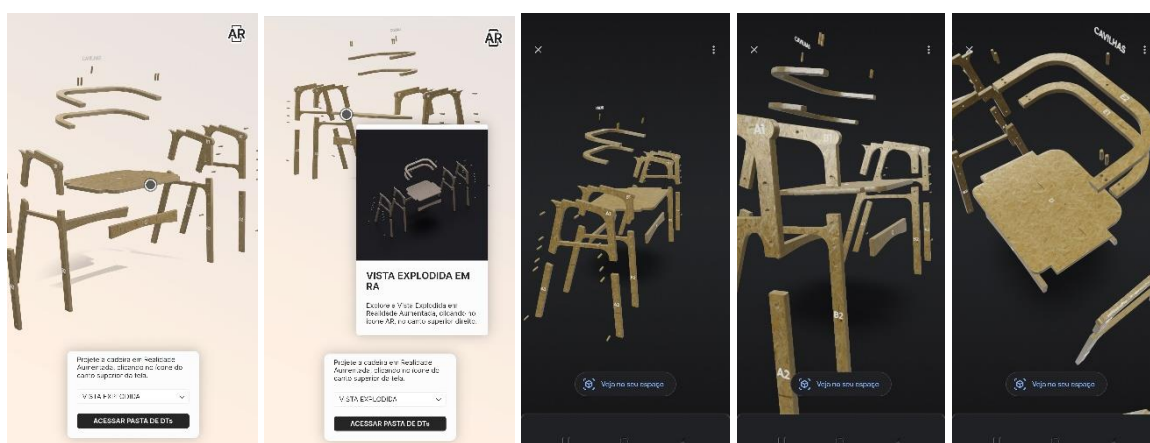
Figura 66 – Visualização do Modelo 3D – Ficha 3. Visualização entre plataforma Web AR (esquerda) e ARCore em tema escuro nativo – Android (direita).



Fonte: O autor, 2022 (extraído do Google ARCore).

A figura 67 mostra o modelo 3D explodido, selecionado através do Menu de *drop-downs list*. Foram utilizadas imagens pre-renderizadas da explosão do produto, para explicar a exploração em RA ao clicar no botão AR, situado no canto superior direito. Além disso, para a visualização explodida, foram usados esquemas de rotulagem idênticos ao do DT físico (impresso). Estes elementos são importantes no processo de assimilação do modelo em diferentes vistas, a partir da rotação do objeto nos 6DOF.

Figura 67 – Visualização do Modelo 3D explodido – Ficha 3. Visualização entre plataforma Web AR (esquerda) e ARCore (direita).

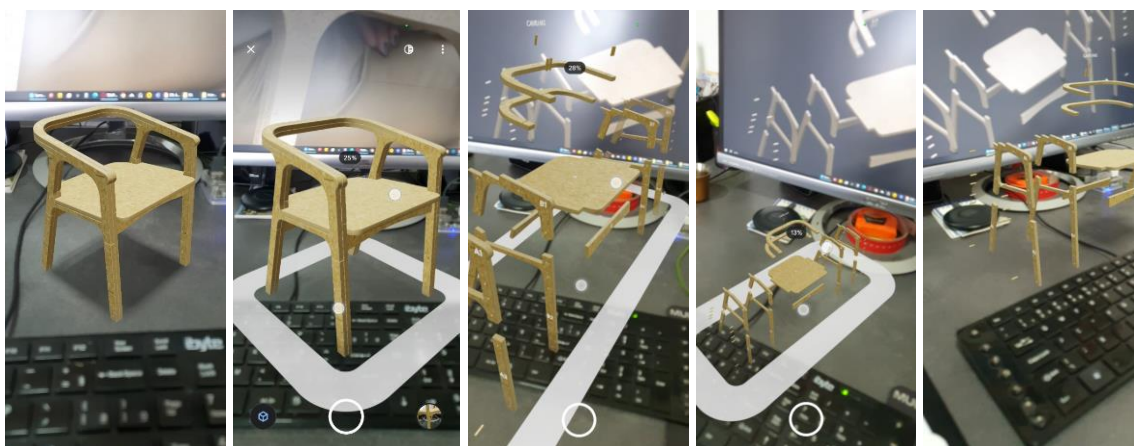


Fonte: O autor, 2022 (extraído do Google ARCore).

A figura 68 ilustra o uso do *Instant Tracking*, empregado a partir da identificação instantânea de superfícies na RA. O ARCore utiliza esquemas visuais para indicar

escala do modelo (com uso valores em %) e aresta retangular envolvendo *bounding-boxes* (enquadramento) do modelo.

Figura 68 – Instant Tracking de modelo em RA. Da esquerda para direita: posicionamento do objeto (com gesto de um dedo); rotação e zoom do modelo 3D com uso de dois dedos (indicador e polegar direito); exploração do modelo virtualmente posicionado sobre o mundo real.



Fonte: O autor, 2022 (extraído do ARCore – Android).

Em seguida, foi verificado os mapas de normal, reflexo e metálica, para controle do comportamento de superfície, com a estimação de luz do ARCore em ambiente fechado com uso de luz natural (luz ambiente, sem uso de iluminação artificial, como de teto ou do próprio celular). Após 23 interações, nesta verificação, foram ajustas saturação, contraste e luminância das texturas para o modelo obter aspectos semelhantes ao da pré-visualização em 3D na tela do celular. Os resultados prévios dessa exploração estavam alternando entre modelos com cores sem contrastes e sem identificação das características da madeira (placa OSB) aplicada (Figura 69).

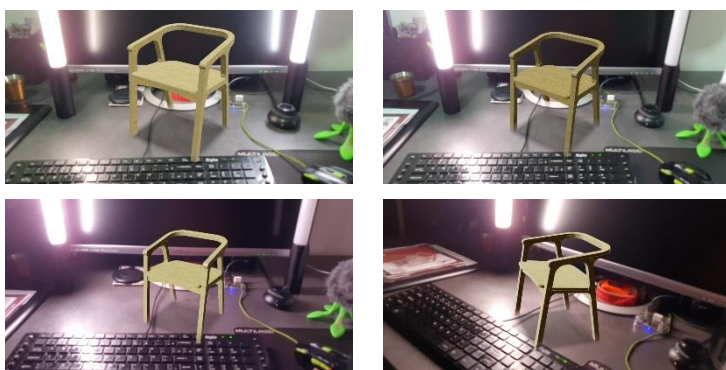
Figura 69 – Verificação interativa dos mapas de textura com a estimacão de luz do ARCore.



Fonte: O autor, 2022 (extraído do ARCore).

Para compreender melhor a estimacão de luz integrada ao ARCore, foram utilizados dois bastões de luz com uso, respectivamente, de 100% e 25% de sua potência de luminância. A figura 70 mostra o exemplo de estimativa de iluminação em tempo real no ARCore. A introdução de uma luz brilhante ilumina o modelo. Ela ocorre com atraso de 1 a 2 segundos; segundo os testes realizados.

Figura 70 – Validação da estimacão de luz pelo ARCore e a textura do modelo 3D.



Fonte: O autor, 2022 (extraído do ARCore).

Esta etapa contribuiu concluir algumas das limitações sobre a interface e seu desempenho nos dispositivos portáteis. Isso levou à próxima interação, que definiu diferentes abordagens na interação de RA, levando em consideração fatores como, tempo de carregamento, fluidez, animação do modelo e uso do ARKit/ARCore.

4.3.4 Quarta Interação: Modelos Animados

Ao final da terceira interação, foi averiguado algumas limitações, a respeito dos provedores Web AR e o próprio hardware de estudo.

Os problemas encontrados, assim como as soluções adotadas, na terceira interação e nos testes realizados na 4ª Interação (relacionados a otimização do tamanho de arquivo), são descritos a seguir (Quadro 31).

Quadro 31 – Problemas, indícios e soluções norteadoras das interações.

Problema	Indício	Solução
Longos períodos de carregamento com uso de Cena 3D com textura.	Tempo de carregamento superior a 5 seg.	Verificar o uso de linguagem visual semelhante ao aplicado em DT (modelo uniforme, com uso de materiais nativos da plataforma e cores hexadecimais (sem uso de textura).
Limitação de aplicação de Animação no modelo 3D.	Plataforma não suporta animação no formato .fbx. para uso em RA executada em dispositivos móveis.	Uso de formato convertido para .USDZ (iOS) e .glTF (Android).
Animação de argumento "Visibilidade" é reconhecida pelo formato .fbx, mas não pelos formatos. USDZ e .glTF.	Animação da Ficha 4 (Etapas de Montagem) ficam sempre visíveis, não permitindo visualização isolada de cada etapa (fator controlado pelo argumento de visibilidade).	SOLUÇÃO 1: animação da escala das partes para os valores 0,0,0 entre frames. Limitação: Não é possível realizar animação com <i>fade in/out</i> . A Favor: <i>método</i> compatível com todas as plataformas. SOLUÇÃO 2: Animar o mapa "emissivo" do material. Limitação: compatível com algumas plataformas. A Favor: permite efeitos diversos de <i>fade in/out</i> do objeto.
Animação começa automaticamente.	Perca de referência do modelo, falta de senso de dominância sobre a plataforma.	Iniciar a RA sem animação. Remover o início com animação automática. Criação de botão <i>Play</i> para iniciar animação.
Animação em loop.	Usuário não conseguiria estudar etapas de montagem, pois não consegue pausar a animação em cada etapa de montagem.	Criação de botão <i>Play/Pause</i> (animado). Deste modo reduz-se a quantidade de botões em tela (uso de apenas 1).
Posicionamento do botão de <i>Play/Pause</i> .	Botão <i>Play/Pause</i> fica fora da visualização do usuário (fora da tela). Não possui dica para percepção de presença.	Centralizar o posicionamento do botão, ou posicionar o botão no início do posicionamento de RA. Não deve estar distante do conteúdo principal.

Fonte: O autor, 2022.

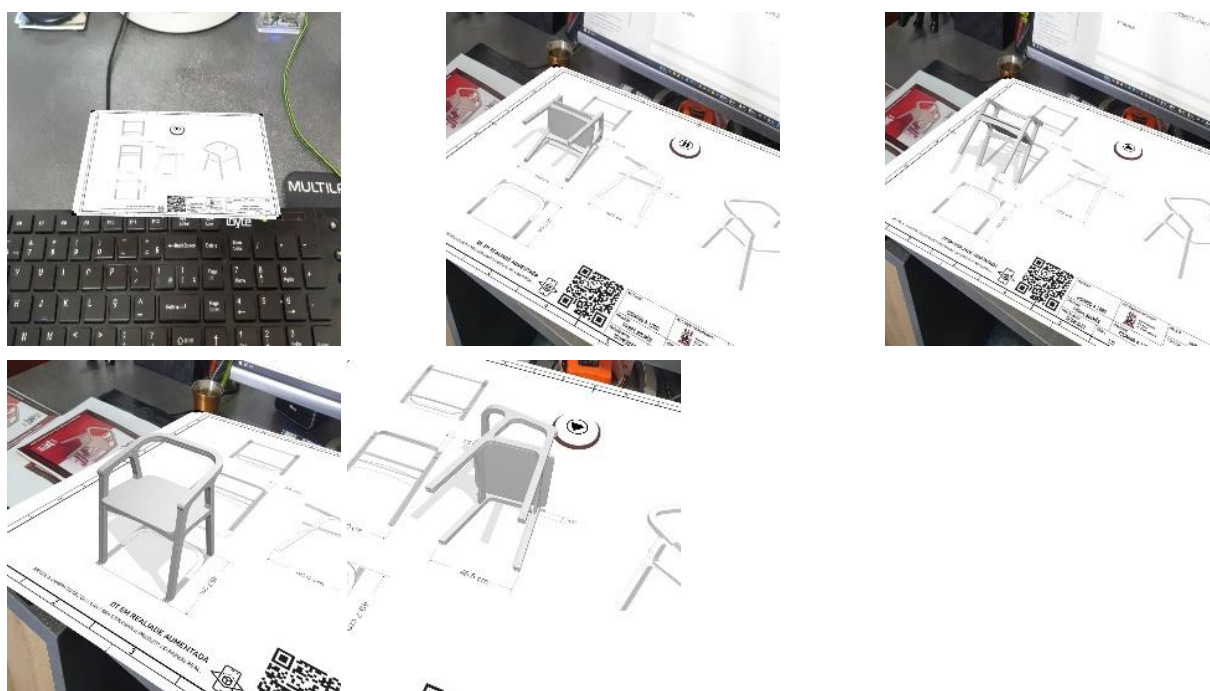
As soluções aplicadas aos problemas encontrados anteriormente foram aplicadas na construção da cena 3D final das Fichas 2 e 4, Vistas Ortogonais e Etapas de Montagem, respectivamente. As informações espaciais do modelo, contida nestas duas fichas, são mais complexas - como foi verificado nos testes MRT, DAT e PT/SOT. A rotação mental e orientação espacial foram os componentes em que os participantes possuíram menores habilidades.

Dessa forma, para a Ficha 2, foi desenvolvida uma animação para o rebatimento presente no DT, considerando formato da ABNT (Primeiro Diedro). Para manter a coerência visual e atender novos parâmetros de solução (atendendo aos

indícios e problemas encontrados no quadro 31, o modelo foi aplicado com material nativo e cor hexadecimal (sem uso de textura). Dessa forma, o carregamento da cena ficou abaixo de 5 segundos, mesmo com inserção da animação. Além disso, foi utilizada iluminação simulada, onde é criada um plano invisível sobre o mapa do DT para a captura da sombra do objeto. Assim, tem-se uma percepção mais de que o modelo está de fato integrado ao DT e no mundo real.

Para esta ficha, a RAM aplicada utilizou um rastreamento híbrido, beneficiando-se assim da VSLAM, a qual possui vantagens da utilização combinada da UMI e as câmeras dos aparelhos móveis. Ao ler o QR Code, o usuário posiciona o DT Aumentado 100% aumentado (holográfico) no mundo real. Uma vez posicionado é possível rotacionar, ampliar ou reduzir sua escala. Dessa maneira, esta solução simula uma visualização tradicional do DT, mas com os benefícios de ampliar a ficha do DT para o tamanho mais agradável ao estudo do objeto. Além disso, um botão localizado no centro do DT permite iniciar a animação do modelo 3D, ilustrando um rebatimento entre as vistas. Este processo visa também instruir os operários a relação de orientação espacial entre as partes (problema encontrado na primeira visita aos galpões de cenografia, explanado na etapa de conscientização do problema). A figura 71 apresenta as soluções para os problemas encontrados.

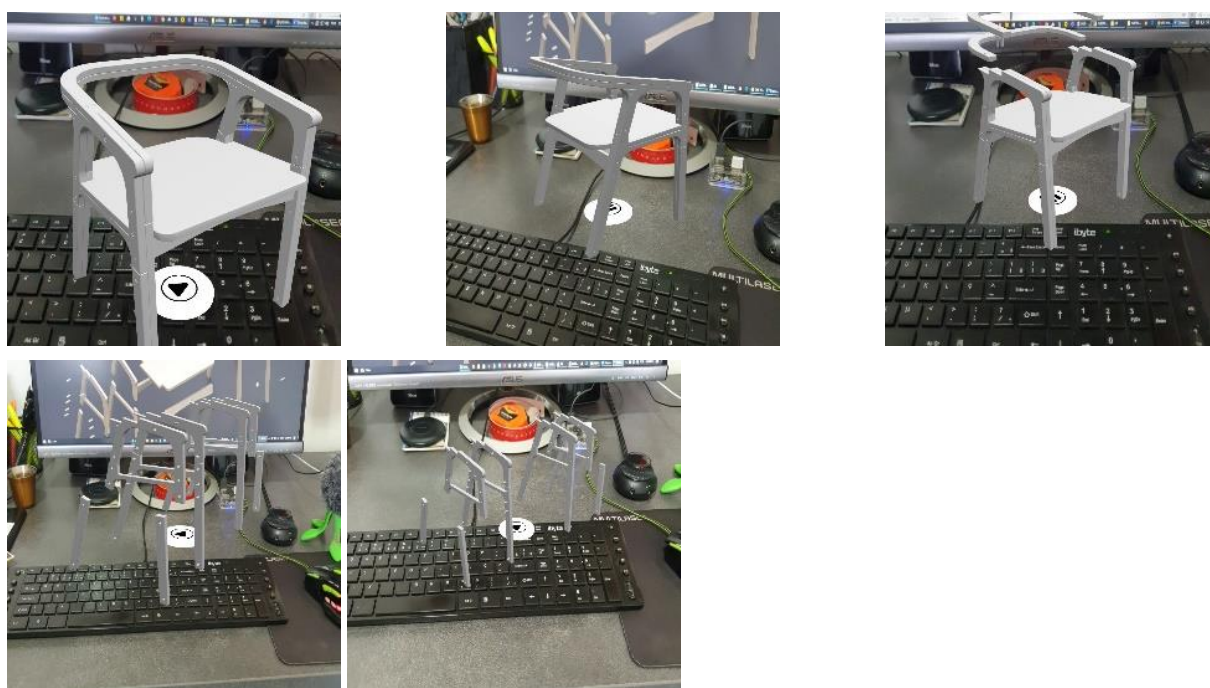
Figura 71 – Vistas Ortogonais do modelo 3D - Ficha 2. As imagens apresentam as etapas do posicionamento do DT Aumentado no mundo real, e etapas da animação presente do modelo.



Fonte: O autor, 2022.

A figura 72 ilustra o rastreamento híbrido, aplicado à Ficha 4 – Visualização explodida do Modelo. Nesta ficha, o botão foi inserido na origem da cena 3D, localizado no centro de base da base do objeto. O uso da VSLAM permite posicionar e mudar o posicionamento em que o objeto é projetado (tocando com um dedo na tela), além de permitir a Interação Primitiva Estática e Dinâmica (explorações com o dispositivo e os dedos, sendo este último relacionado ao escalonamento e rotação do modelo).

Figura 72 – Etapas de Montagem - Ficha 4.



Fonte: O autor, 2022.

4.3.5 Quinta Interação: Manipulação Direta com as Mãos

Tendo sido verificado o uso da exploração tangencial e direta com as mãos em todos os artefatos similares, foi desenvolvido artefato para manipulação do modelo 3D em RA. Apesar de todos os similares possuírem experiência tangencial, muitos tinham limitações pela projeção ser espelhada em telas de monitores, que causam distanciamento cognitivo (ISHII; KOBAYASHI; ARITA, 1994; TREVISAN; VANDERDONCKT; MACQ, 2002).

Ao longo da 5ª interação, foram realizadas novas verificações ao artefato mediador. O principal problema encontrado nas soluções adotadas está descrito no quadro 32.

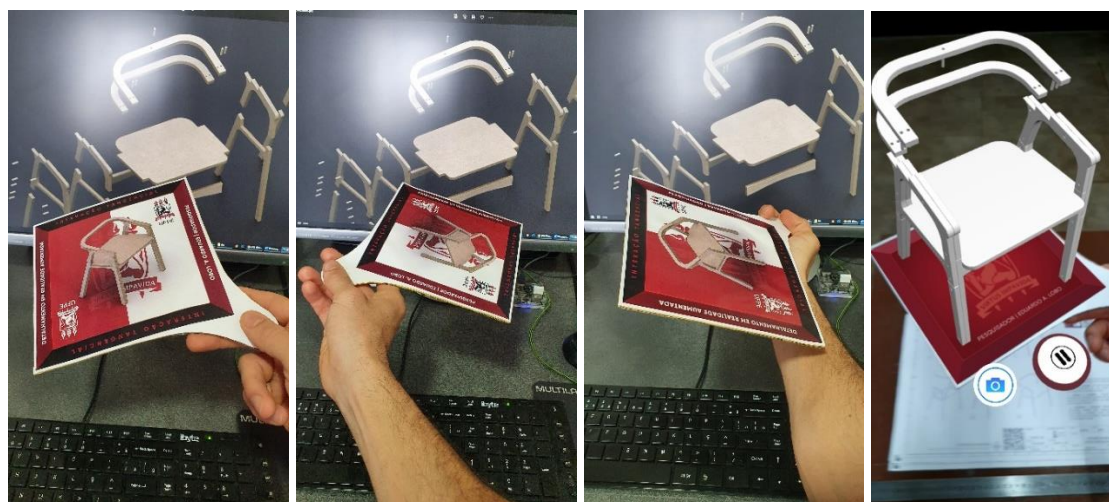
Quadro 32 – Problemas, indícios e soluções norteadoras das interações.

Problema	Indício	Solução
Material flexível da placa Tangencial.	Os testes em papel acoplado com EVA não são rígidos suficiente. A curvatura da imagem causa desvio do rastreamento realizado pelo celular (fuga do objeto projeto).	Uso de material mais rígido. Teste final realizado com Chapas de Papelão.
Atualização de QR CODE da Placa Tangencial.	Para cada novo teste, ou novo projeto - na intenção final da ferramenta, uma nova placa tangencial deve ser criada.	Remover o QR CODE da placa tangencial. Dessa forma, a placa tangencial possui marcador de rastreamento fixo (permitindo usos abrangentes e otimizados no ambiente cenográfico). Sem necessidade de atualizações constantes.

Fonte: O autor, 2022.

A linguagem visual criada para a placa tangencial foi criada a partir do levantamento teórico, explanado no Seção 2.1.5.1 *Planar Image Tracking*. A Figura 73 mostra o modelo final do artefato tangencial, com aba ergonômica para manipulação da placa e confecção em papel triplex/ chapa de papelão. Para fins desta pesquisa a aba possui preview do modelo final, sem código QR. O método de entrega é habilitado a partir das Fichas 3 e 4, Vista explodida e Etapas de Montagem, respectivamente. Assim os participantes poderão explorar através de mais de uma valência espacial, considerando fatores moderadores entre usuários, como a expertise de mídia – o que torna mais fácil a rotação do modelo mais intuitiva em alguns indivíduos.

Figura 73 – Testes da Placa Tangencial – Fichas 3 e 4.



Fonte: O autor, 2022.

O quadro 33 apresenta as verificações realizadas dos requisitos para o artefato de mediação ao longo desta jornada de desenvolvimento. Após a 5ª Interação, o artefato atendeu aos requisitos, com ressalvas para a Combinação de Visualizações e Eficiência de Computação de Rede e Renderização. Na última coluna (destaco em azul), inseriu-se os dados do TaDiMa, artefato da busca por similares que apresentou mais características que atendem ao propósito de solucionar este problema no ambiente de produção cenográfica. Dentre as características agregadas, esta a vivacidade, com uso de texturas realistas sobre modelo final, o que catalisa compreensão sobre detalhes como acabamento e finalidade do produto; característica de prototipação estrutural (usados principalmente para avaliar a aparência, forma e tamanho). Apesar de ambas possuírem mais de um tipo de rastreamento, o DT Aumentado, por ser projetado a partir de conceitos de capacidades de HE, explora múltiplos métodos de rastreamento (tangível, por imagem, manipulação direta com as mãos, superfície), a fim de adequar-se a gama maior de usuários com dificuldades para compreensão de DTs de TM.

O item Combinação de Visualizações está revisado como “atende parcialmente”. O artefato combina, através da tela, a visualização do modelo projetado (em RA) sobre informações do mundo real, combinando assim informações distintas de visualização na tela (exemplo das fichas 2 e 3). Porém foi considerado como “atende parcialmente”, visto que a sugestão teórica de Cockburn, Karlson e Bederson (2009), a respeito das abordagens de interface para a apresentação de informações e contextos espaciais, visa combinar, dinamicamente (virtualmente), diferentes aspectos do conteúdo, tais como as técnicas de panorama + detalhe, e foco + contexto. Já a Eficiência de Computação de Renderização obteve validação parcial, devido a altos índices de carregamento registrado na ficha 1 e 3, que foi causado pelo uso de texturas para atender graficamente aos requisitos de vivacidade do modelo no protótipo. Estas texturas também aumentaram a demanda por processamento gráfico, ocasionando *lags* intermitentes ao realizar explorações próximas do modelo 3D projetado.

Quadro 33 – Validações das interações de desenvolvimento do artefato de mediação. A direita, comparativo com características do TaDiMa, similar mais abrangente para os requisitos elucidados.

Campo	Funcionalidades			Interação 1	Interação 2	Interação 3	Interação 4	Interação 5	TaDiMa
Web AR	Método de Entrega Terceirizado			N/A	✔	✔	✔	✔	✔
	Rastreamento (mais de um tipo)			N/A	⚠	✔	✔	✔	✔
	Eficiência de Computação de Rede			N/A	⚠	⚠	✔	⚠	N/A
	Eficiência de Computação e Renderização			N/A	⚠	⚠	✔	⚠	N/A
Cognição Incorporada	Apresentação das Informações	Quantidade <i>(Quantidade disponível e Oclusão das informações)</i>	Quantidade disponível vs. Sentido info.	N/A	⚠	⚠	✔	✔	✔
			Infos da RA ocluem infos do mundo real?	N/A	✖	⚠	✔	✔	✔
		Representação <i>(Distância cognitiva e Realismo 3D)</i>	Distancia cognitiva?	N/A	⚠	⚠	✔	✔	✔
			Vivacidade	N/A	⚠	✔	✔	✔	✖
		Posicionamento		N/A	⚠	✔	✔	✔	✔
		Combinação de visualização		N/A	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠
	Interação Física	Navegação		N/A	✔	✔	✔	✔	✔
		Interação Tangíveis		N/A	⚠	✔	✔	✔	✔
		Interação direta com as mãos		N/A	✖	✖	⚠	✔	✔
		Interação Multimodal		N/A	✖	⚠	⚠	✔	✔
	Habilidades Espaciais			✔	✔	✔	✔	✔	✔
	Desenho Técnico			⚠	✔	✔	✔	✔	✔
Prototipagem Virtual	Funcional		N/A	✔	✔	✔	✔	✔	
	Estrutural		N/A	✔	✔	✔	✔	⚠	

Fonte: O autor, 2022.

4.4 DEMONSTRAÇÃO DO ARTEFATO

A demonstração de um artefato, segundo Johannesseon e Perjons (2014), pode ser vista como uma avaliação leve. Ela não avalia quão bem um artefato funciona, mas apenas mostra que ele pode ser usado significativamente em um caso

ou caso fictício. Um caso fictício pode ser projetado para que inclua características específicas que coloquem o artefato em teste.

Considerando a teoria da Continuidade na interação, segundo Ishii, Kobayashi e Arita (1994), é importante avaliar a restrição espacial, temporal e funcional que força o usuário a se deslocar entre uma variedade de espaços ou modos de operações. Assim considerou-se verificar os dois tipos de integrações:

- a) **Integrações funcionais** - integra descontinuidades entre diferentes espaços de trabalho funcionais, que obriga o usuário a mudar os modos de operação;
- b) **Integração cognitiva** - integra descontinuidades entre as práticas de trabalho existentes e as novas, obrigando o usuário a aprender novas formas de trabalhar.

Neste prisma, o artefato proposto foi verificado sob condições semelhante as analisadas a partir do framework de observação, nos galpões de cenografia. A configuração em que o artefato foi demonstrado possuiu as principais características analisadas a respeito da configuração espacial: iluminação natural/artificial; área de trabalho restrita (mesa de apoio de 75 cm); período de avaliação noturno e diurno – este último é considerado o desafio de trabalhar com a RA em ambientes com baixa luminosidade, o que pode acarretar deslocamentos do modelo virtual no mundo real. A figura 74 mostra a disposição do DT Aumentado, composto por 4 Fichas, impressas em Folha A3 75g, além da placa de manipulação tangencial, com área útil impressa de 20x20 cm, com acoplagem em chapa de papelão rígida.

Figura 74 – Configuração do ambiente controlado para experimento.



Fonte: O autor, 2022.

A demonstração das 4 fichas utilizou o Galaxy S10 Plus, com conexão 4G.

A demonstração da Ficha 1 – Introdução ao modelo, verificou parâmetros importantes para a execução da RAM, tais como: estimacão da distância real do modelo 3D em escala no mundo real, estimada pelo ARCore. Esta capacidade foi confirmada com mensuração do modelo em tamanho real projetado com régua colocada sob o objeto (margem de erro de 0,5 a 1 cm). A capacidade de rastreamento e oclusão⁴¹ de objetos. A plataforma conseguiu reconhecer com atrasos de 1 a 2 segundos, objetos e superfícies quando expostas em primeiro plano, ou seja, mais próximas que o posicionamento do artefato – no geral bastante satisfatório. A respeito da integração funcional, o artefato consegue (em demonstração), manter os mesmos comportamentos de leitura convencionais do DT, exceto pelo fato de visualizar através do celular, tendo assim pouca mudança do modo de operação. A Figura 75 mostra a demonstração do uso da RAM para a Ficha 01, visualização do produto projetado no mundo real.

Figura 75 – Demonstração da Ficha 1 - Introdução ao Modelo. Análise geral do produto e finalidade. Inferência de escala real e oclusão de objetos em primeiro plano.



Fonte: O autor, 2022 (extraído do ARCore).

A figura 76 demonstra a RAM com uso de modelo referencial feminino de 1,70 cm. Os testes avaliaram positivamente a responsividade do algoritmo de interpretar objetos em primeiro plano, integrando ainda mais o modelo 3D projetado e a intensão de uso do artefato. O uso da referência ergonômica agregou à assimilação do produto,

⁴¹ Oclusão é a característica de o sistema identificar objetos em primeiro plano. O resultado é o mascaramento do objeto virtual, dando a impressão que o mesmo está ocluído, ou seja, em segundo plano.

que tinha uma percepção inicial de que o artefato seria demasiadamente menor, ou estaria em escala reduzida.

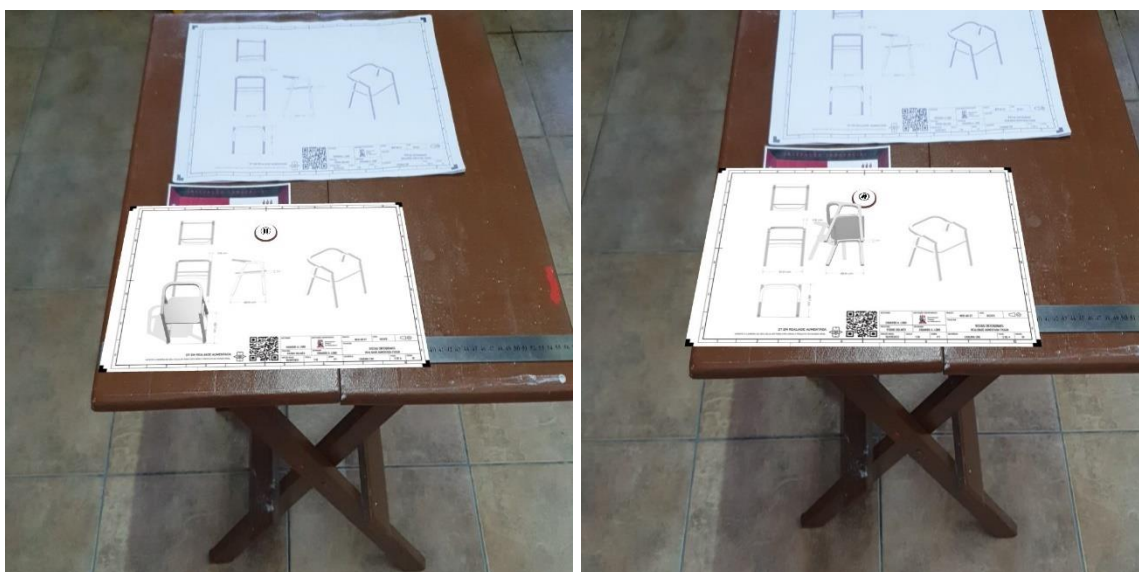
Figura 76 – Demonstração 2, Ficha 1 – Modelo com referência ergonômica.



Fonte: O autor, 2022.

A Ficha 2 trabalhou aspectos importantes das capacidades espaciais. A animação de rebatimento do modelo sobre a ficha convencional do DT permitiu instruir e auxiliar o processo de assimilação de produtos mais complexos através da ferramenta. A figura 77 mostra o posicionamento do DT projetado sobre o mundo real e a visualização do rebatimento animado do modelo de forma intuitiva.

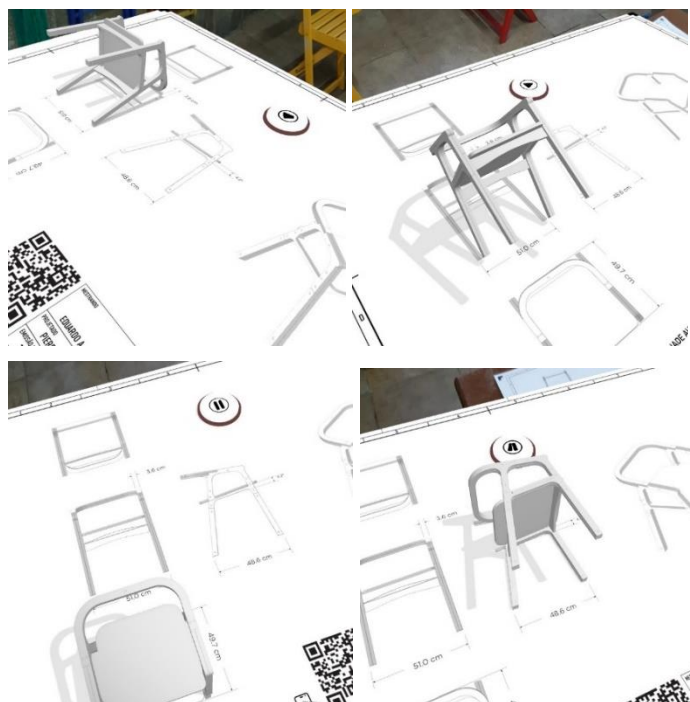
Figura 77 – Demonstração 3, Ficha 2 – Vistas Ortográficas. Testes do *Flow*, animação e rastreamento híbrido.



Fonte: O autor, 2022 (extraído de mywebar).

A figura 78 mostra a interação primitiva estática (retenção e escala do DT projetado) e dinâmica (exploração através de diferentes ângulos e posicionamento do celular).

Figura 78 – Demonstração 3, Ficha 2. Interação Primitiva Estática e Dinâmica.



Fonte: O autor, 2022.

A Ficha 3 utilizou sistema de rastreamento de superfície, que a partir do *Instant Tracking* permitiu (re)posicionar o artefato ao longo do espaço, para diversas inferências do modelo - junto ao DT físico, ou projetado ao longo do ambiente. Isso permitiu explorar o produto de diversos ângulos com várias possibilidades de integrações, otimizando assim os ambientes de trabalho (Figura 79).

Figura 79 – Ficha 3 – Vista Explodida. Posicionamento e simulações de uso (integração funcional e cognitiva).

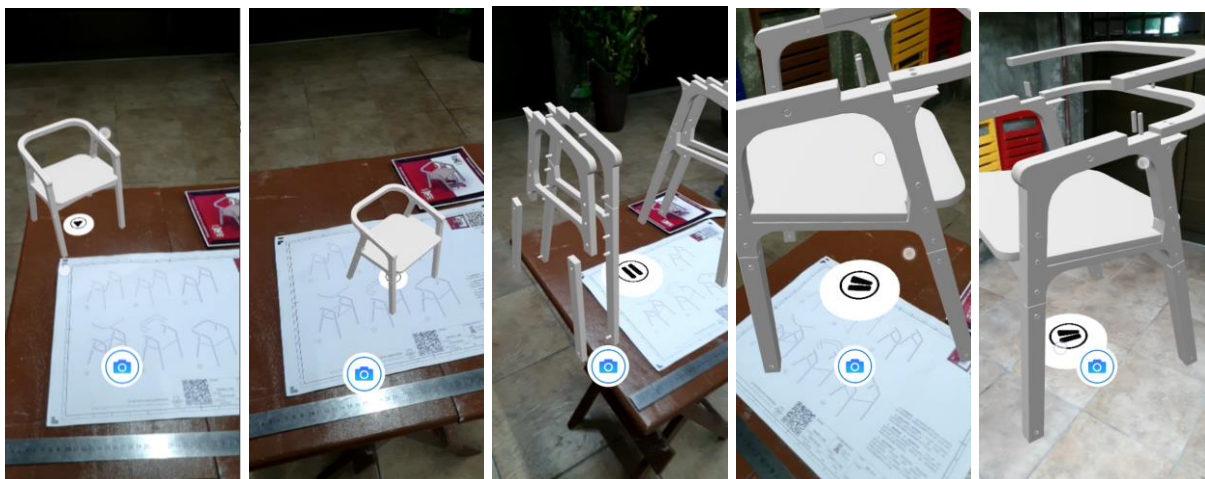


Fonte: O autor, 2022 (extraído de ARCore).

As demonstrações seguintes foram realizadas em turno noturno, a fim de testar a qualidade do rastreamento da câmera do aparelho e possíveis fugas de rastreamento de imagem.

A Ficha 4, que leva em consideração instruções do modelo para etapas de montagem, possui animação e uso da VSLAM. Assim foi verificado o posicionamento do modelo 3D sob diversas óticas e a correspondência do reposicionamento quando o modelo estava 100% fora da tela. Os resultados foram satisfatórios. A figura 80 mostra os testes realizando posicionamento sob a mesa de análise e o ambiente para exploração mais livre.

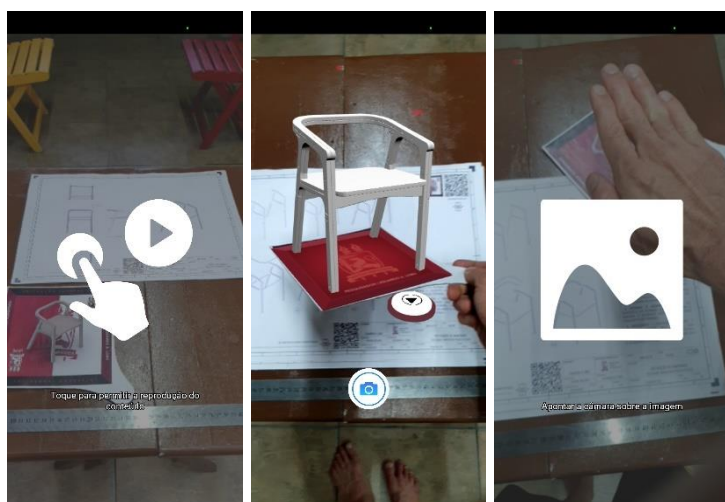
Figura 80 – Ficha 4 – Etapas de montagem. Projeção do modelo animado em diferentes pontos do espaço real.



Fonte: O autor, 2022.

A seguir, são realizadas as demonstrações do DT Aumentado com uso da placa tangencial, permitindo assim livre exploração do modelo com uma das mãos. Foram verificadas a qualidade do rastreamento (fidelidade dos pontos chaves), integração do botão Play/Pause, registros (salvamento da visualização em foto e vídeo), e as telas responsivas ao erro de rastreamento (Figura 81).

Figura 81 – Demonstração da Manipulação Tangencial. IU para início, execução e oclusão da imagem de rastreamento, respectivamente.



Fonte: O autor, 2022.

Todas as características citadas acima performaram satisfatoriamente, com exceção dos modos de registro. Tendo em vista que o registro é realizado via WebRTC (ou seja, o registro ocorre através da gravação de tela no servidor e em tempo real, ocorrendo assim uma sobrecarga na rede), ocasionando o travamento do dispositivo móvel em todas as tentativas, não concluindo a gravação de vídeos acima de 3 segundos. Em contrapartida, o registro de fotos continuou funcionando integralmente (percebe-se apenas *lags* de 1 segundo, no momento da foto. Foi evidenciado também que o registro causa deslocamento do ponto chave de referência, o que pode sobrecarregar cognitivamente a compreensão da interface por novos usuários. A figura 82 mostra um registro de foto sendo realizado, ao apertar o menu central com ícone de câmera.

Figura 82 – Registro de imagens para compartilhamento de informações, a partir da plataforma.



Fonte: O autor, 2022 (extraído de mywebar).

A demonstração seguinte visou verificar o modelo 3D animado da Ficha 03 – visualização explodida. A animação realiza transição entre objeto e objeto explodido, buscando reduzir drasticamente a carga cognitiva (COCKBURN; KARLSON; BEDERSON, 2009). Conforme relatado anteriormente, foi utilizado o modelo com material nativo e visual semelhante ao da ficha de detalhamento, além do botão Play/Pause. A figura 83 mostra as simulações de uso da placa tangencial em relação a ficha do DT e a mesa de trabalho. O usuário pode pausar a explosão do modelo em qualquer parte da transição para estudar a relação entre as partes ou os encaixes de cada item, a partir da intuição das interações estática ou dinâmica.

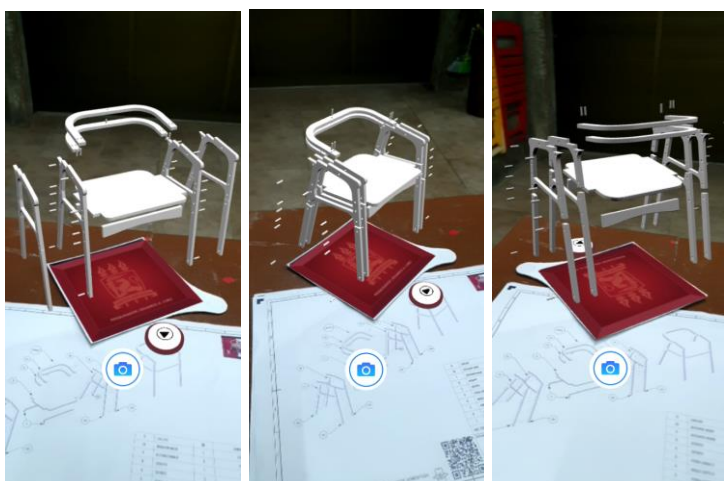
Figura 83 – Demonstração da Placa Tangencial – Ficha 03.



Fonte: O autor, 2022.

De maneira complementar, foi verificado possíveis formas de exploração do modelo 3D em combinação com a Ficha de DT. Assim, interações dinâmicas foram avaliadas a partir da manipulação do celular ou da placa tangencial – fixada sobre a superfície, sendo esta uma segunda forma de exploração (voltada para indivíduos que tenham menor expertise de RA). Esta abordagem permite visualizar o modelo rotacionando o eixo vertical (componente de rotação espacial) enquanto interage-se com o celular (orientação espacial), segmentando a quantidade de informação em acomodação para o usuário (Figura 84).

Figura 84 – Demonstração da Placa Tangencial – Ficha 04. Interação dinâmica do celular com placa fixada sobre a mesa em diversos ângulos.



Fonte: O autor, 2022.

Em sequência, foi realizada a demonstração da segunda configuração de interação física tangencial – etapas de montagem. A figura 85 mostra os alguns dos 6 passos que contém a animação e do descritivo da Ficha física de DT Aumentado.

Figura 85 – Demonstração da Ficha 04 – Etapas de Montagem.



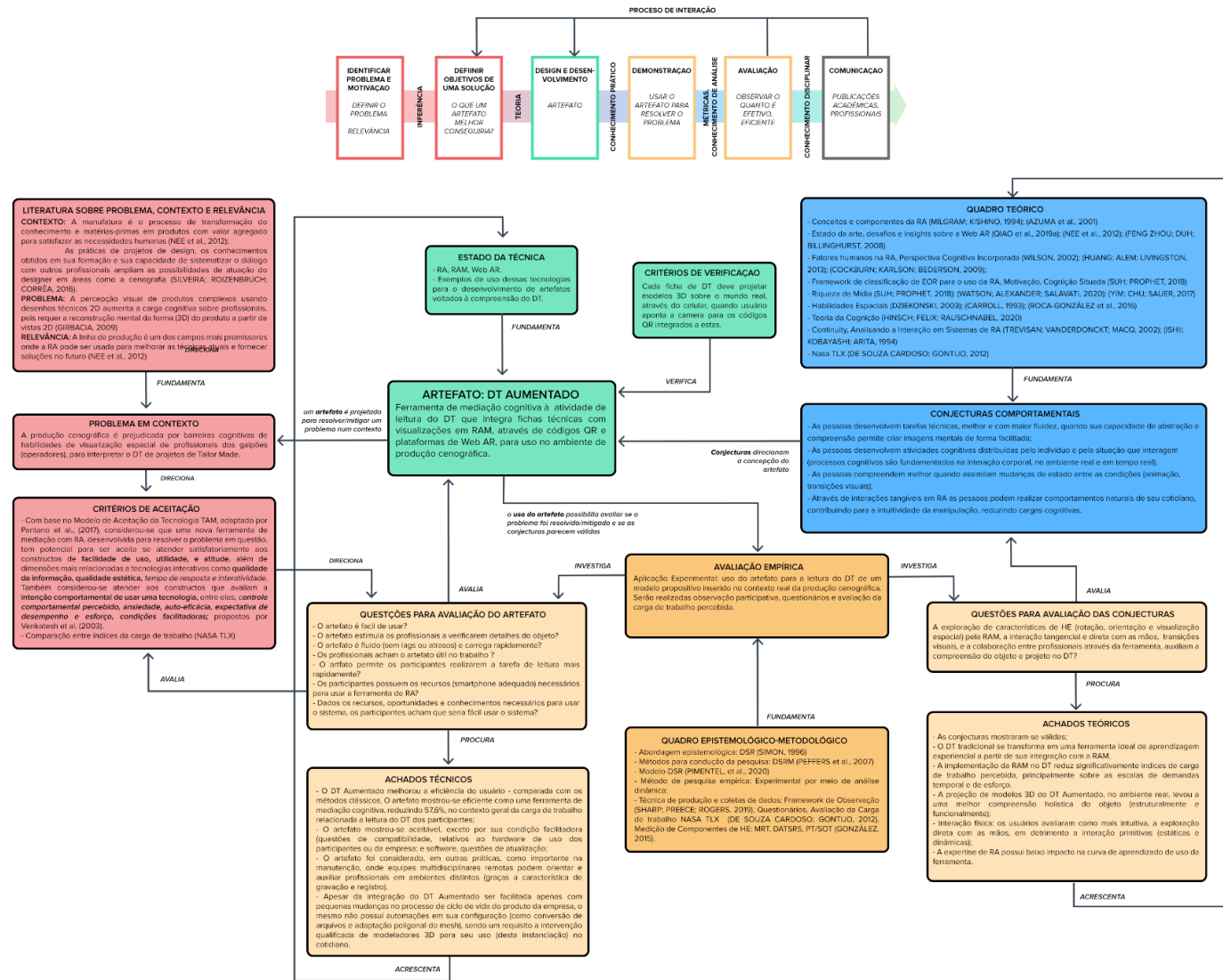
Fonte: O autor, 2022.

As demonstrações realizadas do artefato de instanciação mostraram solidez no reconhecimento dos pontos chaves configuradas para uso na interação física da placa tangencial (não havendo fuga nem desvio da imagem sobre a textura, o que demonstra boa construção de contraste da imagem de referência). Ademais, a configuração final definida, unindo modelos realistas estáticos com modelos sem textura animados, mostrou-se relevante visto que o artefato de instanciação ganha conectividade (com carregamento menor que 5 segundos), e robustez (com ótima performance de rastreamento de imagem, sem fuga, em horário noturno, inclusive com movimentação simultânea de artefato físico e de partes do modelo).

4.5 AVALIAÇÃO DO ARTEFATO

Na figura 86 apresenta-se uma instância do Modelo-DSR com as informações sobre esta pesquisa envolvendo o desenvolvimento de artefatos projetados para a compreensão do DT na produção cenográfica.

Figura 86 – Instanciação do Modelo-DSR aplicado ao DT Aumentado.



Fonte: O autor, 2022.

A avaliação do artefato ocorreu em duas dimensões:

- a) Análise dos índices de carga de trabalho (testes NASA-TLX PRÉ e PÓS-EXPERIMENTO);
- b) Avaliação da intenção comportamental de uso da tecnologia (Quadro 21).

Para avaliar a aceitação, intenção e uso da tecnologia, bem como a carga de trabalho, foi realizada uma pesquisa empírica fazendo uso do artefato. O estudo foi realizado em duas empresas de cenografias do Recife – Baluarte e Ceno Mais. Em uma das cenografias foram realizadas 4 avaliações; e na outra, 2 avaliações, respectivamente. Os dados foram compilados como um único grupo de avaliação, contendo assim 6 participantes nesta avaliação final. Em cada cenografia foram realizadas as atividades de leitura e interpretação do DT, para a realização da avaliação projetada para o uso do DT Aumentado – a ferramenta de mediação. As sessões das avaliações foram gravadas ou registradas nos formatos de imagens e vídeos, respeitando o conforto dos usuários sobre as formas de registro. Além da observação, foram realizados os questionários de Aceitação, Intenção e Uso da Tecnologia; e o NASA TLX com os participantes para obter determinados dados de forma sistemática.

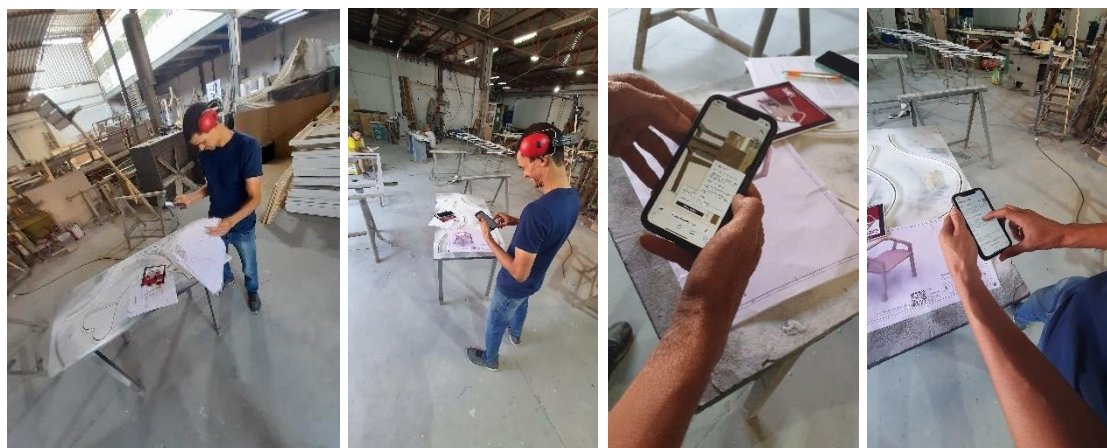
A seguir, são descritas as avaliações empíricas realizadas nos ambientes de cenografia. Em seguida, demonstra-se os dados avaliados.

A avaliação ocorreu com participantes de diferentes setores da cenografia, tais como diretoria executiva, coordenação de produção, marcenaria, controlador de máquina e modelagem 3D. Cada participante foi instruído a realizar a leitura e interpretação do DT Aumentado, que contempla a peça propositiva de estudo – a cadeira de compensado com execução em *Router* CNC. As 4 Fichas físicas em formato A3 foram entregues a cada participante, em seu respectivo ambiente de trabalho, para uma análise de observação e comportamento sobre as interações com o artefato. Os primeiros 30 segundos de leitura e manipulação de cada Ficha (4) são narrativamente instruídos para auxiliar os participantes a entenderem as possibilidades de uso da ferramenta e os diferentes tipos de RA aplicadas.

A figura 87 mostra o DT Aumentado inserido no espaço de trabalho do participante. As fichas em formato A3 tiveram boa aceitação devido a melhor dimensão das informações contidas, comparadas ao formato convencional A4 utilizado no ambiente. Em geral, as leituras de forma convencional das fichas foram

realizadas de maneira rápida pelos participantes, quando comparadas com a exploração utilizando aos gatilhos da RAM, devido ao senso de novidade (SUH; PROPHET, 2018) e efeito uau (HINSCH; FELIX; RAUSCHNABEL, 2020) de uso da plataforma.

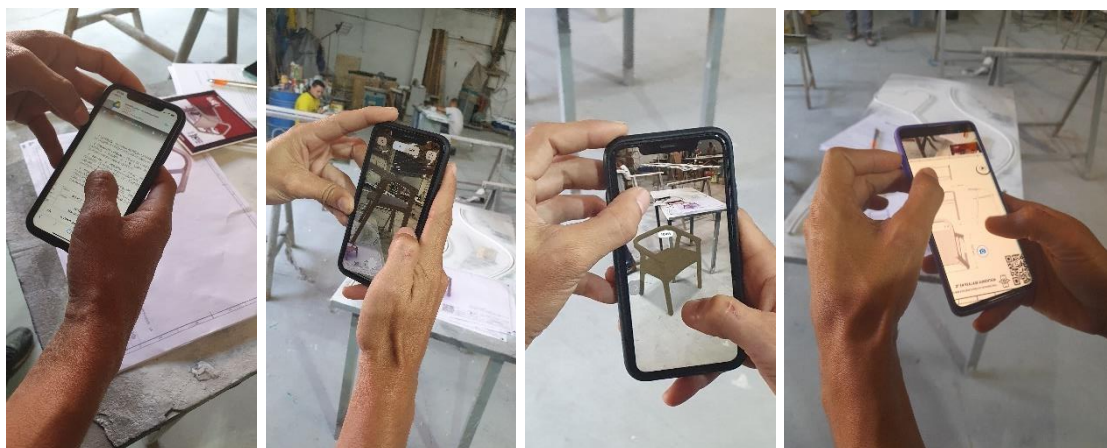
Figura 87 – DT Aumentado instalado na mesa de fabricação cenográfica durante realização da atividade de leitura com uso da RAM.



Fonte: O autor, 2022.

Um dos recursos mais utilizados pela plataforma para auxiliar na compreensão do projeto da cadeira, foi o uso da RAM para a verificação do tamanho real do modelo e compreensão da finalidade do produto, o que abrange também a percepção estrutural e funcional do modelo. A figura 88 exemplifica algumas das interações de RA para projetar o modelo virtual sobre o mundo real em diferentes posicionamentos – finalidade comparativa entre projeto e mundo real. Isso mostra que uma mensuração errônea do artefato pela plataforma, causaria divergência sobre a informação contida na ficha física e na RA.

Figura 88 – Exploração da RAM nas Fichas 1 e 2.



Fonte: O autor, 2022.

Nas interações, foi observado que todos os participantes possuíam pouca ou nenhuma experiência prévia com a tecnologia de RA. Sendo assim, foram necessárias breves instruções sobre os gestos de interação para posicionar, girar e escalonar o objeto em RA. A figura 89 mostra as interações na ferramenta realizada pelos participantes.

Figura 89 – Interações no DT Aumentado.



Fonte: O autor, 2022.

A Ficha 2 – Vistas Ortográficas, registrada na figura 90, recebeu *feedbacks* positivos, pelos participantes, devido ao fato de mostrar o próprio DT em RA. Isso permitiu escalonar a ficha física projetada para a dimensão desejada além de interagir com o modelo 3D animado sobre a mesma. Os participantes responderam positivamente a respeito da técnica de visualizar e pausar a animação do modelo, justificando facilitar a memorização das relações de cada lado objeto ao DT.

Figura 90 – Interação do DT Aumentado sobre mesa de trabalho - Ficha 2.



Fonte: O autor, 2022.

A exploração do modelo explodido em RA teve preferencialmente o uso do posicionamento sobre o chão, ao invés da mesa, tendo em vista o distanciamento dos itens do modelo (Figura 91). Apesar do uso de rotulagem no modelo, esta configuração também foi usada pelos participantes para compreender melhor os encaixes do produto, visto que o formato animado das etapas não possuía rotulagem dos componentes.

Figura 91 – Exploração do modelo explodido em RA estático e animado.



Fonte: O autor, 2022.

A técnica de interação direta com as mãos, utilizando a placa tangencial das Fichas 3 e 4, causaram ótimas impressões dos participantes, com relatos e

comentários positivos sobre a facilidade de manipulação do modelo 3D, podendo explorar sobre qualquer ângulo – sendo comparado como até mais fácil que a própria interação em tela – também possível nas fichas 1 e 3. A figura 92 mostra o acesso a interação tangencial a partir da leitura do código QR.

Figura 92 – Interação direta com as mãos: Leitura de código QR e manipulação da placa tangencial.



Fonte: O autor, 2022.

Em geral, o uso da placa tangencial permitiu maior liberdade de uso e aplicações visto ser uma característica mais intuitiva de navegação, comparada a interação dinâmica e estática no celular. A figura 93 mostra o experimento com vários participantes em seus respectivos contextos circundantes. Importante verificar que independente do espaço disponível, a RA permitiu ser utilizada com qualidade em todos os ambientes do estudo – interno, externo, com luz natural e artificial, assim como nos turnos diurnos e noturnos.

Figura 93 – Interação direta com as mãos em diferentes contextos da cenografia.



Fonte: O autor, 2022.

As relações entre pessoas, práticas, problemas e artefatos, resumidas na Figura 38 (p. 97), corroborou com as práticas do DT Aumentado. O artefato, além de oferecer suas funções para uma prática pretendida, também possuiu efeitos colaterais para esta, bem como para outras práticas (JOHANNESSON; PERJONS, 2014, p. 4-6).

Ao final da avaliação foram registrados efeitos colaterais (práticas não pretendidas) de acesso a plataforma de Web AR. O primeiro tipo de inconsistência foi evidenciado a partir do uso de aparelhos sem atualização, como no caso do Iphone 11. Apesar de compatível, a falta de atualização não permitiu acessar a RA, mas apenas a exploração virtual do modelo. Este erro pode ser visualizado na figura 94, a qual não aparece o botão AR no canto superior para acessar o ARKit do iOS.

Figura 94 – Inconsistência de acesso a RA a partir do navegador.



Fonte: O autor, 2022.

O segundo tipo de limitação identificada foi em relação a versão dos aparelhos utilizados. Os modelos verificados entre os participantes que não funcionaram foram os seguintes: Iphone 11 (desatualizado), Samsung Galaxy A20, LG k12 (não realizou leitura de código QR), Samsung K22. Para todos esses participantes, foi disponibilizado o Galaxy S10 Plus, conforme descrito anteriormente.

A terceira ocorrência de negativa, relatada pelos participantes, é relacionada a um possível travamento do sistema. Porém o fato é que o carregamento das Fichas 1 e 3 (com modelos 3D realistas), como visto na demonstração, possuem tempo de carregamento longo (30 a 60 seg). Com o objetivo de não alterar a percepção negativa do experimento, após os relatos de possível erro, os participantes foram instruídos sobre o tempo de carregamento de até 60 segundos. Assim, todos aguardaram a plataforma realizar o carregamento e seguiram com o experimento.

4.5.1 NASA TLX (PÓS-EXPERIMENTO)

A aplicação do NASA-TLX (PÓS-EXPERIMENTO) ocorreu logo após a atividade de leitura e interpretação do DT Aumentado. Esta avaliação permitiu analisar de forma subjetiva o grau de impacto da ferramenta no ambiente de cenografia. Os dados extraídos do método estão descritos na tabela 5. A avaliação do uso da ferramenta englobou ambas as empresas de cenografia, compilando os dados de forma conjunta, a fim de obter um resultado que reflita a performance dos participantes sobre uso do DT Aumentado, independente da empresa. Isso busca visualizar a eficácia da ferramenta de mediação a nível setorial, não apenas organizacional.

Tabela 5 – Avaliação da carga de trabalho NASA-TLX (PÓS-EXPERIMENTO) em líderes e funcionários das Cenografias. Destaco em verde, indivíduos que participaram da primeira avaliação – NASA-TLX (PRE-EXPERIMENTO).

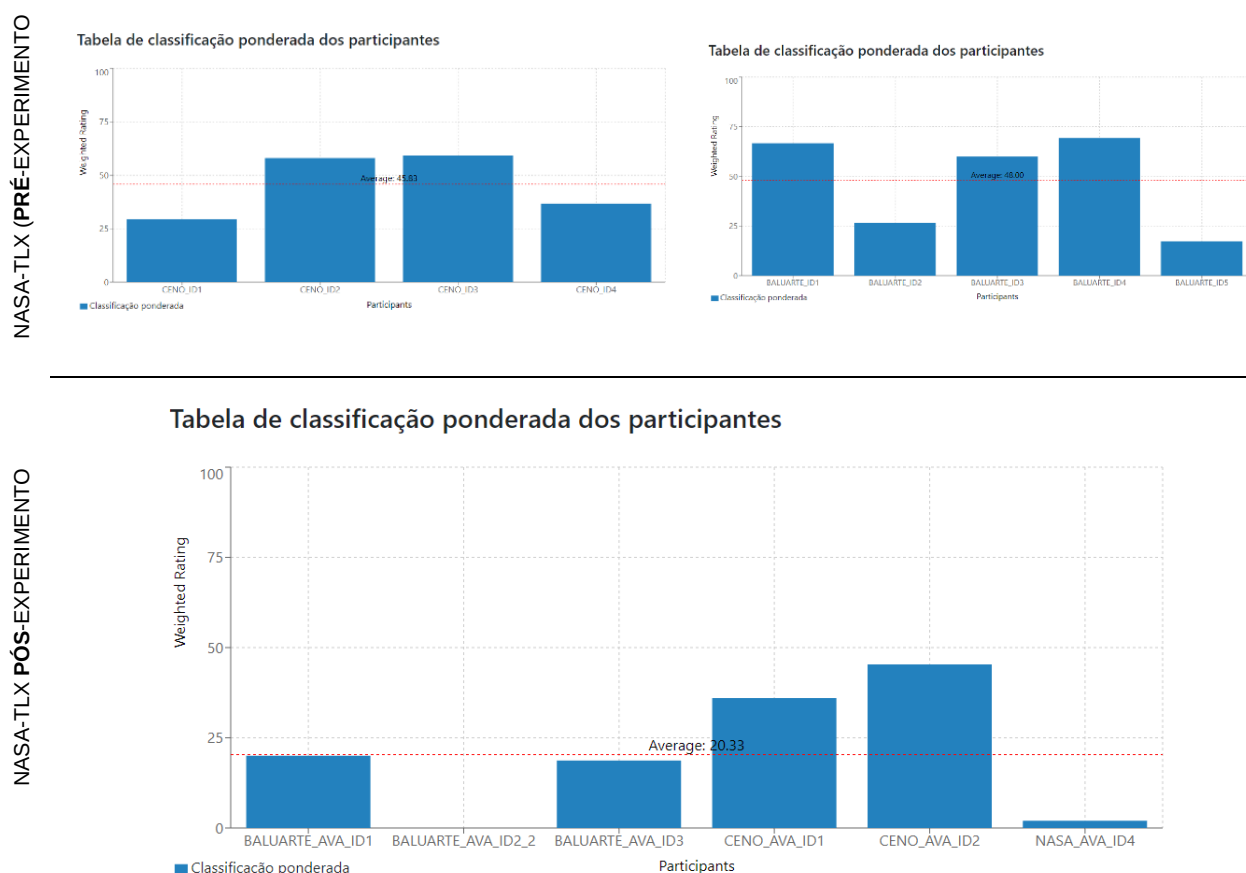
Participante ID	CARGO	Classificação Ponderada	Raw rating - Frustration Level	Raw rating - Mental Demand	Raw rating - Performance	Raw rating - Physical Demand	Raw rating - Temporal Demand	Workload tally - Effort	Workload tally - Frustration Level	Workload tally - Mental Demand	Workload tally - Performance	Workload tally - Physical Demand	Workload tally - Temporal Demand	Adjusted rating - Effort	Adjusted rating - Frustration Level	Adjusted rating - Mental Demand	Adjusted rating - Performance	Adjusted rating - Physical Demand	Adjusted rating - Temporal Demand
BALUARTE_AVA_ID1	Diretor executivo	20	20	20	20	20	20	20	1	0	4	2	3	5,20	0	80	40	60	100
BALUARTE_AVA_ID2	P&D	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	4	2	4,0	0	0	0	0	0
BALUARTE_AVA_ID3	Gerente de produção	18.67	20	0	10	0	10	50	1	0	4	4	2	4,20	0	40	0	20	200
BALUARTE_AVA_ID4	Operação de máquina / Modelagem produto CAD	2	0	0	0	0	0	10	3	1	2	1	5	3,0	0	0	0	0	30
CENO_AVA_ID1	Gerente de produção e operações	36	10	0	70	20	10	30	1	1	5	4	1	3,10	0	350	80	10	90
CENO_AVA_ID2	Marcenaria	45.33	50	30	20	50	20	70	4	0	4	2	1	4,200	0	80	100	20	280

Fonte: O autor, 2022.

A alta demanda de produção, dentro das cenografias, geradas pelos curtos prazos de produção, contribuíram para que a disponibilidade de alguns participantes não fosse recorrente, ou seja, a avaliação da carga de trabalho realizada com o DT Aumentado (NASA-TLX PÓS-EXPERIMENTO) foi realizada também em novos indivíduos.

Os dados da tabela acima estão ilustrados na figura 95. Na linha superior, é possível verificar um índice ponderado dos participantes de 45,8 e 48 pontos, na avaliação da carga de trabalho com uso de DTs convencionais (NASA-TLX PRÉ-EXPERIMENTO). Dado superior ao índice verificado no segundo teste (NASA-TLX PÓS-EXPERIMENTO), com 20,3 pontos. Isso equivale a uma redução média de 56,7%, significativa, no contexto geral da carga de trabalho relacionada a leitura do DT nas cenografias.

Figura 95 – NASA-TLX (PRÉ-EXPERIMENTO), Ceno Mais e Baluarte; NASA-TLX PÓS-EXPERIMENTO (Ceno Mais e Baluarte), respectivamente.



Fonte: O autor, 2022.

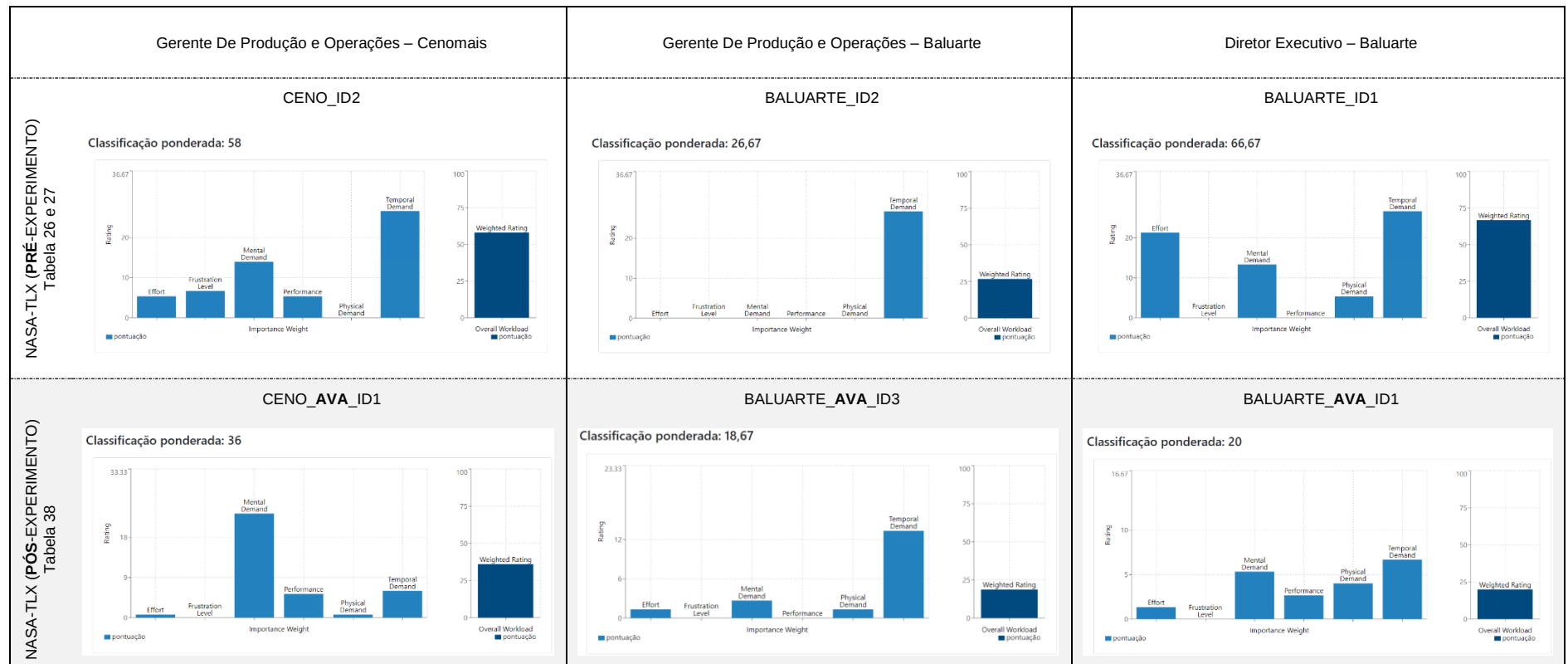
Apesar deste segundo teste NASA-TLX não possuir como critério a reincidência nos mesmos participantes, foi possível verificar análises neste formato. A Figura 96 ilustra alguns destes dados. Na figura, foram ilustrados os dados do Gerente de Produção e Operações da empresa Ceno Mais e do Diretor Executivo do Grupo Baluarte. As classificações ponderadas mostram, em média, redução de 37,9% (de 58 para 36) no índice de carga de trabalho do participante, tendo impacto principalmente sobre as demandas de esforço, frustração e temporal. Em contrapartida, as análises dos dados isolados mostraram que a nova ferramenta aumentou a demanda mental, significativamente, e em menor influência sua demanda de performance. Isso também mostra algumas características previstas, por meio da literatura (SUH; PROPHET, 2018), tais como: fatores moderadores da expertise de RA que podem aumentar processos cognitivos, neste caso, a demanda mental para o uso da ferramenta. Dessa forma, apesar de ser o primeiro contato com este tipo de tecnologia, o participante relatou boa usabilidade e intuitividade na plataforma, assim como intenção de uso futura da ferramenta. Apesar do aumento da demanda mental devido ao uso de uma nova plataforma no ecossistema operacional, a classificação foi bastante satisfatória.

Entre os indivíduos recorrentes, nos Grupos 1 e 2, estão os participantes: Gerente de Produção (Ceno Mais), Gerente de Produção (Baluarte) e Diretor Executivo (Baluarte), conforme ilustrado na Figura 96. As classificações ponderadas do NASA-TLX (PÓS-EXPERIMENTO) foram, respectivamente, 36, 18,67 e 20 pontos. Significativamente menores que as registradas no NASA-TLX (PRÉ-EXPERIMENTO): 58, 26, 67 pontos, respectivamente. Isso ilustra reduções de 62%, 70% e 29,9%, respectivamente, no índice de carga de trabalho. Com esses dados verifica-se uma redução média ponderada geral de 53,9%, nos participantes recorrentes.

Ainda analisando os dados desses participantes, observa-se que a ferramenta de DT Aumentada, por adicionar uma nova camada de interação (a interface Web AR) na atividade de leitura, causou impacto sobre a demanda mental desses usuários. Isso demonstra os novos esforços para a assimilação das novas informações associadas ao uso da nova interface na realização do mesmo tipo de tarefa. No entanto, os benefícios gerados por este esforço extra são superiores aos ganhos com média geral de demanda nas demais escalas de trabalho, sendo as mais beneficiadas: a demanda de tempo e esforço mental. Este esforço mental está associado ao quanto o indivíduo teve que trabalhar (mental e fisicamente) para atingir seu nível de

desempenho. Já a demanda temporal, associada ao quão pressionado o indivíduo sentiu (ou sentir-se-ia) devido ao ritmo em que as tarefas ou elementos da tarefa ocorreram (ocorreriam no dia a dia) com o uso do DT Aumentado.

Figura 96 – Comparação das Classificações ponderadas reincidentes: NASA-TLX PRÉ e PÓS-EXPERIMENTO - Ceno mais e Baluarte.



Fonte: O autor, 2022.

4.5.2 Questionário de Aceitação, Intenção e Uso da Tecnologia

O questionário objetivo, composto por 37 itens, para avaliar a satisfação do usuário com o DT Aumentado foi aplicado após a interação com o artefato, expressando assim a concordância dos participantes. As questões são estruturadas usando uma escala de 7 pontos. As pontuações baixas são melhores do que as pontuações altas devido às âncoras usadas (concordo completamente / discordo completamente), exceto aos argumentos do constructo de Ansiedade (quanto maior melhor, devido a construção das frases na negativa). A Figura 97 apresenta a compilação dos resultados - o Questionário de Aceitação, Intenção e Uso da Tecnologia: o gráfico mostra a escala de concordância para cada participante, com seus dados comparados por coluna.

Em geral, os participantes favoreceram o DT Aumentado sobre o DT convencional. Em quase sua totalidade, os participantes apreciaram: a facilidade de uso; prazer; a qualidade estética e da informação; utilidade percebida e a qualidade da interface, em geral, oferecida pela ferramenta de mediação. No entanto, constructos de controle comportamental percebido e condições facilitadoras, divergiram em alguns participantes – estes associados aos recursos (dispositivos adequados) para uso do DT Aumentado.

Ademais, avaliações qualitativas revelaram outros aspectos positivos e sugestivos a respeito do artefato. A seguir, resume-se:

- a) Você tem algum comentário final que gostaria de levantar sobre a Utilidade do Sistema?
 - Ótima ferramenta, rápida e com grande clareza ao visualizar, tecnologia relativamente nova que já chegou a um bom nível de maturidade.
 - Verificar a possibilidade de uso com sensores externos.
- b) No geral, qual a sua percepção sobre a ideia da ferramenta e sua utilização para o seu ambiente de trabalho?
 - Ótimo
 - O uso desse sistema iria facilitar bastante a visão detalhada da peça melhorando suas etapas de montagem e consequentemente impactar positivamente outros setores dentro da empresa.

— Boa ferramenta.

— Eficaz.

c) Você tem algum comentário final que gostaria de levantar sobre a Qualidade da Interface?

— Sem respostas.

A principal crítica que o DT Aumentado recebeu foi a respeito de sua compatibilidade com os aparelhos. As versões dos aparelhos que os operários utilizam e o modelo disponibilizado da cenografia produz má experiência quando grande quantidade de texturas é carregada, por exemplo, ficha 1 do DT Aumentado. No entanto, houve interesse por parte da empresa Baluarte de substituir os aparelhos para que a técnica pudesse ser implementada no fluxo de trabalho de maneira imediata (curto prazo).

Nas análises positivas, os participantes acharam intuitiva e muito fácil de usar. O DT Aumentado lhes ofereceu uma experiência de interação nítida, fluida e mais rápida para compreender o projeto. Além disso, alguns participantes apontaram o controle comportamental percebido excelente, tanto já possuindo os conhecimentos para o uso, quanto quando dado os recursos, oportunidades e conhecimento necessários para usar a plataforma. A ferramenta também obteve boas avaliações emocionais – em relação aos constructos de ansiedade, intensão e atitude em relação ao uso e controle da plataforma. Ao longo da pesquisa, as instruções dadas no primeiro minuto de interação de cada uma das 4 fichas, lhes permitiu apreender a técnica instantaneamente. Em vista disso, alguns participantes apontaram que manipular virtualmente o objeto diretamente com as mãos é ergonomicamente mais agradável do que manipular diretamente na tela.

Figura 97 – Questionário de Aceitação, Intenção e Uso da Tecnologia: o gráfico mostra a escala de concordância para cada participante, segmentados por coluna. Pontuações baixas são melhores do que as pontuações altas devido às âncoras usadas (concordo completamente / discordo completamente), exceto aos argumentos do constructo de Ansiedade (frases negativas).

		CENO_AVA_ID2	CENO_AVA_ID1	BALUARTE_AVA_ID4	BALUARTE_AVA_ID3	BALUARTE_AVA_ID2	BALUARTE_AVA_ID1
Facilidade de Uso	Achei a ferramenta de RA muito fácil de usar.	1	1	1	1	1	1
	A ferramenta de RA foi intuitiva de usar.	1	1	1	1	1	1
Prazer	Usar a ferramenta de RA é divertido.	2	1	1	1	1	1
	A ferramenta de RA estimula você a verificar detalhes do objeto.	1	1	1	1	1	1
Qualidade Estética	A ferramenta de RA é visualmente agradável.	1	2	1		1	2
	O design da ferramenta de RA (ou seja, cores, layout, etc.) é atraente.	1	2	1		2	2
Qualidade da Informação	A ferramenta de RA fornece informações que me ajudam na minha decisão.	1	1	1	1	2	1
	A ferramenta de RA fornece informações para validar na tomada de decisões para a execução dos projetos.	1	2	1	1	1	1
Tempo de Resposta	A ferramenta de RA é fluida (sem lags ou atrasos).	3	1	1	2	3	1
	A ferramenta de RA carrega rapidamente.	3	1	1	3	3	2
Intenção comportamental	Se eu fosse utilizar uma ferramenta para auxiliar na visualização dos Desenhos Técnicos no futuro, eu usaria essa ferramenta de RA imediatamente.	3	1	1	2	1	1
	Recomendarei usar a ferramenta de RA para meus colegas da área.	3	1	1	1	1	1
	Eu usaria a ferramenta de RA regularmente no futuro.	2	1	1	1	2	1
Controle comportamental percebido	Eu tenho controle sobre o uso da ferramenta de RA.	1	1	1	2	2	2
	Tenho os recursos (smartphone adequado) necessários para usar a ferramenta de RA.	4	1	7	2	3	1
	Tenho o conhecimento necessário para usar a ferramenta de RA.	1	1	1	1	1	1
Utilidade percebida	Dados os recursos, oportunidades e conhecimentos necessários para usar o sistema, seria fácil para mim usar o sistema.	1	1	1	1	1	1
	Usar a ferramenta de RA no meu trabalho me permitiria realizar tarefas mais rapidamente (desempenho).	3	1	1	2	1	1
	Usar a ferramenta de RA melhoraria minha eficácia no trabalho (redução de erros).	1	1	1	2	1	1
	Usar a ferramenta de RA tornaria mais fácil para fazer o meu trabalho.	2	1	1	2	1	1
Expectativa de desempenho	Eu acharia a ferramenta de RA útil no meu trabalho.	3	1	1	1	1	1
	Eu acharia o sistema útil no meu trabalho.	1	1	1	1	1	1
Expectativa de esforço	Usar o sistema me permite realizar tarefas mais rapidamente.	3	1	1	1	2	1
	Seria fácil para mim me tornar hábil em usar o sistema.	1	1	1	1	1	1
Atitude em relação ao uso da tecnologia	Usar o sistema é uma boa ideia.	1	1	1	1	1	1
	O sistema torna o trabalho mais interessante.	1	1	1		1	1
	Trabalhar com o sistema é divertido.	1	1	1		1	1
Condições facilitadoras	Tenho os recursos necessários para usar o sistema.	1	1	7	1	3	1
	Tenho o conhecimento necessário para usar o sistema.	1	1	1	2	1	1
	O sistema não é compatível com outros sistemas que uso.	4	1	1	2	3	1
Ansiedade	Sinto-me apreensivo em usar o sistema.	7	4	7	7	7	
	Hesito em usar o sistema com medo de cometer erros que não posso corrigir.	7	5	7	1	7	
	O sistema é um pouco intimidante para mim.	7	5	7		7	
Qualidade da Interface	Este sistema tem todas as funções e capacidades que espero que tenha.	1	1	1	2	3	2
	No geral, estou satisfeito com este sistema.	2	1	1	1	1	1

Fonte: O autor, 2022.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Um dos principais aspectos para se ressaltar foi a metodologia adotada, que contribuiu de forma decisiva na condução desta pesquisa e obtenção dos resultados. A DSR forneceu desenvolvimento confiável, sugerindo a organização e sequenciamento das etapas necessárias para a solução do problema.

Normalmente, os resultados da DSR são comunicados a pesquisa bem como às comunidades técnicas/práticas, ou seja, partes interessadas na pesquisa, como neste caso, empresas cenográficas, que podem incluir públicos orientados à tecnologia e orientados à gestão. Os resultados deste método podem ainda ser de amplo interesse, o que vale a pena comunicá-lo ao público em geral (JOHANNESSON; PERJONS, 2014).

As ferramentas de software usadas nesta pesquisa, como CitNetExplorer e o Vos Viewer, foram muito importantes para visualizar e analisar redes de citações de publicações científicas, além da construção e visualização de redes bibliométricas, analisar o desenvolvimento do campo de pesquisa ao longo do tempo, identificar as literaturas sobre o tema da pesquisa, e criar as redes bibliométricas de análise, a fim construir a fundamentação teórica.

A presente pesquisa buscou solucionar um problema relacionado à compreensão do DT na produção cenográfica da indústria criativa, que engloba projetos de TM. O artefato prescrito, denominado DT Aumentado, é uma ferramenta de mediação voltada à atividade cognitiva da leitura de DTs, projetado para os contextos supracitados. Sua configuração foi construída como a interface entre: seu ambiente interno (com características que configuraram o próprio artefato mediador, como pôde ser observado a partir da base teórica) e o ambiente externo (sendo as condições em que este artefato funciona), para cumprir seu propósito atendendo aos requisitos elucidados ao longo do método. No entanto, não se espera que somente a implementação de um artefato, como o proposto, possa modificar totalmente um quadro da realidade. Porém, como pôde ser observado a partir da base teórica, os avanços desta área são conquistados por meio de interações, que, em conjunto, ajudam a gerar e disseminar novas ideias e boas práticas.

A HE, que é uma das mais estudadas no campo da cognição humana, e também relatada nesta pesquisa, postula a melhora da capacidade de abstração, formulação e resolução de problemas. Dessa maneira, os componentes de HE

(relação, visualização e orientação espacial) direcionaram a concepção (proposição) geral do artefato. Parte de seus requisitos propostos ocorreram devido à possibilidade de fornecer relações entre os recursos de rastreamento, mecanismos e métodos de implementação de tecnologias de RAM, sendo configuradas interrelacionadas à cada tipo de conteúdo projetual (fichas de DT), como forma de melhorar as capacidades das HE dos participantes. Os instrumentos para medição desses componentes de HE auxiliaram a diagnosticar os principais déficits de compreensão sobre um objeto tridimensional visualizado pelos participantes, e que foi corroborado com as análises comparativas dos índices superiores de carga de trabalho, apurados nos testes do NASA TLX (PRÉ-EXPERIMENTO), e a posteriori, da redução desses índices (em participantes recorrentes, e na média geral ponderada do NASA-TLX (PÓS-EXPERIMENTO), quando aplicado junto ao DT Aumentado em seu experimento empírico.

A análise das funcionalidades e características de ferramentas similares, obtidas a partir da revisão bibliográfica, e voltadas para projetos de contexto de uso semelhantes (leitura dos desenhos técnicos com tecnologias de RA), mostrou uma pequena variedade de abordagens, principalmente naquelas publicadas ao mesmo contexto de uso (linha de montagem, ambiente empresarial, ou operacional de indústrias). Na maioria delas é evidente a busca por um sistema que auxilie alunos de ensino superior (engenharia) a realizarem tarefas de visualização para promover o desenvolvimento de suas habilidades espaciais. O artefato desta pesquisa utiliza a RA baseada em Web AR, justificada por permitir a mediação de processos cognitivos espaciais com um sistema caracterizado pelo uso da cognição incorporada (atividades cognitivas distribuídas pelo indivíduo e pela situação que interage) e situada (prática em contextos reais, aumentando foco, desempenho e aprendizagem), além de sua fácil usabilidade e implementação dentro dos processos existentes nesses cenários de uso.

A partir dos dados levantados da revisão bibliográfica e dos resultados produzidos no estudo empírico, considera-se que o artefato se mostrou aceitável, embora não seja possível dar uma resposta absoluta para esta questão de pesquisa. Participantes consideraram que o DT Aumentado é muito fácil de usar (facilidade de uso), é visualmente agradável (qualidade estética), e no geral prazeroso de usar (motivação hedônica). Os participantes demonstraram vontade de usá-lo “imediatamente” na visualização de DT de projetos (intenção comportamental), e

sugerem ser uma boa ideia usar o sistema (atitude em relação ao uso da tecnologia). Esses, dentre outros aspectos, extraídos do questionário de aceitação, intenção e uso da tecnologia, concluem que o artefato tem potencial para ser aceito pelos profissionais do segmento. No entanto, ficou clara algumas características limitadas do protótipo, tais como o tempo de resposta percebido do artefato, o qual obteve-se ponderações mais elevadas dentro da escala de avaliação para a percepção de fluidez (lags e carregamento da plataforma), como mostrado no constructo “tempo de resposta”, do quadro 29 (Seção 4.3.3). Ademais, foi verificado que mesmo os aparelhos habilitados ao uso de sistemas de Web AR, ainda sim, *lags* eram relatados, devido aos limites de hardware. Ademais, a maioria dos aparelhos usados pelos participantes não possuíam adequação para o uso da plataforma devido a sua versão (inferior ao requisito para execução do ARCore e ARKit).

No geral, os participantes mostram-se a favor em adotar o DT Aumentado ou a tecnologia de RAM, devido a sua aplicação, no contexto da cenografia, não demandar muito tempo e conhecimento técnico específico (necessidade de treinamento). Ademais, a diretoria de uma das cenografias mostrou-se muito interessada na solução experimentada, sugerindo desenvolver capacitação interna dos profissionais qualificados para uso da RAM, focando seu emprego no ciclo de vida do produto (facilitando a compreensão de modelos e tomadas de decisões técnicas, vistas pelo time profissional como cruciais, tais como usinagem, solda, corte, instalação elétrica, etc.), e na linha de montagem dos produtos (com foco na melhora da linha de qualidade e assertividade da interpretação projetual). Por esses aspectos, é possível afirmar que a proposição do DT Aumentado teria aceitação ampla, por parte do setor de cenografia, sendo um artefato de baixo impacto dentro de seu processo.

Reconhece-se também que o DT Aumentado é uma proposta de método a ser aplicado em projetos de TM, dentro de ambientes cenográficos, e não um produto finalizado que possa ser instalado e acompanhado de manual e suporte técnico. Adicionalmente, apesar do custo para sua implementação ser relativamente baixo, sua replicação ainda demanda uma qualificação técnica sobre os processos de modelagem em *softwares* de animação 3D e efeitos visuais, que envolve (modelagem, construção de malha UV, texturização e iluminação) afim de executar (realizar upload nas plataformas Web AR) dos mais diversos tipos de modelos compatíveis com dispositivos móveis – processos que precisam ser implementados para cada novo DT. Isso também mostra uma das limitações em sua reaplicação, por requisitar designers

com *hard skills* de modelagem 3D e animação. Apesar disso, esta tarefa pode ser considerada de baixa a média complexidade, para ser executada por profissionais qualificados, tornando o seu processo factível dentro do mercado. Essas são as nuances a respeito de sua replicação no contexto usual e no âmbito da produção da cenografia.

A questão final que é importante apresentar é sobre a consciência dos dados. Grande parte dos participantes expressaram suas preocupações em expor sua imagem ou submissão a avaliações à pesquisa, como a de se submeterem aos testes de HE (demasiadamente extensos) ou ao NASA-TLX, questionando sobre se estas avaliações seriam de desempenho relacionado a sua função na empresa. Mesmo com o apoio da diretoria, isso dificultou a adesão por parte de um número maior de profissionais (em ambas as etapas, de conscientização e avaliação final), visto que sua participação era explicitamente voluntária. No entanto, aos que participaram da pesquisa, enfatizou-se seu conforto e surpresa com a proposta final da tecnologia de RAM, o DT Aumentado, questionando ao final das avaliações do artefato, se o mesmo seria implementado na empresa.

6 CONCLUSÕES

As tecnologias de RA representam ferramentas muito úteis para visualizar e interagir com modelos 3D, sendo a Web AR uma nova forma eficaz e rápida para a criação de conteúdo em RA de alta qualidade, acessível e multiplataforma. A projeção do modelo 3D no ambiente real proporcionou aos usuários a possibilidade de uma percepção realista e dinâmica para o DT físico tradicional. Foi apresentado um método para implementar modelos 3D a DTs, com uso de plataformas Web AR. A vantagem do sistema proposto é a redução do esforço cognitivo necessários para que os usuários entendam os DTs de projetos de TM. Esta abordagem mostrou ser uma ferramenta poderosa que melhorou a eficiência do usuário em comparação com os métodos clássicos.

A pesquisa apoiou-se no método da DSRM, proposto por (PEFFERS et al., 2007), combinado ao Modelo-DSR (Seção 3.1) em que se sintetizou as principais lições aprendidas: conjugando tanto o desenvolvimento tecnológico quanto o conhecimento teórico-científico. Para garantir essa relação: foi fundamentado o desenvolvimento do artefato em conjecturas teóricas e comportamentais fundamentadas nesses achados; a literatura foi revisada para diferentes propósitos (quadro teórico, estado da técnica, conhecimento sobre problema e contexto, e quadro epistemológico-metodológico); realizada uma avaliação empírica para investigar se o artefato resolveu o problema para o qual foi projetado e, ao mesmo tempo, se as conjecturas teóricas pareceram válidas; buscou-se achados técnicos e teóricos para avançar o conhecimento técnico-científico.

A revisão da literatura indicou que, a RA quando empregada como uma ferramenta de mediação, ou aprendizagem, é geralmente voltada a compreensão de informações técnicas ou modelos tridimensionais complexos. Costuma ser utilizada: por professores (de engenharia e arquitetura), para fornecer modelos virtuais 3D que ajudam os alunos a realizarem tarefas de visualização para promover o desenvolvimento de suas HE; e pela indústria, sendo acessíveis ao PLM, ou destinado a esse tipo de abordagem, usando uma interface de usuário tangível/gráfica em RA, tendo como principais benefícios experimentados a redução de desenhos em papel e o aumento da velocidade da fase de revisão, além de sua integração simplificada, efetuada com pequenas mudanças no processo de ciclo de vida do produto.

Desta maneira, a presente pesquisa sugeriu que o emprego da RAM poderia contribuir para a melhora da leitura e compreensão do DT na produção cenográfica, através de seu uso por trabalhadores em seu contexto real de trabalho – os galpões de cenografia. Isto foi realizado por meio de um artefato de mediação físico e digital, com uso de ferramentas gráficas e de modelagem 3D, além de plataformas de Web AR, tendo por base a abordagem da Perspectiva Cognitiva Incorporada. Para atingir esta solução, foi proposto, como objetivo geral, um artefato digital com tais características para o projeto desta ferramenta de mediação – denominada a posteriori como, DT Aumentado.

Nesse prisma, o artefato foi projetado para: possibilitar seu uso no ambiente de cenografia como um mediador cognitivo (à atividade de leitura de DTs); possuir interfaces física (fichas impressas, placa de interação direta) e digital (a RAM); possuir execução em plataformas Web AR; acesso a RAM através de código QR; oferecer rastreamento de RA com e sem marcadores visuais. Isso contribuirá com interações tangenciais e navegações de características exploratórias (codificando visualizações egocêntrico de projeto e alocêntrico de modelos); utilizar método computacional terceirizado; permitir gravação ou captura de imagem para o compartilhamento de ideias e insights; permitir o desenvolvimento de atividades associativas (interação direta com as mãos); utilizar esquemas de rotulagem virtual; buscar explorar protótipo estrutural e funcionalmente; permitir acesso aos arquivos de DT na nuvem (em dispositivo móvel).

Os resultados obtidos com o desenvolvimento do artefato indicaram que o método foi bem sucedido, em conformidade com os requisitos elencados na pesquisa - a exceção para a combinação de visualizações, de rede e para a eficiência computacional. A combinação de visualizações foi considerada como “atende parcialmente”. Neste caso, o artefato não combinou virtualmente tipos de visualizações, mas através da interface em RA, foi possível visualizar o modelo interagindo com conteúdo de visualização distintos, estes presentes no mundo físico (por exemplo, informações de rotulagem da ficha 3 combinadas com a visualização explodida animada do modelo em RA). Já a Eficiência de Computação de Rede obteve validação parcial, devido a altos índices de carregamento registrado na ficha 1 e 3, que foram causados pelo uso de texturas (mesmo limitadas a 1024px), a fim de atender graficamente aos requisitos de vivacidade do modelo no sistema, o que sobrecarregou o download de dados e também impactou a eficiência computacional

em alguns modelos de dispositivos, fato percebido através de processamento ter evidenciado ocasionais *lags* ao aproximar a câmera ao modelo 3D, projetado na tela pela plataforma, sobre o mundo real.

Este estudo também mostrou, na comparação dos índices de carga de trabalho, que a carga autoavaliada dos participantes é um indicador confiável de seus custos reais de carga. Isso foi corroborado com os índices de escala obtidos com o questionário de avaliação de intenção comportamental de uso do DT Aumentado. O NASA-TLX permitiu que os participantes registrassem sua carga mental estimada para ambas as condições de leitura do DT, para cada condição de exibição (com e sem uso da Web AR), em ambos os experimentos (leitura de DT padrão e com uso do DT Aumentado). Verificou-se que os participantes estimaram o custo de carga cognitiva associada com significativa melhora (redução média ponderada geral de 53,9%, nos participantes recorrentes, relacionada a atividade de leitura do DT tradicional).

Os achados têm implicações interessantes para o design e uso da Web AR. Este estudo mostrou que, embora o uso da Web AR tenha potencial para melhorar o desempenho do usuário em tarefas cognitivas para leitura de DTs, deve-se: primeiramente, identificar as capacidades de HE dos usuários envolvidos; e em segundo, planejar as características de exibição projetadas (engloba técnicas de rastreamento, realismo e interação) de maneira coerente a essas capacidades, para que sejam usadas de maneira eficiente, reduzindo de fato a sobrecarga cognitiva espacial identificada no grupo de usuários.

O estudo apresenta algumas limitações. O experimento de campo, pelo acesso do pesquisador, foi realizado com empresas e projetos de características específicas, conforme já descrito. Desse modo, possíveis pesquisas futuras poderiam ser conduzidas com empresas e projetos de outras naturezas, e com distintos níveis de participação de mercado. Além disso, o experimento foi realizado em ambientes de produção de cenografias, o que limita a generalização dos resultados e conclusões sobre outros tipos de produção, confecção, ou indústrias de manufatura.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

É constante a evolução das tecnologias relacionadas a RA, o que as tornam mais acessíveis ao usuário, porém mais sofisticadas e complexas em sua

configuração. Tornou-se cotidiano o desenvolvimento de hardwares e softwares cada vez mais robustos. Os softwares estão sendo aprimorados, com melhora do desempenho, da qualidade de reconhecimento de padrões em RA e da qualidade de imagem final gerada; há também maior suporte a problemas específicos, como a renderização de alta fidelidade realista, por métodos de computação terceirizado, através, por exemplo, de plataformas como o Pixel Stream. Entretanto, essas tecnologias são ainda bastante difíceis de serem utilizadas - de maneira aceitável aos requisitos de uso, por pessoas não especialistas em desenvolvimento ou modelagem 3D avançada, o que limita sua implementação na área criativa por uma gama maior de profissionais, que são os geradores deste tipo de conteúdo voltado à cenografia.

Uma série de trabalhos futuros podem advir deste trabalho. Entre eles, realizar uma nova avaliação do DT Aumentado, considerando uma amostra maior de pessoas e um processo simplificado para a coleta de dados de HE via instrumentos de validação. Verificar com trabalhadores e designers sugestões de melhorias em alguns procedimentos no sentido de aumentar ainda mais a satisfação e o nível de aprendizado obtido. Confrontar as fraquezas do projeto, no sentido de implementar rotinas e/ou procedimentos nos galpões de cenografia para alcançar níveis de qualidade superior, como Identificar, por exemplo, métodos ou plataformas, a fim de realizar conversões de extensões 3D universais, como. fbx e CAD, em. usdz e. glTF, necessárias para a compatibilidade de sistemas Web AR, que se baseiam em geral, nas bibliotecas ARKit e ARCore.

O desenvolvimento do DT Aumentado revelou que estes dados e outros aspectos podem ser investigados com maior profundidade e, assim, contribuir para pesquisas relacionadas ao design de novas interações, com uso da Web AR. Ao ter introduzido a tecnologia para desenvolver HE, também se tornou importante entender como será o trabalho que o usuário realizará com o uso dessa ferramenta. Afinal, o design de interação se propõe em incluir, indiretamente, a interatividade entre o usuário e o sistema digital escolhido para o aprendizado. A inexistência de sistemas de Web AR que sejam capazes de mediar, especificamente, a compreensão de sistemas de DT é uma lacuna importante da área. O Seção 4.2.1 desta pesquisa apresentou algumas dessas ferramentas, com abordagens diversas, que tentaram resolver, de alguma maneira, problemas cognitivos semelhantes, porém em contextos diferentes, com tecnologias diferentes. Neste sentido, mais pesquisas acerca de

sistemas com uso de Web AR são necessárias para a evolução sobre o uso desse tipo sistema.

Outro ponto importante é notar que o desenvolvimento atual, por especialistas, de muitas aplicações de RA na área científica, não envolve verdadeiramente os usuários finais – e não abordam a implantação dessas aplicações em empresas, tampouco ambientes de cenografia (produção manufatureira). Dessa maneira, é possível notar que o desenvolvimento de ferramentas, com base no uso de Web AR, e a implementação dessas plataformas nas empresas, com qualidade e rapidez, é um desafio a ser superado.

Por fim, o conhecimento gerado a partir dos resultados obtidos com o método, desenvolvimento, e avaliação do artefato proposto, podem servir como base para a implementação de novas funcionalidades, assim como fornecer subsídios para que outros pesquisadores também desenvolvam ferramentas com o uso da Web AR para diversos contextos, indo além do explorado pela classe de problemas desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALIAS, M.; BLACK, T.; GRAY, D. Effect of Instructions on Spatial Visualisation Ability in Civil Engineering Students. **Int. Educ. J.**, Sidney, v. 3, n. 1, p. 1-12, 2002.
- AUKSTAKALNIS, S. **Practical augmented reality**: a guide to the technologies, applications, and human factors for AR and VR. Boston: Addison-Wesley, 2016.
- AVILA, D.; MORAIS JÚNIOR, A. R.; SCHAEFER, E. A importância do Detalhamento e Organização de Desenhos Técnicos para o Gerenciamento de Projetos. **Sci. Ind.**, Caxias do Sul, v. 3, n. 2, p. 73-76, 2015.
- AZUMA, R. *et al.* Recent advances in augmented reality. **IEEE Comput. Graph. Appl.**, Nova York, v. 21, n. 6, p. 34-47, 2001.
- BALAJI, S.; MURUGAIYAN, M. S. Waterfall vs model vs agile a comparative study on sdlc. **Int. J. Inf. Technol. Bus. Manag.**, Islamabad, v. 2, n. 1, p. 26-30, 2012.
- BAXTER, M. **Projeto de produto**: guia prático para o design de novos produtos. São Paulo: Blueher, 2008.
- BERGAMASCHI, M. P.; SILVEIRA, I. F. Enhancing the understanding of 3D objects for engineering students: A mixed methodology of ar application and traditional educational materials. *In*: SYMPOSIUM ON VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY, 16., 2014, Salvador. **Anais [...]**. Piscataway, NJ: IEEE Computer Society, 2014. p. 127-130.
- BILLINGHURST, M.; KATO, H.; POUPYREV, I. The MagicBook - moving seamlessly between reality and virtuality. **IEEE Comput. Graph. Appl.**, Nova York, v. 21, n. 3, p. 6-8, 2001.
- BLACK, R. **Design and Manufacture**: An Integrated Approach. Londres: Bloomsbury Publishing PLC, 1996.
- BONSIEPE, G. **Design**: do material ao digital. São Paulo: Blucher, 1997.
- BREVIÁRIO, A. G. **Os Três Pilares da Metodologia da Pesquisa Científica**: O Estado da Arte. Curitiba: Appris, 2021.
- CAMBA, J. D. *et al.* **Visualization and Engineering Design Graphics with Augmented Reality**. Mission, KA: SDC Publications, 2014.
- CARDOSO, M. S; GONTIJO, L. A. Evaluation of mental workload and performance measurement: NASA TLX and SWAT. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 19, n. 4, p. 873-884, 2012.
- CARROLL, J. B. **Human Cognitive Abilities**: A Survey of Factor-Analytic Studies. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.

CELIK, D.; MAGOULAS, G. D. A Review, Timeline, and Categorization of Learning Design Tools. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WEB-BASED LEARNING*, 15., 2016, Roma. **Anais** [...]. Nova York: Springer Cham, 2016. p. 3-13.

CHITTARO, L. Visualizing Information on Mobile Devices. **Computer**, Nova York, v. 39, n. 3, p. 40-45, 2006.

CIPRESSO, P. *et al.* The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature. **Front. Psychol.**, Pully (SZ), v. 9, n. 2086, 2018.

COCKBURN, A.; KARLSON, A.; BEDERSON, B. B. A review of overview+detail, zooming, and focus+context interfaces. **ACM Comput. Surv.**, Nova York, v. 41, n. 1, p. 1-31, 2009.

COHEN, M. A. **Cenografia brasileira século XXI: diálogos possíveis entre a prática e o ensino**. 2007. Dissertação (Mestrado em Artes Cênicas) – Escola de Comunicações e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/27/27139/tde-17102007-090756/>. Acesso em: 24 fev. 2021.

DZIEKONSKI, M. La inteligencia espacial: Una mirada a Howard Gardner. **Arteoficio**, Santiago, v. 2, p. 7-12, 2003.

EDGE, D.; BLACKWELL, A. Bimanual Tangible Interaction with Mobile Phones. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TANGIBLE AND EMBEDDED INTERACTION*, 3., 2009, Cambridge, UK. **Anais** [...]. Nova York: Association for Computing Machinery, 2009.

EDU, J.; KWAKU DUKU, F. Scenography: Examining a New Marketing Strategy for Corporate Promotion and Development. **Int. J. Arts Humanities**, [S. l.], v. 1, n. 6, p. 477-488, 2017.

FERREIRA, J.; SILVA, R. M. Leitura e Interpretação de Desenho Técnico: Telecurso 2000. *In: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Disciplina de Desenho Técnico*. Nova Cruz, RN: IFRN, [201-]. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/samueloliveira/disciplinas/desenho-industrial/apostilas/leitura-e-interpretacao-de-desenho-tecnico-telecurso-2000/view>. Acesso em: 20 jan. 2022.

FIGUEIREDO, M. J. G. *et al.* Augmented Reality and Holograms for the Visualization of Mechanical Engineering parts. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION VISUALISATION*, 18., 2014, Paris. **Anais** [...]. Piscataway, NJ: IEEE Computer Society, 2014. p. 368-373.

FIORENTINO, M.; MONNO, G.; UVA, A. E. Tangible digital master for product lifecycle management in augmented reality. **Int. J. Interact. Des. Manuf.**, Paris, v. 3, n. 2, p. 121-129, 2009.

FREDDI, M.; FRIZZIERO, L. Design for disassembly and augmented reality applied to a tailstock. **Actuators**, Basel (SZ), v. 9, n. 4, p. 1-14, 2020.

- GIRBACIA, F. An Approach to Augmented Reality Technical Drawings. In: WSEAS INTERNATIONAL CONFERENCE ON SENSORS AND SIGNALS, 2., 2009, Baltimore. **Anais [...]**. Baltimore: WSEAS Press, 2009. Disponível em: <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2009/baltimore/MAVISE/MAVISE-02.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2021. p. 27-29.
- HART, S. G.; STAVELAND, L. E. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. **Adv. Psychol.**, Amsterdam, v. 52, p. 139-183, 1988.
- HARVIAINEN, T.; KORKALO, O.; WOODWARD, C. Camera-based interactions for augmented reality. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN ADVANCES IN COMPUTER ENTERTAINMENT TECHNOLOGY, ACE'09, 2009, Grécia. **Anais [...]**. Nova York: Association for Computing Machinery, 2009.
- HINSCH, C.; FELIX, R.; RAUSCHNABEL, P. A. Nostalgia beats the wow-effect: Inspiration, awe and meaningful associations in augmented reality marketing. **J. Retail. Consum. Serv.**, Londres, v. 53, 101987, 2020.
- HUANG, W.; ALEM, L.; LIVINGSTON, M. A. **Human Factors in Augmented Reality Environments**. Nova York: Springer New York, 2013.
- HÜRST, W.; WEZEL, C. Multimodal Interaction Concepts for Mobile Augmented Reality Applications. In: INTERNATIONAL MULTIMEDIA MODELING CONFERENCE, 17., 2011, Taipei. **Anais [...]**. Berlim: Springer, 2011. p. 157-167.
- ISHII, H.; KOBAYASHI, M.; ARITA, K. Iterative design of seamless collaboration media. **Commun. ACM**, Nova York, v. 37, n. 8, p. 83-97, 1994.
- JAVORNIK, A. *et al.* Augmented self - The effects of virtual face augmentation on consumers' self-concept. **J. Bus. Res.**, Amsterdam, v. 130, p. 170-187, 2021.
- JOHANNESSON, P.; PERJONS, E. **An introduction to design science**. Nova York: Springer International Publishing, 2014.
- KIM, J. C.; LAINE, T. H.; ÅHLUND, C. Multimodal Interaction Systems Based on Internet of Things and Augmented Reality: A Systematic Literature Review. **Appl. Sci.**, Basel (SZ), v. 11, n. 4, 1738, 2021.
- KIM, S.; DEY, A. K. AR interfacing with prototype 3D applications based on user-centered interactivity. **Comput. Aided Des.**, Londres, v. 42, n. 5, p. 373-386, 2010.
- LACERDA, D. P. *et al.* Design Science Research: Método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013.
- LANGLOTZ, T. *et al.* Online creation of panoramic augmented reality annotations on mobile phones. **IEEE Pervasive Comput.**, Nova York, v. 11, n. 2, p. 56-63, 2012.
- LI, X. *et al.* A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. **Autom. Constr.**, Amsterdam, v. 86, p. 150-162, 2018.

MACEDO, G. M. A. A utilização de tecnologias de prototipagem rápida no processo de desenvolvimento de produto: um estudo de caso. *In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO*, 7., 2011, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: CNEG, 2011.

MAHMOOD, B. A Quick Guide to Designing for Augmented Reality on Mobile (Part 4). **Medium.com**, [S. l.], 1 fev. 2019. Disponível em: <https://medium.com/@goatsandbacon/a-quick-guide-to-designing-for-augmented-reality-on-mobile-part-4-f554f5b80c24>. Acesso em: 7 fev. 2022.

MARTÍN-GUTIÉRREZ, J. *et al.* Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. **Comput. Graph.**, Nova York, v. 34, n. 1, p. 77-91, 2010.

MARTÍN-GUTIERREZ, J.; TRUJILLO, R. E. N.; ACOSTA-GONZALEZ, M. M. Augmented Reality Application Assistant for Spatial Ability Training. HMD vs Computer Screen Use Study. **Procedia Soc. Behav. Sci.**, Nova York, v. 93, p. 49-53, 2013.

MILGRAM, P.; KISHINO, F. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. **IEICE Trans. Information Systems**, Maruzen (JP), v. E77-D, n. 12, p. 1321-1329, 1994.

MÜLLER, A. L.; SAFFARO, F. A. A prototipagem virtual para o detalhamento de projetos na construção civil. **Ambient. constr.**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 105-121, 2011.

MULLONI, A.; DÜNSER, A.; SCHMALSTIEG, D. Zooming interfaces for augmented reality browsers. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMAN COMPUTER INTERACTION WITH MOBILE DEVICES AND SERVICES*, 12., 2010, Lisboa. **Anais [...]**. Nova York: Association for Computing Machinery, 2010. p. 161-170.

NEE, A. Y. C. *et al.* Augmented reality applications in design and manufacturing. **CIRP Ann. - Manuf. Technol.**, Amsterdam, v. 61, n. 2, p. 657-679, 2012.

PANTANO, E.; RESE, A.; BAIER, D. Enhancing the online decision-making process by using augmented reality: A two country comparison of youth markets. **J. Retail. Consum. Serv.**, Londres, v. 38, p. 81-95, 2017.

PAPANTONIOU, B. Cognitive Ergonomics. *In: INTERNATIONAL DESIGN FOUNDATION. The Glossary of Human Computer Interaction*. [S. l.]: International Design Foundation, [200-]. Disponível em: <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-glossary-of-human-computer-interaction/cognitive-ergonomics>. Acesso em: 6 fev. 2022.

PEDROSA, S. M. P. A.; ZAPPALA-GUIMARÃES, M. A. Realidade virtual e realidade aumentada: refletindo sobre usos e benefícios na educação. **Rev. Educ. Cult. Contemp.**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 43, p. 123-146, 2019.

PEFFERS, K. *et al.* A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. **J. Manag. Inf. Syst.**, Philadelphia, v. 24, n. 3, p. 45-77, 8 dez. 2007.

PIMENTEL, M.; FILIPPO, D.; SANTORO, F. M. Design Science Research: fazendo pesquisas científicas rigorosas atreladas ao desenvolvimento de artefatos computacionais projetados para a educação. *In: JAQUES, P. A. et al. (org.). Metodologia de Pesquisa Científica em Informática na Educação: Concepção de Pesquisa*. Porto Alegre: SBC, 2020. v. 1.

PIMENTEL, M.; FILIPPO, D.; SANTOS, T. M. Design Science Research: pesquisa científica atrelada ao design de artefatos. **RE@D - Revista de Educação a Distância e Elearning**, Lisboa, v. 3, n. 1, p. 37-61, 2020.

QIAO, X. *et al.* Mobile web augmented reality in 5G and beyond: Challenges, opportunities, and future directions. **China Commun.**, Pequim, v. 16, n. 9, p. 141-154, set. 2019b.

QIAO, X. *et al.* Web AR: A Promising Future for Mobile Augmented Reality-State of the Art, Challenges, and Insights. **Proceedings of the IEEE**, Piscataway (NJ), v. 107, n. 4, p. 651-666, 1 abr. 2019a.

RAFI, A. *et al.* Improving spatial ability using a Web-based Virtual Environment (WbVE). **Autom. Constr.**, Amsterdam, v. 14, n. 6, p. 707-715, 2005.

RENEVIER, P.; NIGAY, L. Mobile collaborative augmented reality: The augmented stroll. *In: ENGINEERING FOR HUMAN-COMPUTER INTERACTION, IFIP INTERNATIONAL CONFERENCE*, 8., 2001, Toronto. **Anais [...]**. Nova York: Springer, 2001. v. 2254. p. 299-316.

RIVA, G. *et al.* Transforming experience: The potential of augmented reality and virtual reality for enhancing personal and clinical change. **Front. Psychiatry**, Lausanne (SZ), v. 7, n. 164, 2016.

ROCA-GONZÁLEZ, C. *et al.* Virtual Technologies to Develop Visual-Spatial Ability in Engineering Students. **Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ.**, Eastbourne, v. 13, n. 2, p. 441-468, 2016.

ROCA-GONZÁLEZ, C. **Habilidades espaciales y género**: Análisis y desarrollo en estudiantes de los grados de ingeniería en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 2015. Tese (Doutorado em Pedagogia) – Universidad de Las Palmas, Gran Canaria, 2015.

ROHS, M.; ZWEIFEL, P. **A Conceptual Framework for Camera Phone-Based Interaction Techniques**. *In: GELLERSEN, H. W.; WANT, R.; SCHMIDT, A. (ed.). Pervasive Computing: Lecture Notes in Computer Science*. Berlin: Springer, 2005. v. 3468, p. 171-189.

RUIZ-ARIZA, A. *et al.* Effect of augmented reality game Pokémon GO on cognitive performance and emotional intelligence in adolescent young. **Comput. Educ.**, Londres, v. 116, p. 49-63, 2018.

SANTOS, A. (org.). **Seleção do Método de Pesquisa**: guia para pós-graduandos em design e áreas afins. Curitiba: Insight, 2018.

SHARP, H.; PREECE, J.; ROGERS, Y. **Interaction Design: beyond human-computer interaction**. 5. ed. Oxford: John Wiley & Sons, 2019.

SILVEIRA, Y. S.; ROIZENBRUCH, T. A.; CORRÊA, L. B. Design cenográfico: cenografia como habilitação nos cursos de design. **Blucher Des. Proc.**, v. 9, n. 2, p. 2926-2936, 2016.

SIMON, H. A. **The Sciences of the Artificial**. 3. ed. Massachusetts: MIT Press, 1996.

SUH, A.; PROPHET, J. The state of immersive technology research: A literature analysis. **Comput. Hum. Behav.**, Nova York, v. 86, p. 77-90, 2018.

TREVISAN, D. G.; VANDERDONCKT, J.; MACQ, B. **Analyzing Interaction in Augmented Reality Systems**. [S. l: s. n.], 2002.

VAN KREVELEN, D. W. F.; POELMAN, R. A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations. **Int. J. Virtual Real.**, Paris, v. 9, n. 2, p. 1-20, 1 jan. 2010.

VARGAS, R. V.; REEVE, H. R. **Gerenciamento de projetos estabelecendo diferenciais competitivos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 1999.

VENKATESH, V. *et al.* User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. **MIS Quarterly**, Minnesota, v. 27, n. 3, p. 425-478, 2003.

WATSON, A.; ALEXANDER, B.; SALAVATI, L. The impact of experiential augmented reality applications on fashion purchase intention. **Int. J. Retail Distrib. Manag.**, Bingley (UK), v. 48, n. 5, p. 433-451, 2020.

WIERINGA, R. J. **Design science methodology**: For information systems and software engineering. Berlin: Springer, 2014.

WILSON, M. Six views of embodied cognition. **Psychon. Bull. Rev.**, Austin (US), v. 9, n. 4, p. 625-636, 2002.

YIM, M. Y. C.; CHU, S. C.; SAUER, P. L. Is Augmented Reality Technology an Effective Tool for E-commerce? An Interactivity and Vividness Perspective. **J. Interact. Market.**, Nova York, v. 39, p. 89-103, 1 ago. 2017.

ZHOU, F.; DUH, H. B.; BILLINGHURST, M. Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR. *In*: IEEE/ACM INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MIXED AND AUGMENTED REALITY, 7., 2008, Cambridge. **Anais [...]**. Washington: IEEE Computer Society, 2008. p. 193-202.

ZORRIASSATINE, F. *et al.* A survey of virtual prototyping techniques for mechanical product development. **Proc. Inst. Mech. Eng. B. J. Eng. Manuf.**, Londres, v. 217, n. 4, p. 513-530, 2003.

APÊNDICE A – ARTIGO PUBLICADO

Artigo
Original

OS RESUMOS E SUAS ESPECIFICIDADES EM PERIÓDICOS BRASILEIROS DA CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO

Abstract and their specificities in Brazilian scientific journals on
information science.

Rosane Susely Alvares LUNARDELLI

Professor Associado

Departamento de Ciência da Informação, Londrina, Brasil

lunardelli@uel.br

<https://orcid.org/0000-0002-5405-072X>

Andréia Del Conte da PAIVA

Mestrado em Ciência da Informação

Universidade Federal do Paraná

dconfe@ufpr.edu.br

<https://orcid.org/0000-0003-2085-1630>

Tatiana Tissa KAWAKAMI

Mestrado em Ciência da Informação

Universidade Estadual de Londrina

ttkati@uol.com.br

<https://orcid.org/0000-0001-8363-2016>

A lista completa com informações dos autores está no final do artigo

RESUMO

Objetivo: O resumo, representação da informação registrada no texto que o originou, configura-se como um instrumento valioso para a recuperação de conteúdos nas mais diversas áreas do conhecimento. Assim, compreendendo-se o papel informativo desse microtexto, propõe-se analisar as diretrizes estabelecidas para o desenvolvimento de resumos de artigos em periódicos científicos concernentes à Ciência da Informação.

Método: Fundamentado em pesquisa exploratória qualitativa e aporte teórico pautado em pesquisas bibliográficas e documental, deu-se a análise de diretrizes para a elaboração de resumos de artigos em 24 publicações nacionais da área da Ciência da Informação.

Resultado: Nesse sentido, observou-se que, embora existam pontos de convergência entre as recomendações das revistas consultadas, a introdução, a contextualização do assunto ainda não faz parte das exigências editoriais.

Conclusões: Por meio das análises realizadas evidenciou-se a necessidade de esforços em direção à padronização, como por exemplo, na explicitação da demanda por resumos estruturados, objetivando-se em última instância, facilitar o processo de busca, recuperação e uso da informação.

PALAVRAS-CHAVE: Resumo. Resumo estruturado. Periódicos Científicos. Ciência da Informação.

ABSTRACT

Objective: The abstract, which is a representation of the information registered in the text that originated it, is a valuable tool for content retrieval in the most diverse areas of knowledge. Thus, understanding the informative role of these microtexts, it was proposed to analyze the guidelines established for the development of articles' abstracts in scientific journals regarding the Information Science.

Methods: The analysis of guidelines for the elaboration of articles' abstracts was performed in 24 national publications in the Information Science field, based on qualitative exploratory research and theoretical contribution guided by bibliographical and documentary researches.

Results: Though there are convergence points between the recommendations of the consulted journals, the introduction, which is the contextualization of the subject, is not yet a part of the editorial requirements.

Conclusions: Through the performed analyzes, the need for efforts towards standardization was evident, for example, in the explicitation of the demand for structured abstracts with the goal of facilitating the process of searching, retrieving and using the information.

KEYWORDS: Abstract. Structured abstract. Scientific journals. Information Science.



Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação, Florianópolis, v. 25, p. 01-17, 2020. Universidade Federal de Santa Catarina. ISSN 1518-2904. DOI: <https://doi.org/10.5063/1518-2904.2020.e02307>

1 INTRODUÇÃO

Diante do cenário de exponencial crescimento informacional, torna-se evidente a relevância que assumem os mecanismos voltados à recuperação de informações. Nessa perspectiva, cabe mencionar que o acesso a itens informacionais depende especialmente de sua representação. Representar, sob a ótica da Ciência da Informação, corresponde à descrição de atributos extrínsecos do documento, denominada representação descritiva. Quando o foco da análise se volta ao conteúdo informacional, têm-se a representação temática da informação, concretizada, por intermédio de resumos textuais, entre outros itens. (KOBASHI, 1996, BRASCHER e CAFÉ, 2008). Pereira e Bufrem (2005) consideram a representação como um processo de reapresentação da informação inscrita em um documento, cujos produtos seriam os resumos, palavras-chave e números de classificação e esclarecem que "por definição, temos que os resumos (*abstracts*) têm sua representação por paráfrases, caracterizadas pela contiguidade e semelhança estrutural com o texto original [...]." (PEREIRA; BUFREM, 2005, p.25).

Caracterizado como descrição abreviada do texto fonte, torna-se possível compreender o resumo como elemento catalisador no processo de recuperação de informação. Essa forma de representação possibilita ao leitor identificar, de forma objetiva, os materiais disponíveis em determinada área do conhecimento, viabilizando - lhe a opção de consultar ou não o material original de acordo com sua necessidade ou conveniência.

Ainda que resumos estejam disponíveis nos mais diversos contextos, destaca-se aquele produzido na esfera da comunicação científica na Ciência da Informação (CI). A comunicação científica vale comentar, pressupõe a divulgação dos resultados de estudos, a troca de informações entre pesquisadores dessa comunidade ou como menciona Alves (2011, p.1), [...] "tem como objetivo, além da publicização do conhecimento a disseminação dos resultados de troca de ideias entre pesquisadores e o registro do conhecimento."

Desse modo, reconhecendo o papel desempenhado pela informação no âmbito científico, Miranda e Pereira (1996, p. 380), esclarecem que "dois tipos particulares de produtos estão sendo valorizados pela comunidade científica desde os primórdios de sua história: a) congressos e reuniões científicas; b) o periódico científico". No que se refere ao último tipo ou meio de comunicação, Mueller (1995) menciona que



ANEXO A – QUESTIONÁRIO NASA-TLX

Instruções

A avaliação a seguir é usada para medir sua avaliação subjetiva de quanta carga de trabalho foi exigida de você durante a tarefa que acabou de concluir.

Você será solicitado primeiro a avaliar seis medidas de carga de trabalho.

Depois de concluir as classificações, você será solicitado a comparar qual das duas medidas de carga de trabalho desempenhou um papel mais significativo do que a outra ao considerar a tarefa que acabou de concluir. Você será solicitado a responder a 15 desses pares.

Não há resposta certa ou errada.

Quando estiver pronto, clique no botão Continuar para começar.

Continuar

Definições

Demanda Mental	Quanta atividade mental e perceptiva foi necessária (por exemplo, pensar, decidir, calcular, lembrar, olhar, pesquisar, etc.)? A tarefa foi fácil ou exigente, simples ou complexa, exigente ou perdoadora?
Demanda Física	Quanta atividade física foi necessária (por exemplo, empurrar, puxar, girar, controlar, ativar, etc.)? A tarefa foi fácil ou exigente, lenta ou rápida, lenta ou extenuante, tranquila ou trabalhosa?
Demanda Temporal	Quanta pressão de tempo você sentiu devido à taxa ou ritmo em que as tarefas ou elementos da tarefa ocorreram? O ritmo era lento e vagaroso ou rápido e frenético?
Desempenho	Quão bem-sucedido você acha que foi na realização dos objetivos da tarefa definida pelo experimentador (ou você mesmo)? Quão satisfeito você ficou com seu desempenho em atingir esses objetivos?
Esforço	Quão duro você teve que trabalhar (mentalmente e fisicamente) para atingir seu nível de desempenho?
Nível de frustração	Quão inseguro, desencorajado, irritado, estressado e irritado versus seguro, gratificado, contente, relaxado e complacente você se sentiu durante a tarefa?

Continuar

Folha de classificação

Demanda Mental

Quão mentalmente exigente era a tarefa?

Baixo  Alto

Demanda Física

Quão fisicamente exigente foi a tarefa?

Baixo  Alto

Demanda Temporal

Quão apressado ou apressado foi o ritmo da tarefa?

Baixo  Alto

Continuar

Folha de classificação

Desempenho

Quão bem sucedido você foi na realização da tarefa?

Pobre  Boa

Esforço

Quão duro você teve que trabalhar para atingir seu nível de desempenho?

Baixo  Alto

Nível de frustração

Quão inseguro, desanimado, irritado, estressado ou irritado você estava?

Baixo  Alto

[Continuar](#)

Pergunta 1 de 15

Das duas medidas de carga de trabalho a seguir, qual contribuiu mais para a tarefa?

Desempenho

Quão bem sucedido você foi na realização da tarefa?

Nível de frustração

Quão inseguro, desanimado, irritado, estressado ou irritado você estava?

Obrigado pela sua submissão

Por favor, informe que você completou o questionário NASA-TLX com sucesso

[Verificar resultado](#)

ANEXO B – QUESTIONÁRIO DE ACEITAÇÃO, INTENÇÃO E USO DA TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Questionário de Aceitação, Intenção e Uso da Tecnologia

Pesquisador Responsável: José Eduardo Araujo Lobo

Iniciar carrega em Enter ↵

Leva X min

1 → Qual seu nome e sobrenome? *

Responda aqui...

OK ✓ carrega em Enter ↵

2 → Em qual departamento você trabalha?

A) Marcenaria

B) Serralharia

C) Produção

D) Coordenação

E) Criação

F) Atendimento

G) Diretoria

H) Outro

OK ✓

* Este questionário lhe dá a oportunidade de expressar sua satisfação com a usabilidade, aceitação, intenção e uso da tecnologia da ferramenta de RA para auxílio nas leituras do Desenhos Técnicos. Suas respostas nos ajudarão a entender quais aspectos do sistema você está particularmente preocupado e os aspectos que o satisfazem.

Para um grau tão grande quanto possível, pense em todas as tarefas que você fez com o sistema enquanto você responde a essas perguntas.

Por favor, leia cada item e indique o quão fortemente você **concorda** ou **discorda** sobre o item selecionando um número na escala. Se uma declaração não se aplicar a você, pode pular o item.

Sempre que for apropriado, escreva comentários para explicar suas respostas.

Obrigado!

Description (optional)

Continuar carrega em Enter ↵

3 → Facilidade de Uso

Continuar carrega em Enter ↵

a. Achei a ferramenta de RA muito fácil de usar.

1 2 3 4 5 6 7

CONCORDO TOTALMENTE DISCORDO TOTALMENTE

OK ✓

Este anexo ilustra o formato visual do questionário, realizado através da interface do notebook, com armazenamento local dos dados coletados. A imagem exemplifica o primeiro constructo (Facilidade de Uso), do quadro 21 (Seção 3.2.5), a qual resume os constructos e escalas utilizadas para Medição de confiabilidade e validade da amostra de usuários.

ANEXO C – TEST D.A.T:SR5

D.A.T: SR5**INSTRUÇÕES A SEREM PASSADAS PELO AVALIADOR**

Por favor, siga estas instruções à risca.

1.- Eles devem ter uma caneta e borracha.

2.- As folhas de respostas são distribuídas para que seja vista e recepcionada pelo entrevistado, comunica-se:

"Nesta folha você deve dar todas as suas respostas da maneira que que será instruída. Não escreva ou faça nenhuma marca até que a instrução seja finalizada. Na linha superior da folha escreva os dados que são solicitados: Nome, Sobrenome, idade, universidade, etc. "

3.- Uma vez preenchidos os dados, diz-se:

"Agora eu vou te dar um livreto como este (MOSTRAR). Neste folheto estão os exercícios que devem realizar. Não preencha até o momento de início do teste.

4.- Distribui-se os folhetos.

"Abra a primeira página do folheto e vamos ler as instruções."

5.- Ler-se as instruções explicando do que consistem os exercícios.

"A resposta correta de cada exercício será marcada na FOLHA DE RESPOSTAS com um X, na caderneta. NÃO FAÇA NENHUMA MARCAÇÃO OU RASURA NO LIVRETO, pois ele será usado em testes com outras pessoas."

"ESTÃO PRONTOS? --- vocês possuem 20 minutos para realizar o teste."

6.- Tempo. E depois de 20 minutos

"Pare. Deixe o lápis sobre a mesa, feche o folheto deixando a capa para cima e coloque a Folha de Respostas na lateral da mesa para pegá-la"

GABARITO

DAT-SR

	A	B	C	D		A	B	C	D		A	B	C	D
1	☐	☐	☐	☒	11	☒	☐	☐	☐	21	☐	☐	☒	☐
2	☐	☐	☒	☐	12	☐	☐	☒	☐	22	☐	☐	☐	☒
3	☐	☐	☒	☐	13	☐	☒	☐	☐	23	☐	☒	☐	☐
4	☐	☒	☐	☐	14	☐	☐	☐	☒	24	☐	☐	☐	☒
5	☒	☐	☐	☐	15	☒	☐	☐	☐	25	☐	☒	☐	☐
6	☒	☐	☐	☐	16	☒	☐	☐	☐	26	☐	☒	☐	☐
7	☐	☐	☐	☒	17	☒	☐	☐	☐	27	☒	☐	☐	☐
8	☐	☒	☐	☐	18	☐	☒	☐	☐	28	☒	☐	☐	☐
9	☐	☐	☐	☒	19	☐	☐	☐	☒	29	☐	☐	☒	☐
10	☐	☐	☐	☒	20	☒	☐	☐	☐	30	☐	☐	☒	☐

	A	B	C	D		A	B	C	D
31	☐	☒	☐	☐	41	☐	☒	☐	☐
32	☐	☐	☐	☒	42	☐	☒	☐	☐
33	☒	☐	☐	☐	43	☐	☐	☒	☐
34	☐	☒	☐	☐	44	☐	☒	☐	☐
35	☐	☐	☐	☒	45	☐	☐	☒	☐
36	☐	☒	☐	☐	46	☐	☒	☐	☐
37	☐	☐	☒	☐	47	☐	☐	☐	☒
38	☐	☒	☐	☐	48	☐	☐	☒	☐
39	☐	☐	☒	☐	49	☐	☐	☐	☒
40	☐	☐	☒	☐	50	☐	☒	☐	☐

FOLHA DE RESPOSTA

DAT-SR

Empresa: _____

ID de Participante: ()

Nome e Sobrenome: _____

Grau de instrução:

- ☐ Ensino Fundamental Incompleto
- ☐ Ensino Fundamental Completo
- ☐ Ensino Médio Incompleto
- ☐ Ensino Médio Completo
- ☐ Ensino Superior (Faculdade, em andamento ou completo)

Possui curso técnico ou de especialização?

☐ NÃO ☐ SIM, _____

Data: ____/____/____

Local: _____

FOLHA DE RESPOSTA

DAT-SR

	A	B	C	D		A	B	C	D		A	B	C	D
1	☐	☐	☐	☐	11	☐	☐	☐	☐	21	☐	☐	☐	☐
2	☐	☐	☐	☐	12	☐	☐	☐	☐	22	☐	☐	☐	☐
3	☐	☐	☐	☐	13	☐	☐	☐	☐	23	☐	☐	☐	☐
4	☐	☐	☐	☐	14	☐	☐	☐	☐	24	☐	☐	☐	☐
5	☐	☐	☐	☐	15	☐	☐	☐	☐	25	☐	☐	☐	☐
6	☐	☐	☐	☐	16	☐	☐	☐	☐	26	☐	☐	☐	☐
7	☐	☐	☐	☐	17	☐	☐	☐	☐	27	☐	☐	☐	☐
8	☐	☐	☐	☐	18	☐	☐	☐	☐	28	☐	☐	☐	☐
9	☐	☐	☐	☐	19	☐	☐	☐	☐	29	☐	☐	☐	☐
10	☐	☐	☐	☐	20	☐	☐	☐	☐	30	☐	☐	☐	☐

	A	B	C	D		A	B	C	D
31	☐	☐	☐	☐	41	☐	☐	☐	☐
32	☐	☐	☐	☐	42	☐	☐	☐	☐
33	☐	☐	☐	☐	43	☐	☐	☐	☐
34	☐	☐	☐	☐	44	☐	☐	☐	☐
35	☐	☐	☐	☐	45	☐	☐	☐	☐
36	☐	☐	☐	☐	46	☐	☐	☐	☐
37	☐	☐	☐	☐	47	☐	☐	☐	☐
38	☐	☐	☐	☐	48	☐	☐	☐	☐
39	☐	☐	☐	☐	49	☐	☐	☐	☐
40	☐	☐	☐	☐	50	☐	☐	☐	☐

LIVRETO - DAT-5-SR

Não abra este LIVRETO até que
seja solicitado.

Escreva todas as suas respostas na
folha de respostas.

Aguarde novas instruções.

NÃO ESCREVER NESTE LIVRETO



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO

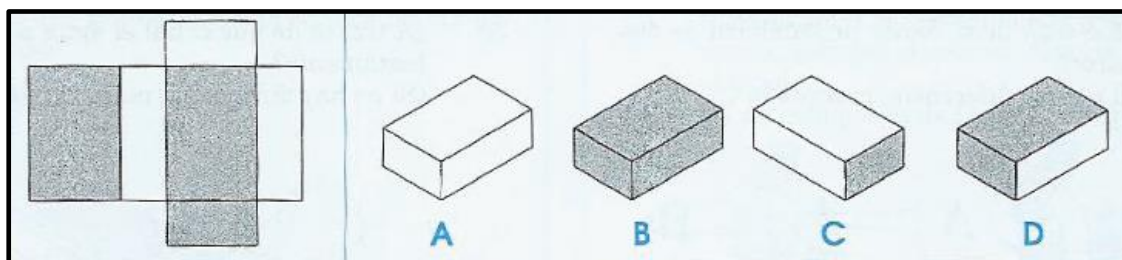
VISUALIZAÇÃO ESPACIAL

INSTRUÇÕES

Este teste consiste em 50 exercícios:

- Em cada um deles é apresentado um modelo ou padrão no qual algumas áreas são sombreadas e em outras aparecem pequenos desenhos.
- À direita de cada modelo estão quatro figuras tridimensionais. Sua tarefa é descobrir qual dessas figuras é a única que pode ser formada a partir do modelo. As figuras sempre apresentam a parte externa do modelo.
- Depois de ter escolhido sua resposta, você deve marcar, na FOLHA DE RESPOSTAS, o espaço correspondente à resposta escolhida.

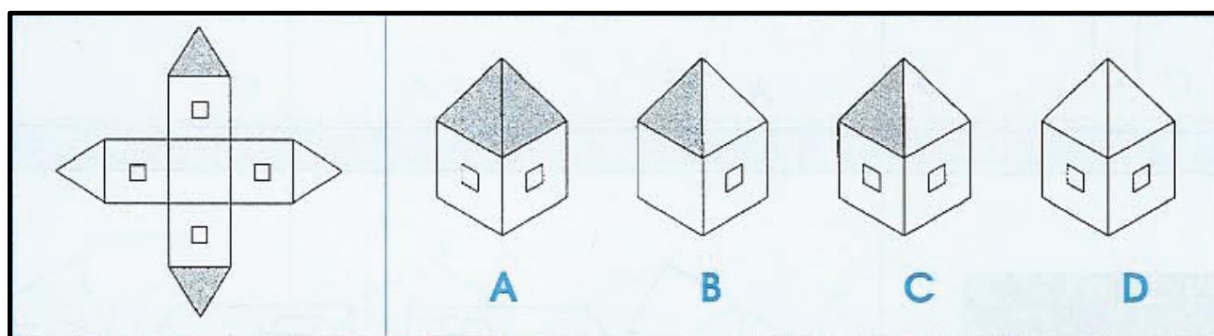
Veja o EXEMPLO 1:



No EXEMPLO 1 o modelo formará uma caixa retangular com as duas faces maiores e uma das faces menores sombreadas. Observe as respostas A, B, C e D.

As respostas A e C estão incorretas porque a face superior não está sombreada. A resposta B também não está correta porque um dos lados longos está sombreado. A **resposta correta é D** porque a face superior e um dos lados curtos estão sombreados. A face inferior está oculta. Por esta razão, na Folha de Respostas, a caixa sob a letra D na linha correspondente ao EXEMPLO 1 foi marcada.

Agora veja o EXEMPLO 2:



No EXEMPLO 2, um objeto semelhante a uma casa pode ser construído a partir do modelo. A parte central do modelo será o fundo da figura e quando o modelo for dobrado, o telhado terá dois lados sombreados opostos. Observe que há uma pequena janela em cada um dos quatro lados da casa. Analise as figuras correspondentes às respostas A, B, C e D. Apenas uma delas pode ser construída a partir do modelo.

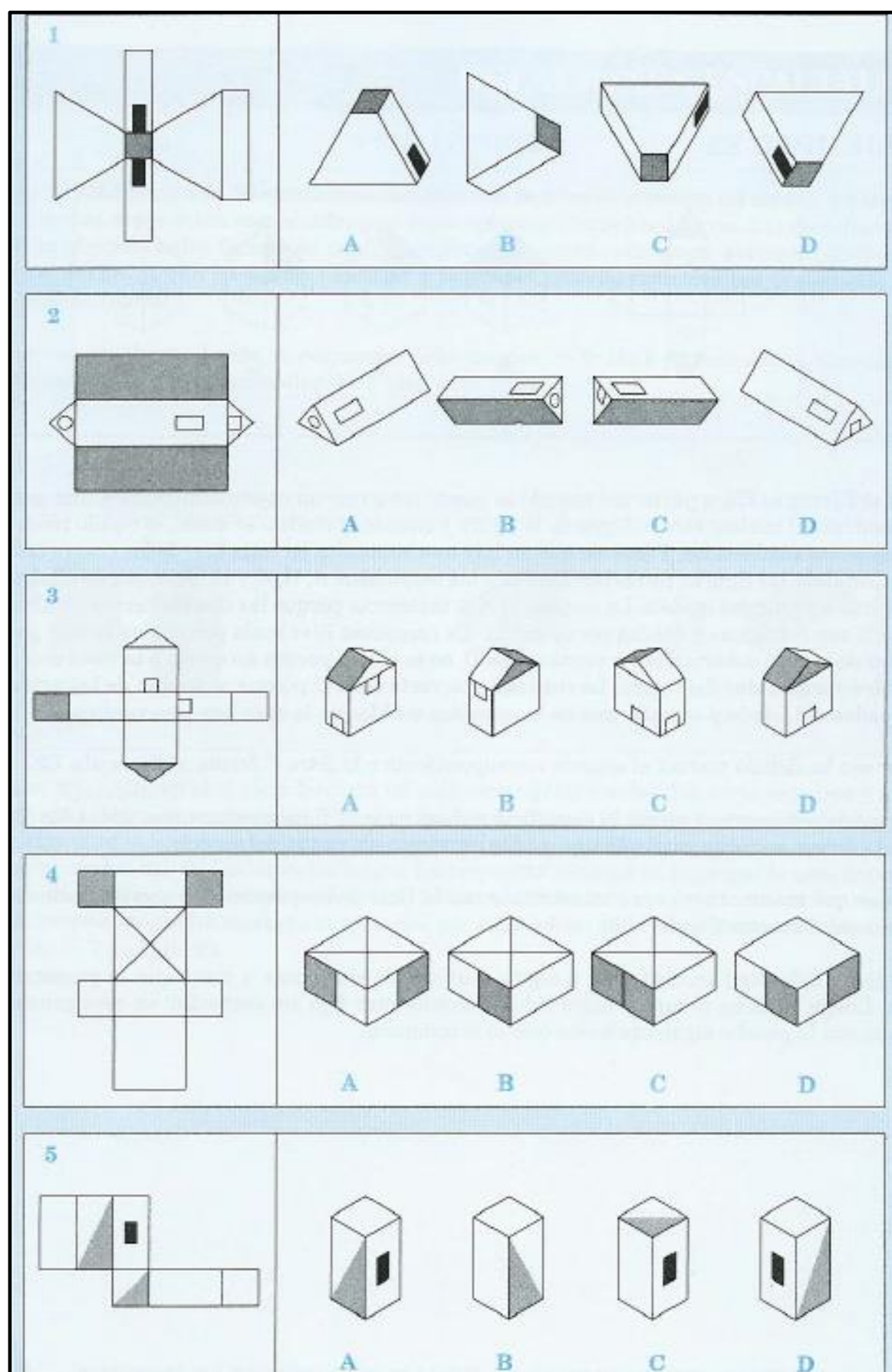
A resposta A está incorreta porque as duas encostas sombreadas do telhado estão próximas uma da outra e devem estar opostas. A resposta B é ruim porque as quatro paredes. lados da casa devem ter uma janela. D é inválido porque uma das encostas sombreadas do telhado não está visível. A resposta correta é C porque uma das encostas sombreadas do telhado pode ser vista e há uma janela em cada uma das paredes visíveis da casa. É por isso que você teve que marcar o espaço correspondente à letra C no EXEMPLO 2.

O modelo sempre mostra a superfície externa da figura construída. Todas as figuras têm a forma correta, mas apenas uma pode ser construída a partir do modelo.

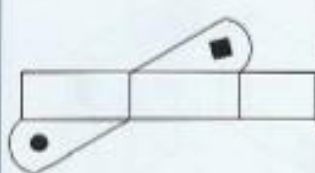
Você deve marcar todas as suas respostas na FOLHA DE RESPOSTAS. Não é permitido rasurar/escrever neste Livreto.

Se tiver dificuldade em responder um exercício, deixe-o e passe para outros que lhe pareçam mais fáceis. Então, se você tiver tempo, volte para os exercícios que você deixou sem resposta neste teste. Não prossiga para o próximo teste até que seja instruído a fazê-lo.

Aguarde.  Não vire a folha até ser
instruído.



6



A



B

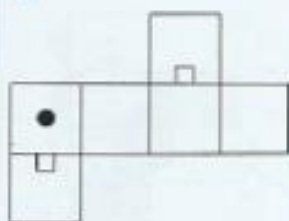


C



D

7



A



B

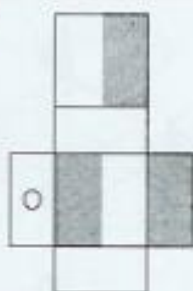


C



D

8



A



B



C



D

9



A



B

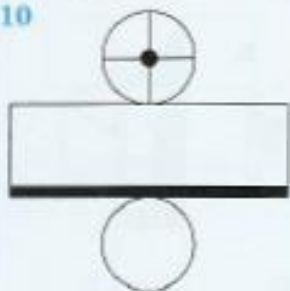


C



D

10



A



B

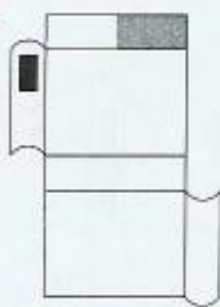


C



D

11



A



B

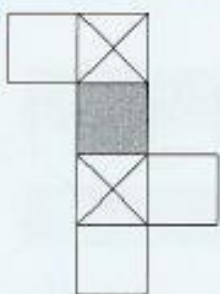


C



D

12



A



B

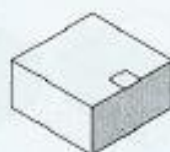
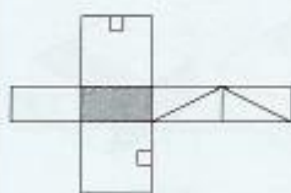


C



D

13



A



B



C



D

14



A



B

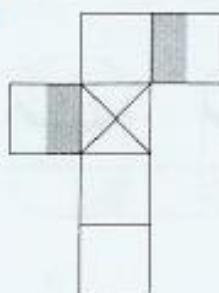


C



D

15



A



B

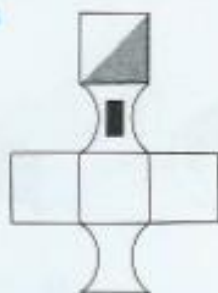


C



D

16



A



B



C



D

17



A



B



C



D

18



A



B

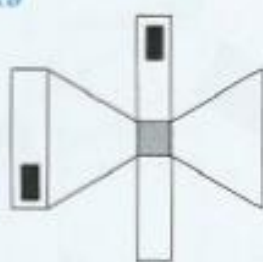


C



D

19



A



B



C



D

20



A



B

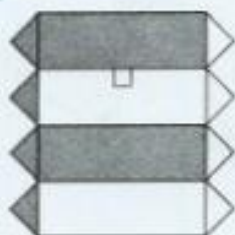


C



D

21



A



B

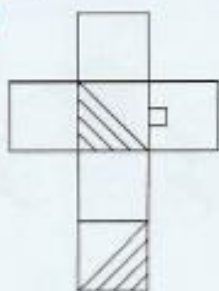


C



D

22



A



B

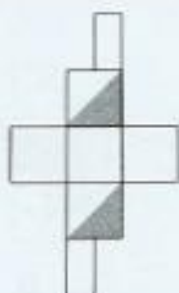


C



D

23



A



B

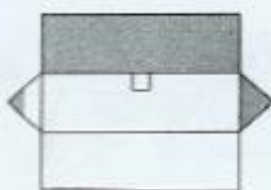


C

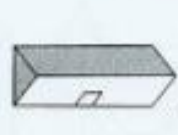


D

24



A



B

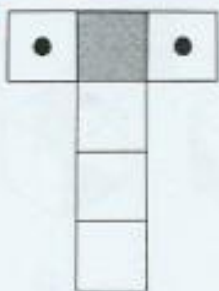


C



D

25



A



B

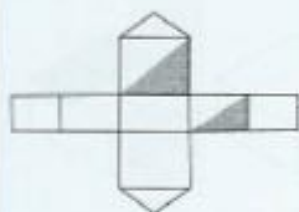


C



D

26



A



B

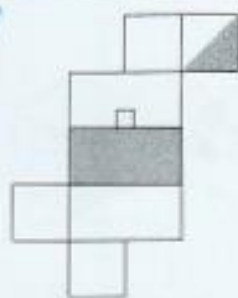


C



D

27



A



B

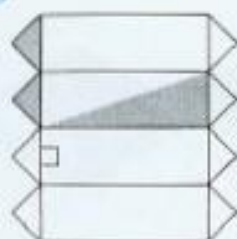


C

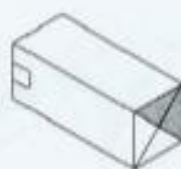


D

28



A



B

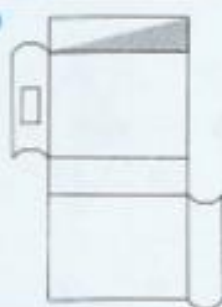


C



D

29



A



B

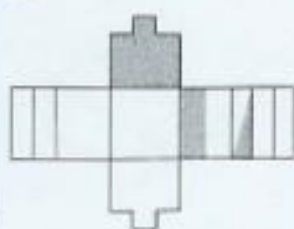


C



D

30



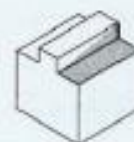
A



B

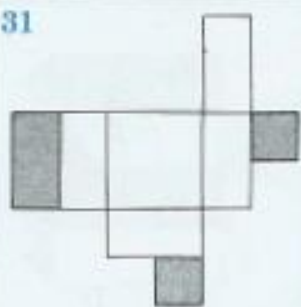


C



D

31



A



B

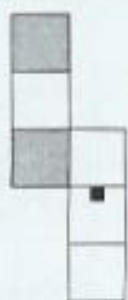


C



D

32



A



B



C



D

33



A



B



C



D

34



A



B

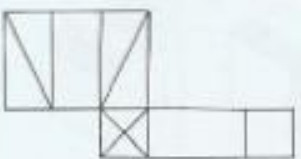


C



D

35



A



B

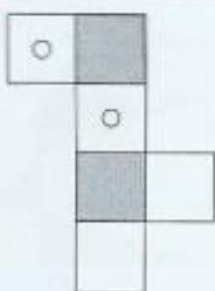


C



D

36



A



B

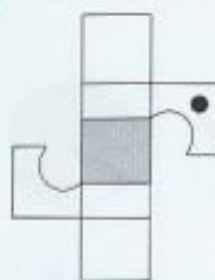


C



D

37



A



B



C



D

38



A



B



C



D

39



A



B

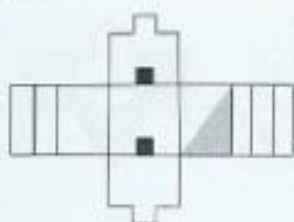


C



D

40



A



B



C



D

41



A



B

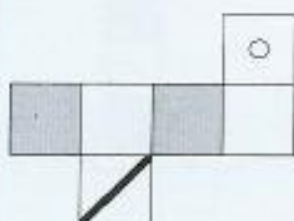


C

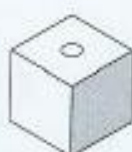


D

42



A



B

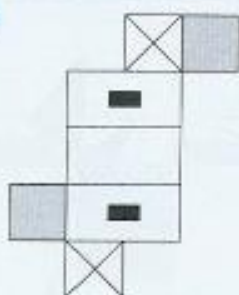


C



D

43



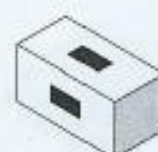
A



B

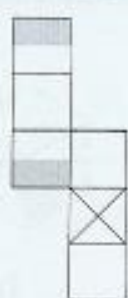


C



D

44



A



B



C



D

45



A



B



C



D

46



A



B

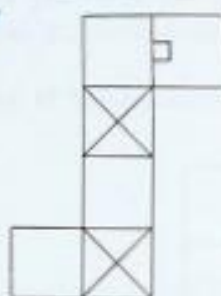


C



D

47



A



B



C



D

48



A



B



C



D

49



A



B



C



D

50



A



B



C



D

ANEXO D – MENTAL ROTATION TEST (MRT) DE VANDENBERG (1978)

TESTE DE ROTAÇÃO MENTAL

INSTRUÇÕES A SEREM PASSADAS PELO AVALIADOR

Este teste mede a capacidade de realizar rotações mentais em espaço 3D.

É composto por 20 exercícios, cada um composto por cinco figuras. O primeiro é o que tomamos como referência e o objetivo é localizar dentro dos outros quatro, que correspondem à figura de referência depois de ter girado em torno de um ou dois de seus eixos.

Tempo:

O prazo limite é de 6 minutos.

É dividido em dois períodos de 3 minutos. Ou seja, o indivíduo começa, faz as duas primeiras páginas e não continua com o exercício até que os três minutos acabem.

Pontuação:

2 PONTOS	Para cada linha de figuras corretamente resolvidas. (Há sempre 2 respostas corretas por linha).
1 PONTO	Se apenas uma das rotações por linha estiver correta, e nenhuma outra figura estiver marcada erroneamente.
0 PONTOS	Se alguma das marcações estiver incorreta.

As respostas corretas são as seguintes:

Linha	Solução	Linha	Solução
1	1-3	11	2-4
2	1-4	12	2-4
3	2-4	13	2-4
4	2-3	14	1-4
5	1-3	15	2-4
6	1-4	16	2-3
7	2-4	17	1-3
8	2-3	18	1-4
9	2-4	19	2-4
10	1-4	20	2-3

TESTE DE ROTAÇÃO MENTAL

Empresa: _____

ID de Participante: ()

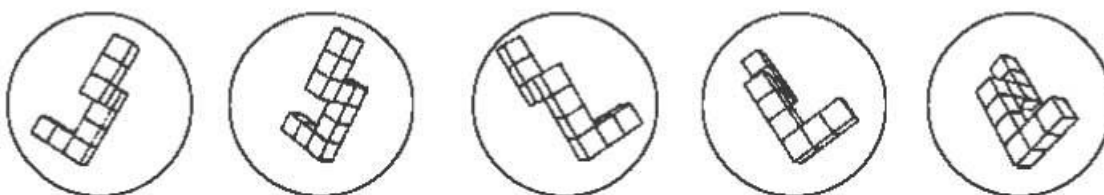
Nome e Sobrenome: _____

Data: ____/____/____

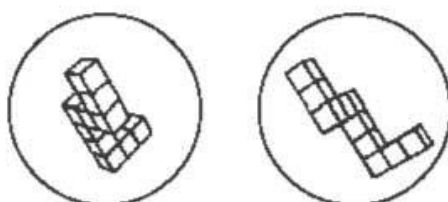
Local: _____

Este teste destina-se a medir a capacidade de reconhecer um determinado objeto em uma amostra de objetos diferentes. A única diferença entre o objeto original e o objeto a ser localizado é uma mudança no ângulo de visão.

Na imagem abaixo temos um exemplo da mesma figura vista de cinco posições diferentes.



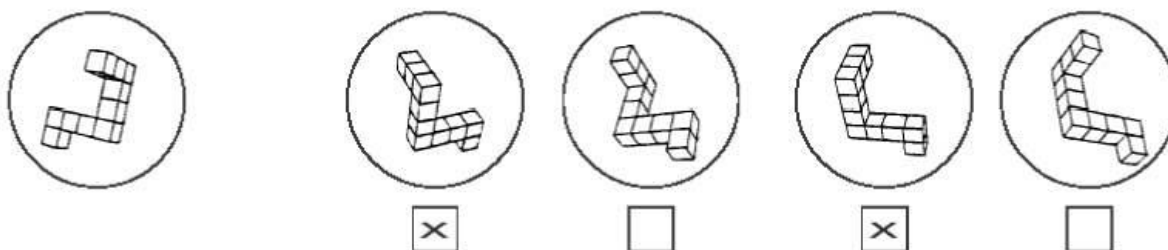
No exemplo a seguir podemos ver duas figuras que representam um objeto diferente do anterior. Ou seja, mesmo que o girássemos, não poderíamos vê-lo como os anteriores.



Agora você pode realizar alguns exercícios como exemplo. Para cada problema há uma figura de referência à esquerda e quatro figuras alinhadas à direita. O problema consiste em localizar entre essas quatro imagens, duas que correspondam à figura da esquerda.

- **Em todos os problemas, existem duas soluções corretas** (2 pontos).
- **Você tem que marcar com um X**, as caixas correspondentes (como no exemplo).
- **Caso as duas soluções não sejam localizadas**, apenas uma delas pode ser marcada e o exercício pontua metade (1 ponto).
- Se qualquer marcação estiver errada, o exercício estará completamente errado (0 pontos).

Veja o EXEMPLO 1:

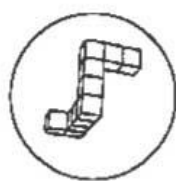
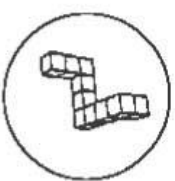
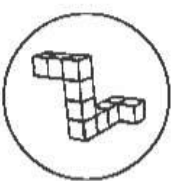
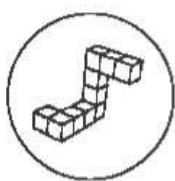
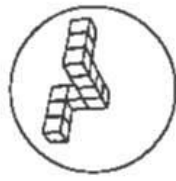
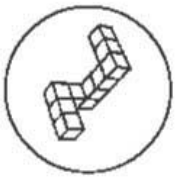
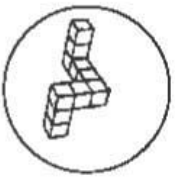
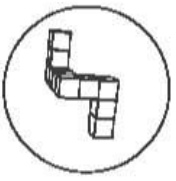
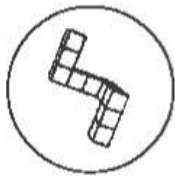
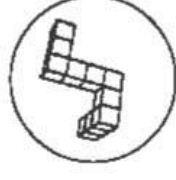
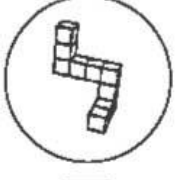
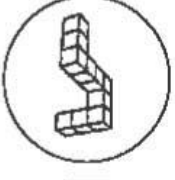
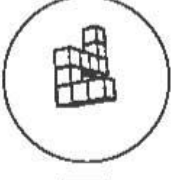
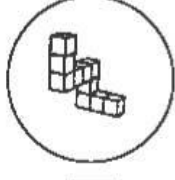


Resumo da Pontuação:

2 PONTOS	Para cada linha de figuras corretamente resolvidas. (Há sempre 2 respostas corretas por linha).
1 PONTO	Se apenas uma das rotações por linha estiver correta, e nenhuma outra figura estiver marcada erroneamente.
0 PONTOS	Se qualquer marcação estiver incorreta.

Complete os seguintes exercícios sozinho. Quais os dois gráficos, entre os quatro da direita, representam a mesma estrutura que a figura da esquerda? Há sempre apenas duas respostas corretas para cada linha de problema. Escreva um X sob as imagens corretas.

Os três exemplos possuem suas respectivas respostas logo abaixo na página, para verificação imediata:

				
	☐	☐	☐	☐
				
	☐	☐	☐	☐
				
	☐	☐	☐	☐

Respostas corretas dos exemplos anteriores:

Linha	Solução
1	1-2
2	1-3
3	2-3

INSTRUÇÕES:

Este teste é composto de duas partes com 10 figuras cada. Você terá **3 minutos** para cada parte. Se você terminar a primeira parte mais cedo, pare e espere um aviso para continuar.

Lembre-se de que existem duas e apenas duas respostas corretas em cada exercício. A pontuação para cada exercício será zero se alguma das respostas estiver incorreta, mas será metade se você marcar apenas uma e estiver correta.

Resumo da Pontuação:

2 PONTOS	Para cada linha de figuras corretamente resolvidas. (Há sempre 2 respostas corretas por linha).
1 PONTO	Se apenas uma das rotações por linha estiver correta, e nenhuma outra figura estiver marcada erroneamente.
0 PONTOS	Se qualquer marcação estiver incorreta.

Aguarde.  Não vire a folha até ser instruído.

ETAPA 1

(3

MIN

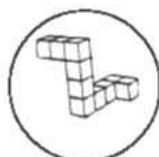
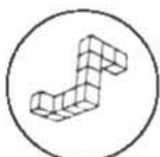
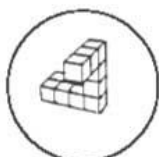
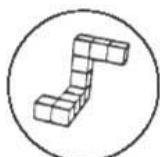
PARA

REALIZAÇÃO

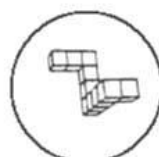
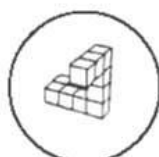
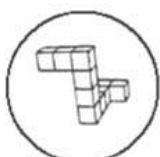
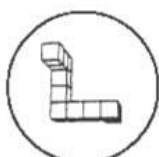
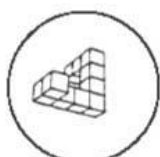
DESTA

ETAPA)

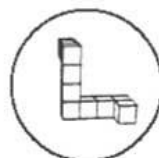
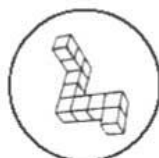
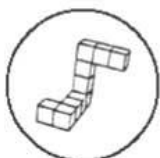
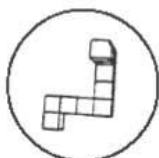
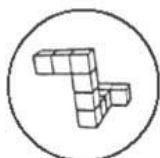
1



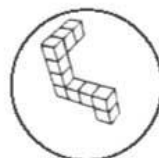
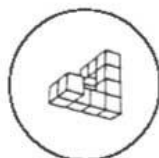
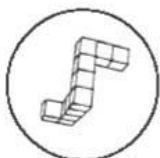
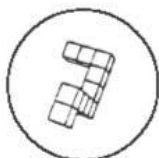
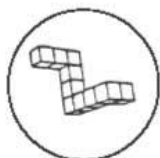
2



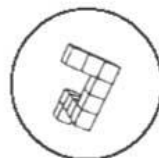
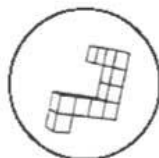
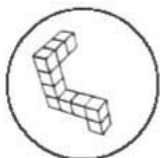
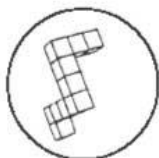
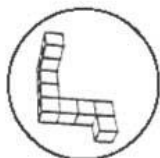
3



4

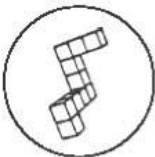
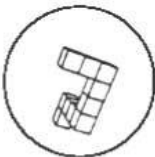
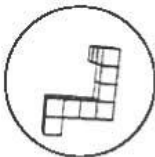
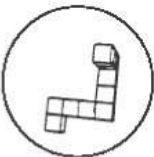
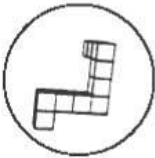
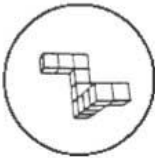
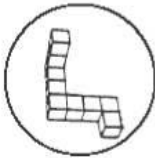
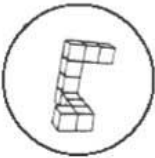
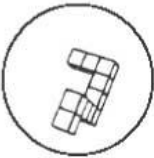
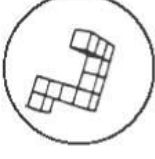
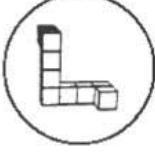
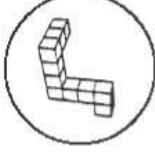
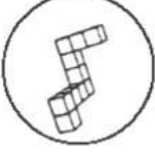
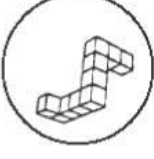
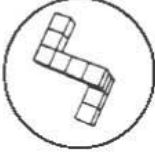
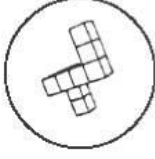
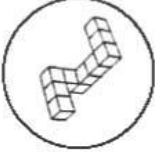
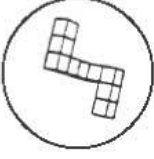
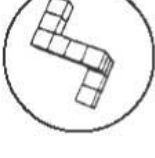
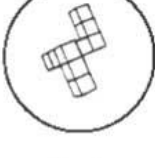
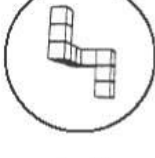
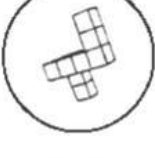
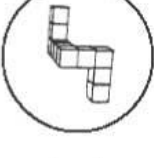


5



ETAPA 1

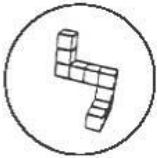
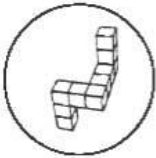
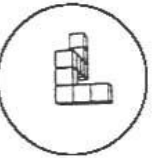
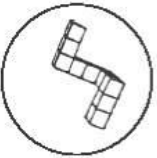
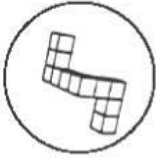
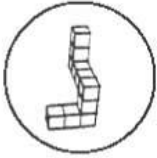
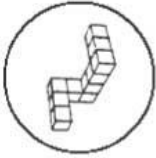
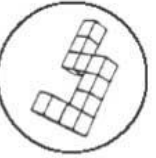
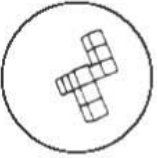
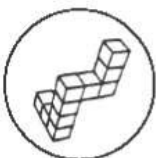
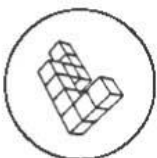
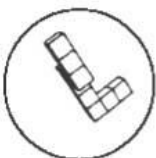
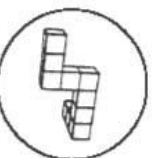
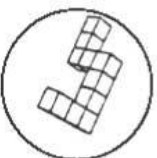
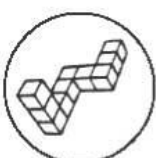
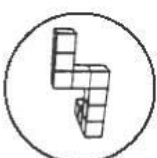
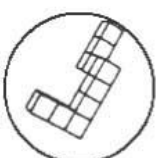
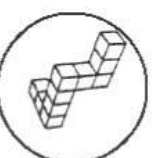
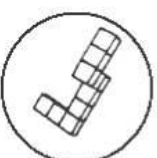
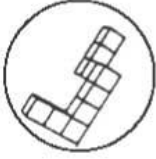
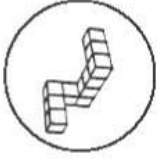
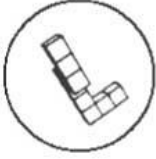
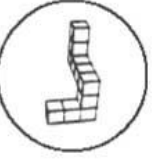
(3 MIN PARA REALIZAÇÃO DESTA ETAPA)

6		 ☐	 ☐	 ☐	 ☐
7		 ☐	 ☐	 ☐	 ☐
8		 ☐	 ☐	 ☐	 ☐
9		 ☐	 ☐	 ☐	 ☐
10		 ☐	 ☐	 ☐	 ☐

Aguarde.  Não vire a folha até ser instruído. Você terá mais 3 min. Para a próxima etapa.

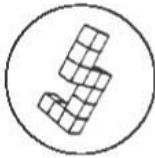
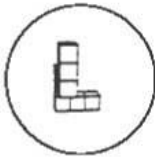
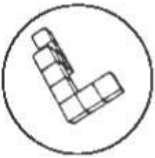
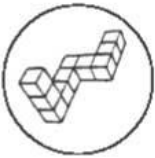
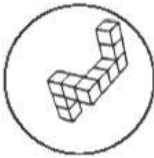
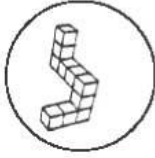
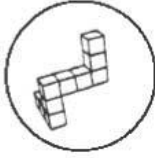
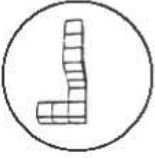
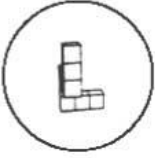
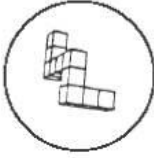
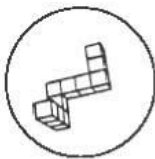
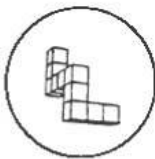
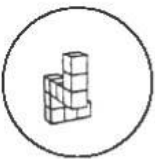
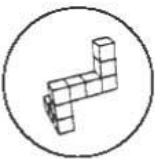
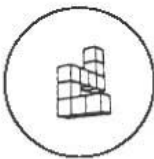
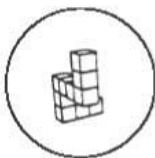
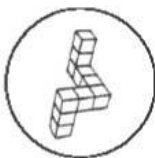
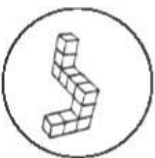
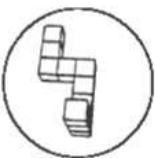
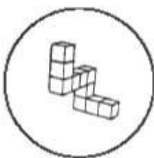
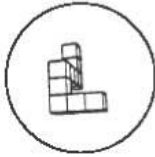
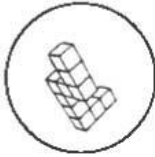
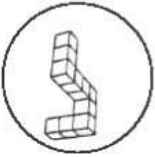
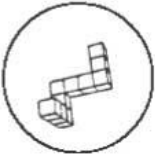
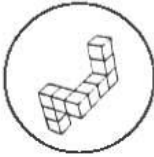
ETAPA 2

(3 MIN PARA REALIZAÇÃO DESTA ETAPA)

11		 ☐	 ☐	 ☐	 ☐
12		 ☐	 ☐	 ☐	 ☐
13		 ☐	 ☐	 ☐	 ☐
14		 ☐	 ☐	 ☐	 ☐
15		 ☐	 ☐	 ☐	 ☐

ETAPA 2

(3 MIN PARA REALIZAÇÃO DESTA ETAPA)

16		 ☐	 ☐	 ☐	 ☐
17		 ☐	 ☐	 ☐	 ☐
18		 ☐	 ☐	 ☐	 ☐
19		 ☐	 ☐	 ☐	 ☐
20		 ☐	 ☐	 ☐	 ☐

ANEXO E – PERSPECTIVE TAKING/SPATIAL ORIENTATION TEST (PT/SOT)**TESTE DE ORIENTAÇÃO ESPACIAL****INSTRUÇÕES A SEREM PASSADAS PELO AVALIADOR**

Este é um teste de sua capacidade de imaginar diferentes perspectivas ou orientações no espaço.

- Em cada uma das páginas seguintes, você verá uma imagem de um conjunto de objetos e um "círculo de seta" com uma pergunta sobre a direção entre alguns dos objetos.
- Em cada página há uma pergunta, você deve imaginar que está parado em um objeto na matriz (indicado no centro do círculo), de frente para outro objeto (indicado no topo do círculo). Sua tarefa é desenhar uma seta a partir do objeto central mostrando a direção para um terceiro objeto a partir dessa orientação dada.

Veja na próxima página, o exemplo.

Neste item, você é solicitado a imaginar que está em pé na flor, que é nomeada no centro do círculo, e de frente para a árvore que tem o nome no topo do círculo. Sua tarefa é desenhar uma seta apontando para o gato. Nesta amostra, esta seta (tracejada) foi desenhada para você. Nos itens do teste, sua tarefa é desenhar esta seta. Você consegue ver que se você estivesse na flor de frente para a árvore, o gato estaria nessa direção? Por favor, pergunte ao experimentador agora se você tiver alguma dúvida sobre o que você deve fazer.

Este teste é composto por **12 itens**, sendo um por página. Para cada item, a matriz de objetos é mostrada na parte superior da página e o círculo de seta é mostrado na parte inferior.

Por favor, não pegue ou vire o caderno de teste e não faça nenhuma marca nos mapas. Tente marcar as direções corretas, mas não gaste muito tempo em nenhuma pergunta.

Você terá 5 minutos para este teste.

TESTE DE ORIENTAÇÃO ESPACIAL

Empresa: _____

ID de Participante: ()

Nome e Sobrenome: _____

Data: ____/____/____

Local: _____

INSTRUÇÕES:

Este é um teste de sua capacidade de imaginar diferentes perspectivas ou orientações no espaço.

- Em cada uma das páginas seguintes, você verá uma imagem de um conjunto de objetos e um "círculo de seta" com uma pergunta sobre a direção entre alguns dos objetos.
- Em cada página há uma pergunta, você deve imaginar que está parado em um objeto na matriz (indicado no centro do círculo), de frente para outro objeto (indicado no topo do círculo). Sua tarefa é desenhar uma seta a partir do objeto central mostrando a direção para um terceiro objeto a partir dessa orientação dada.

Veja na próxima página, o exemplo.

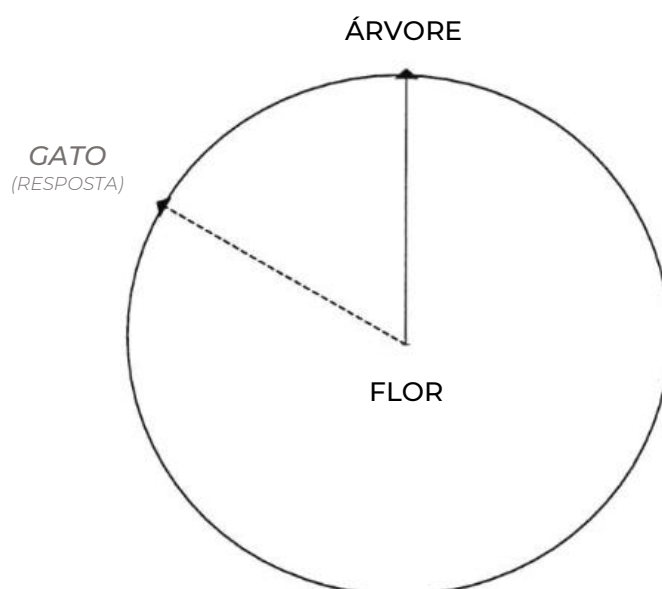
Neste item, você é solicitado a imaginar que está em pé na flor, que é nomeada no centro do círculo, e de frente para a árvore que tem o nome no topo do círculo. Sua tarefa é desenhar uma seta apontando para o gato. Nesta amostra, esta seta (tracejada) foi desenhada para você. Nos itens do teste, sua tarefa é desenhar esta seta. Você consegue ver que se você estivesse na flor de frente para a árvore, o gato estaria nessa direção? Por favor, pergunte ao experimentador agora se você tiver alguma dúvida sobre o que você deve fazer.

EXEMPLO:

Imagine que você está na flor olhando para a árvore.



Aponte uma seta na direção do gato.



Este teste é composto por **12 itens**, sendo um por página. Para cada item, a matriz de objetos é mostrada na parte superior da página e o círculo de seta é mostrado na parte inferior.

Por favor, não pegue ou vire o caderno de teste e não faça nenhuma marca nos mapas. Tente marcar as direções corretas, mas não gaste muito tempo em nenhuma pergunta.

Você terá 5 minutos para este teste.

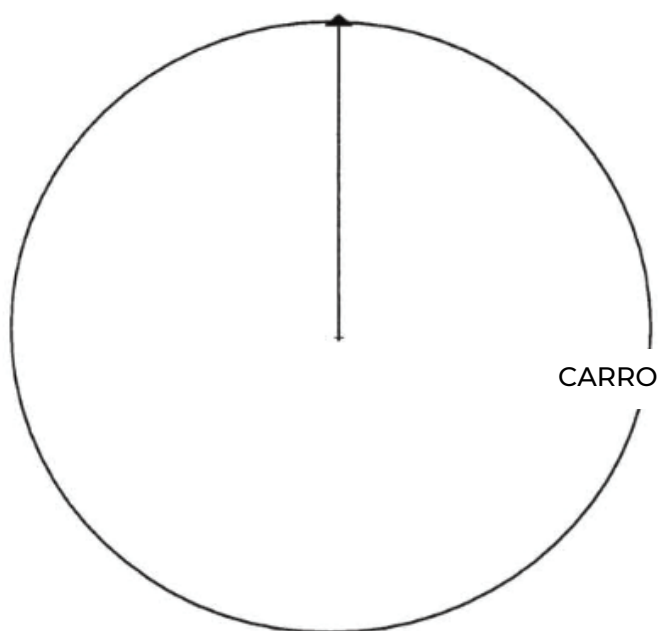
Aguarde. Não vire a folha até ser instruído.

1. Imagine que você está no **carro** olhando para o **semáforo**.

Aponte uma seta na direção da **placa STOP**.



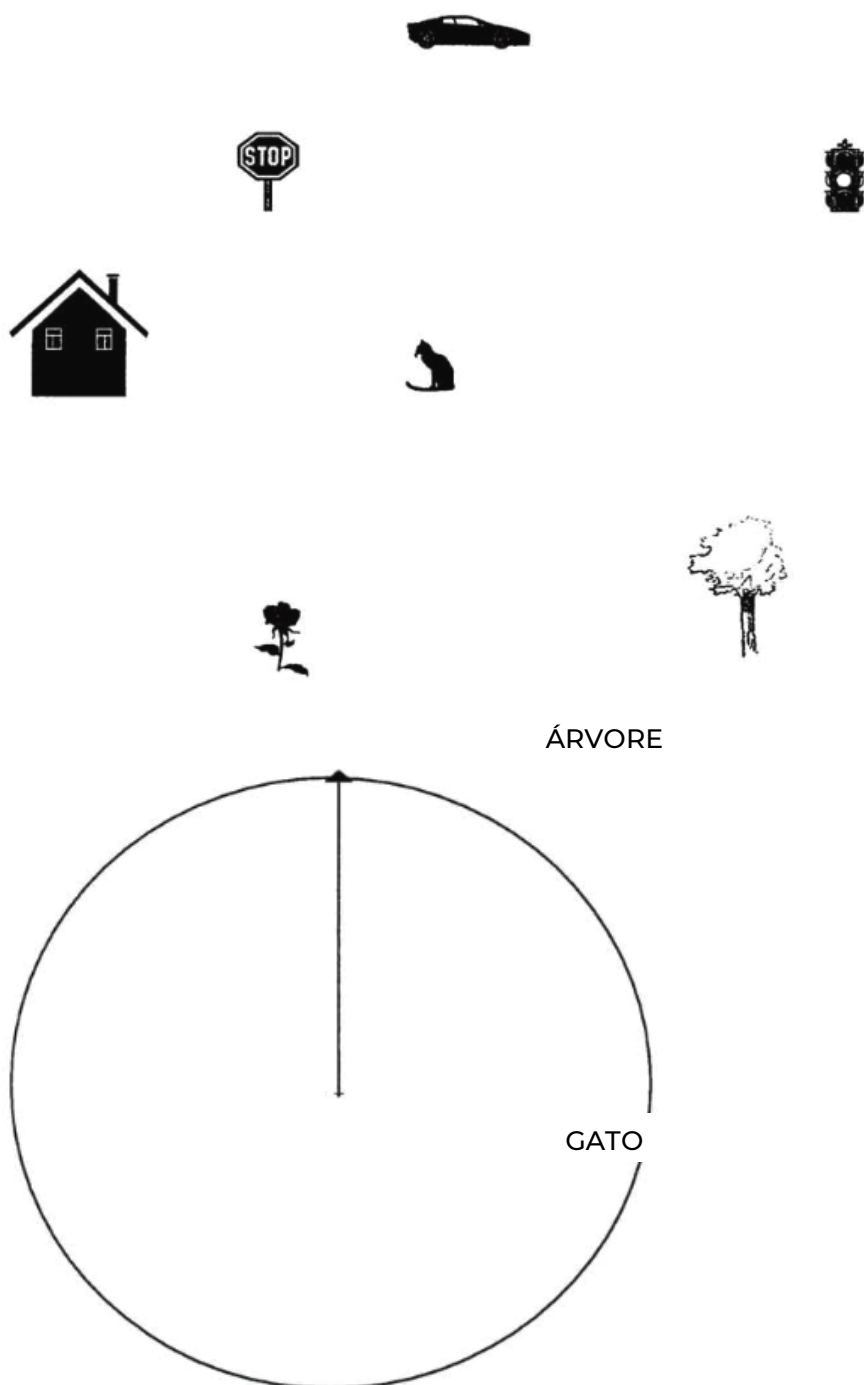
SEMÁFORO



CARRO

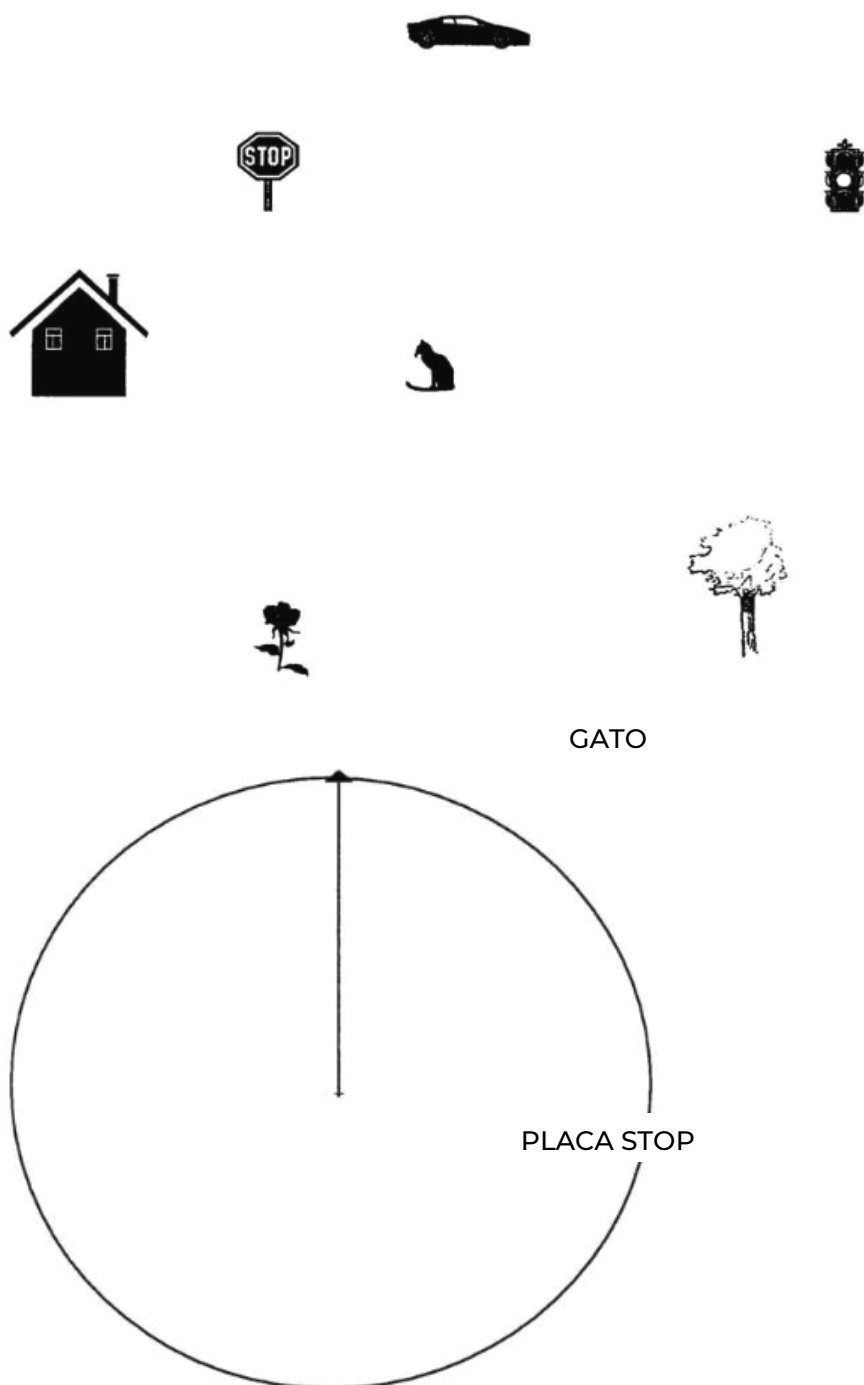
2. Imagine que você está no **GATO** olhando para a **ÁRVORE**.

Aponte uma seta na direção do **CARRO**.



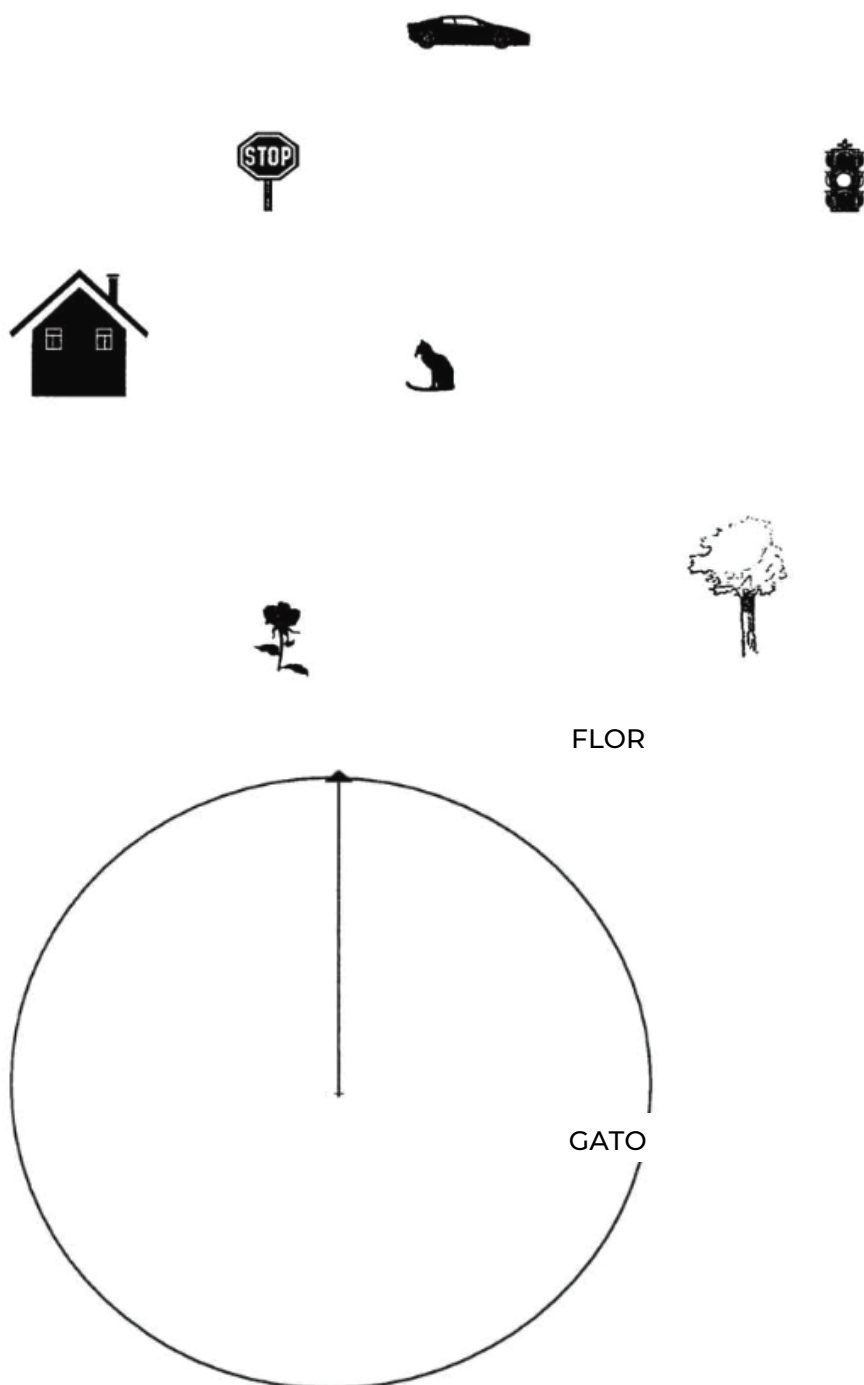
3. Imagine que você está na **PLACA STOP** olhando para o **GATO**.

Aponte uma seta na direção da **CASA**.



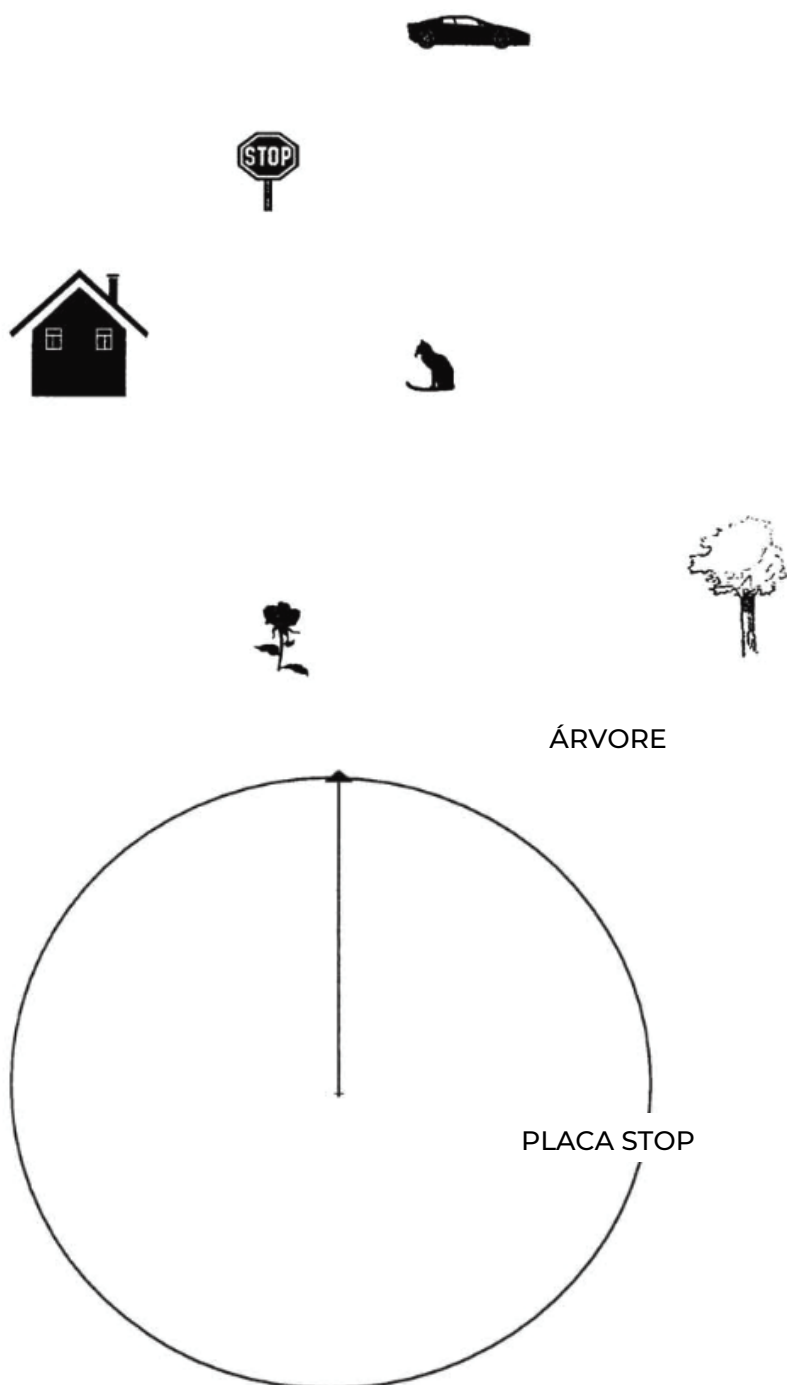
4. Imagine que você está no **GATO** olhando para a **FLOR**.

Aponte uma seta na direção do **CARRO**.



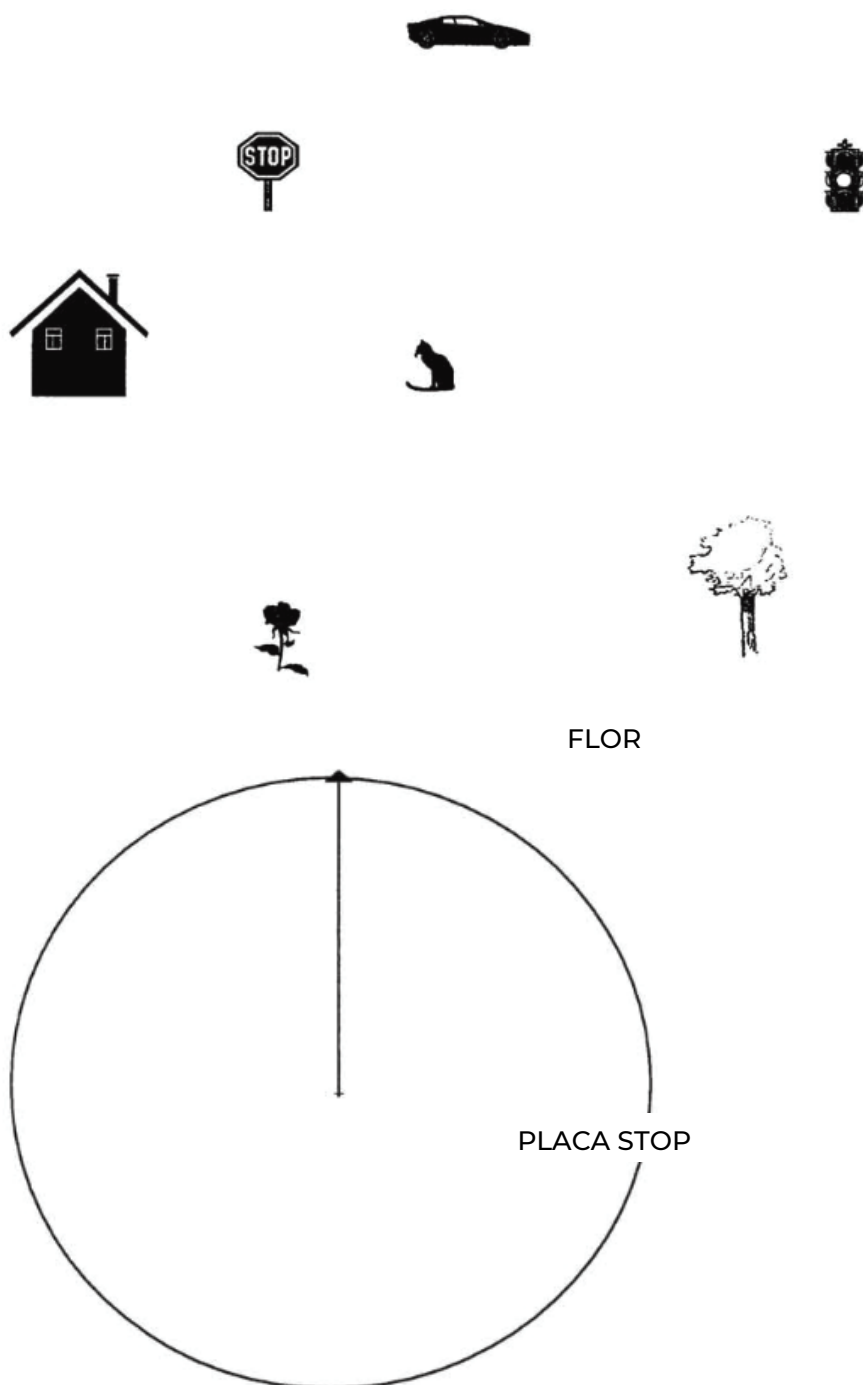
5. Imagine que você está na **PLACA STOP** olhando para a **ÁRVORE**.

Aponte uma seta na direção do **SEMÁFORO**.



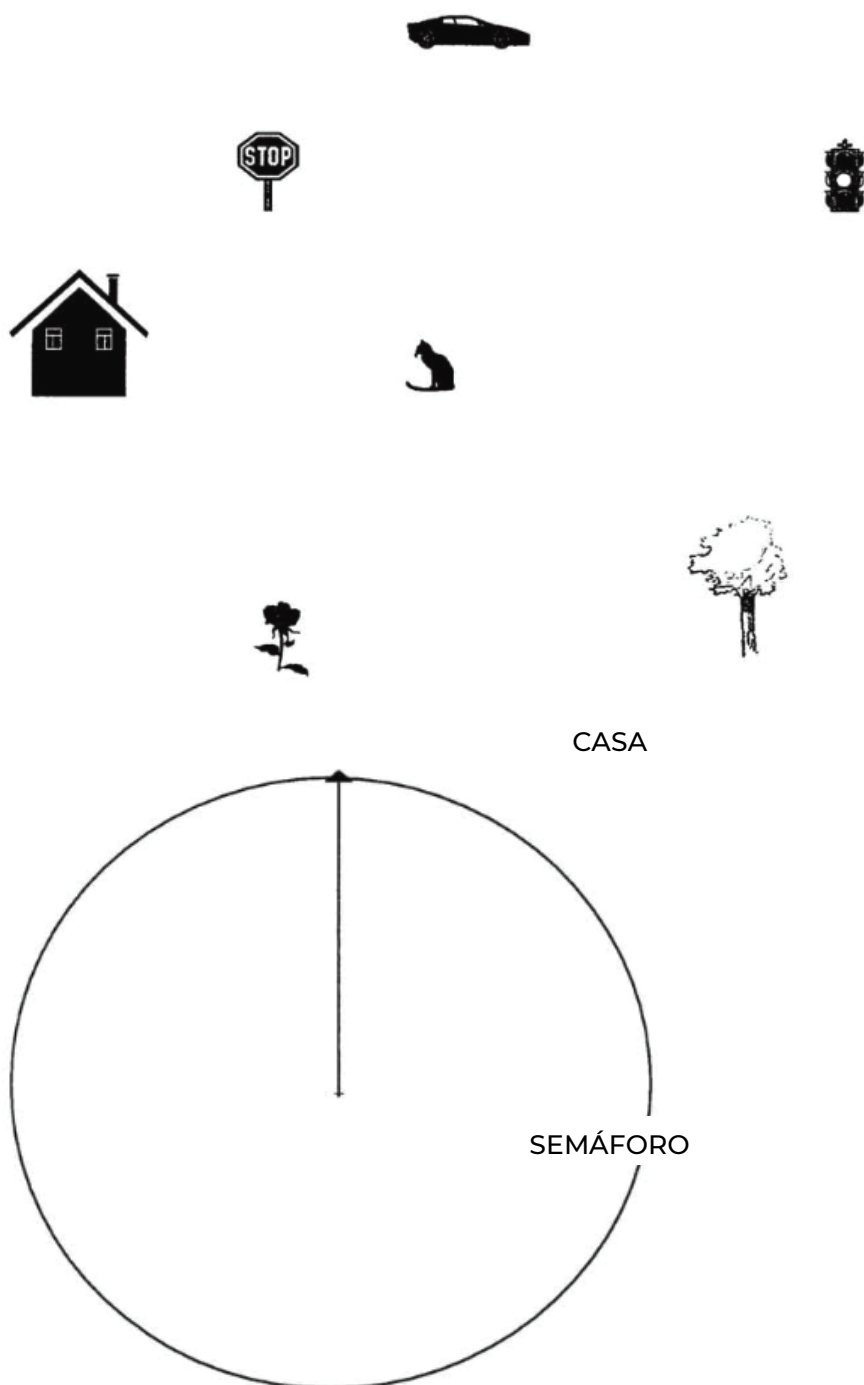
6. Imagine que você está na **PLACA STOP** olhando para a **FLOR**.

Aponte uma seta na direção do **CARRO**.



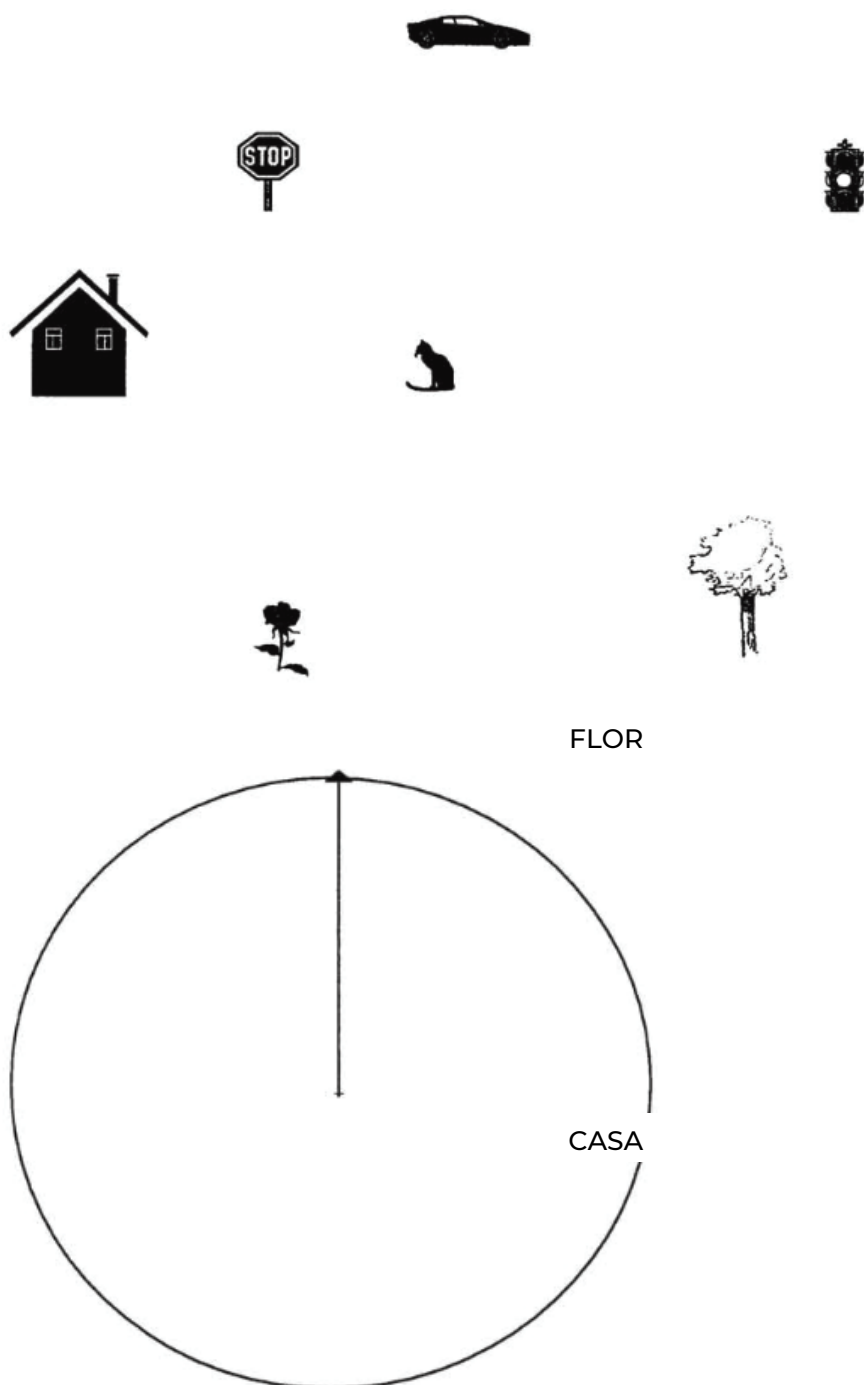
7. Imagine que você está na **SEMÁFORO** olhando para a **CASA**.

Aponte uma seta na direção do **FLOR**.



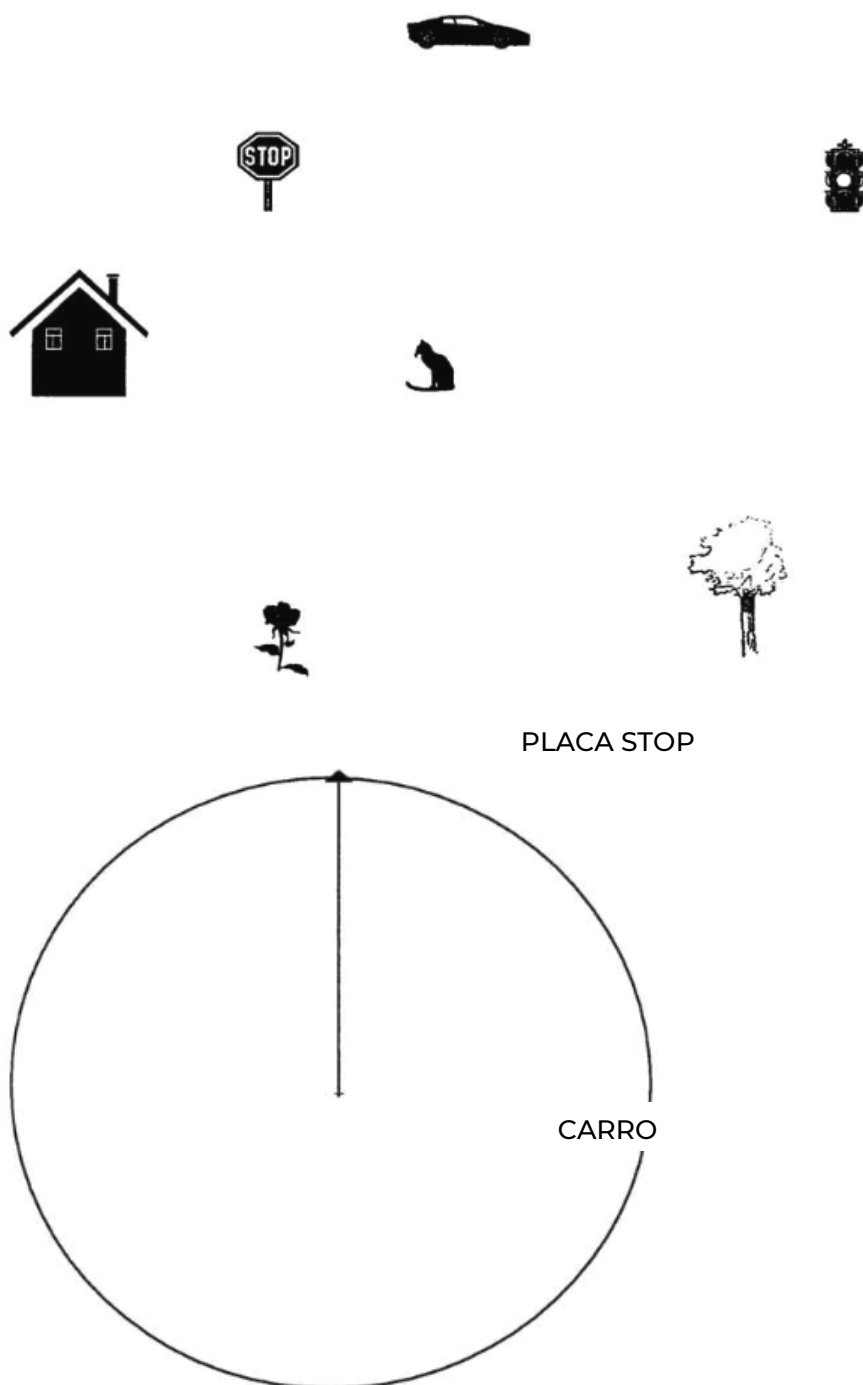
8. Imagine que você está na **CASA** olhando para a **FLOR**.

Aponte uma seta na direção da **PLACA STOP**.



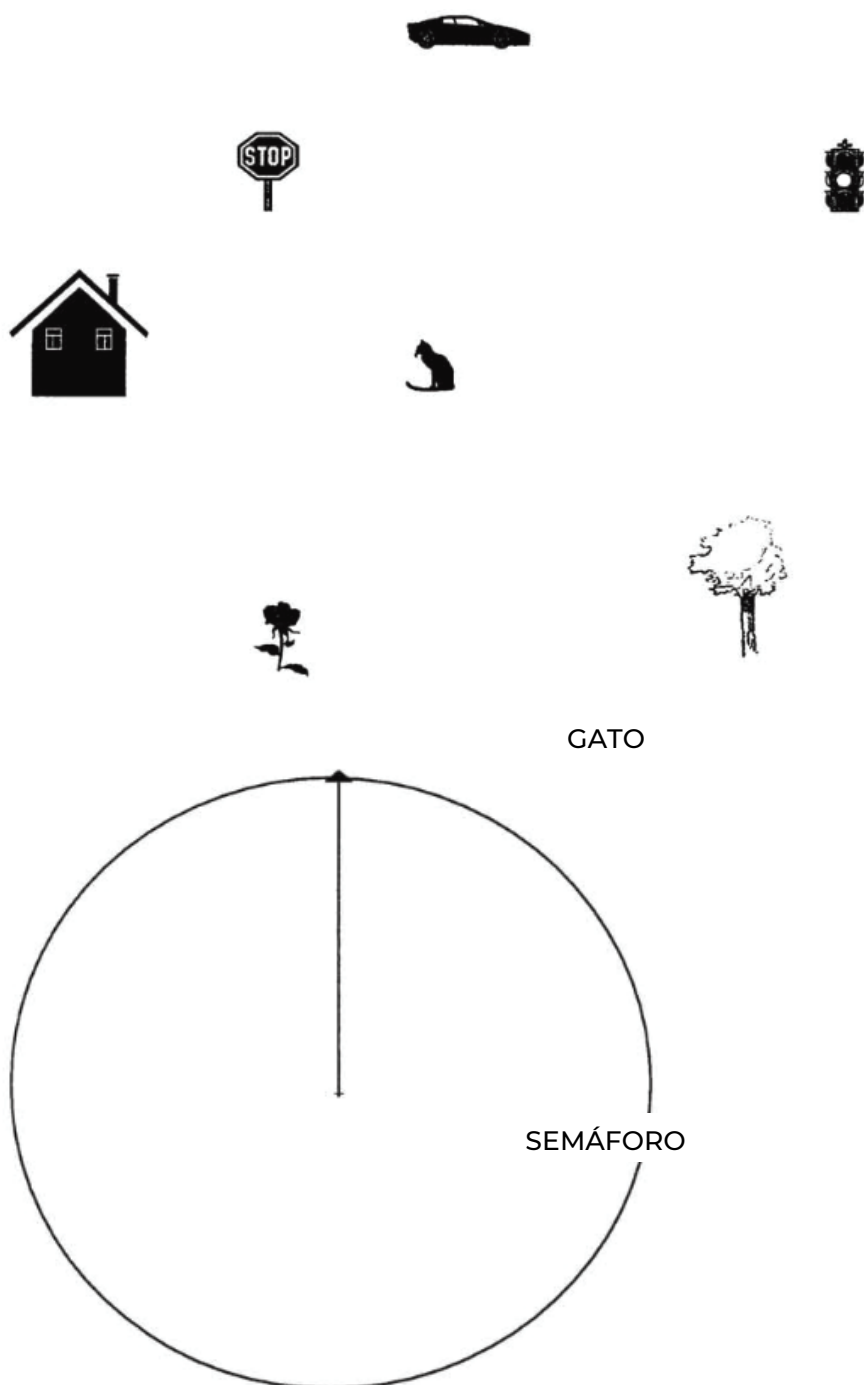
9. Imagine que você está na **CARRO** olhando para a **PLACA STOP**.

Aponte uma seta na direção da **ÁRVORE**.



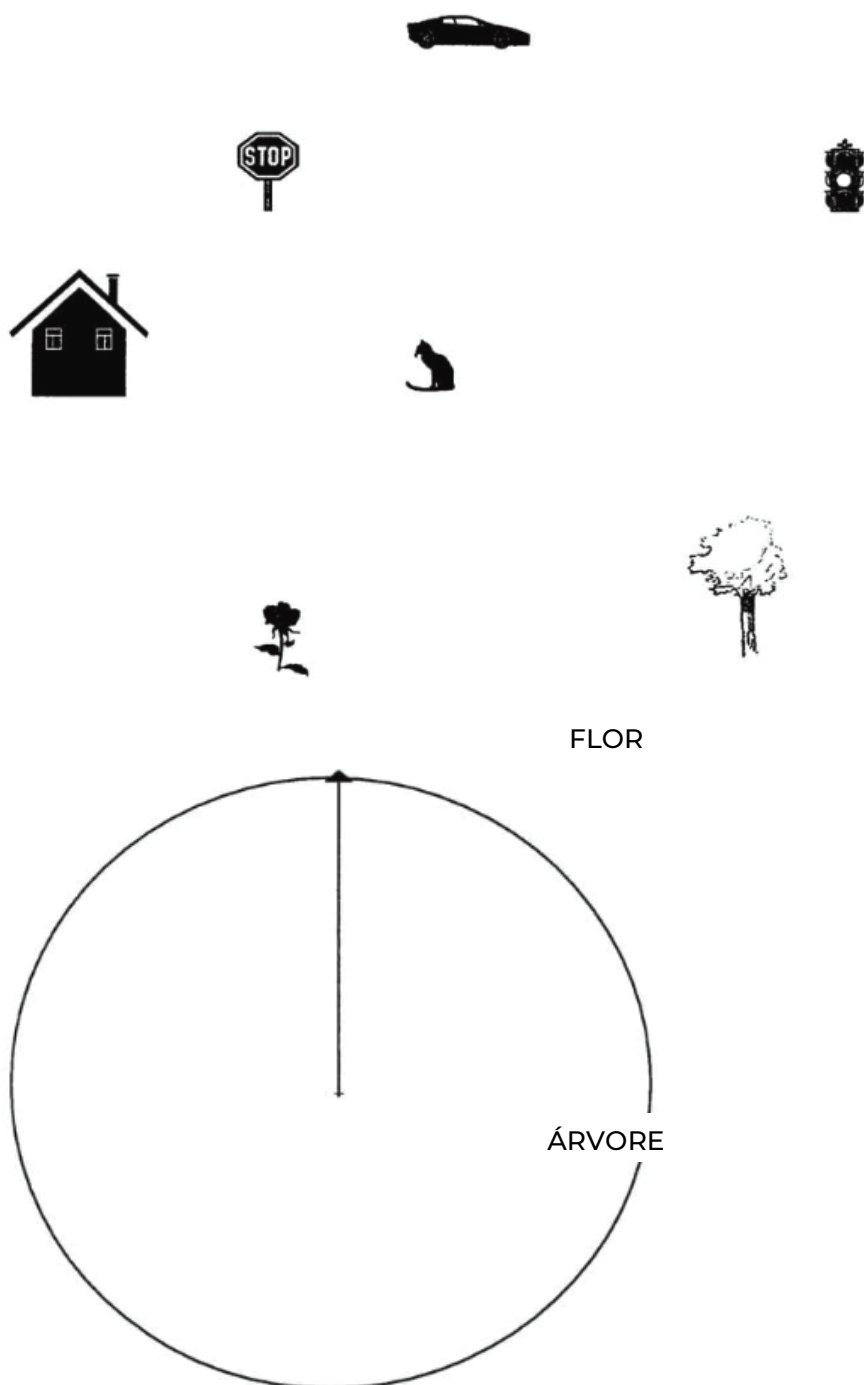
10. Imagine que você está na **SEMÁFORO** olhando para a **GATO**.

Aponte uma seta na direção da **CARRO**.



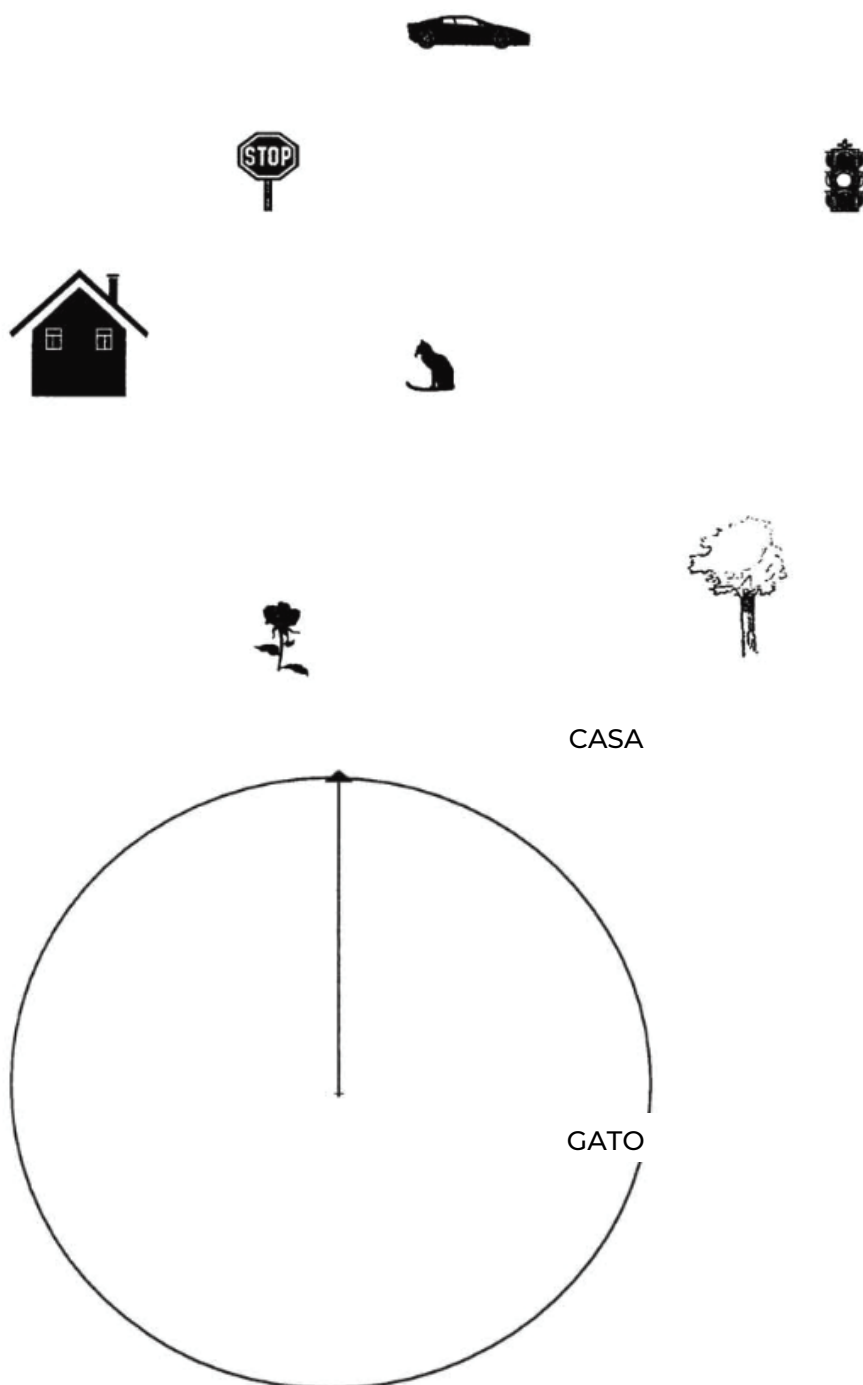
11. Imagine que você está na **ÁRVORE** olhando para a **FLOR**.

Aponte uma seta na direção da **CASA**.

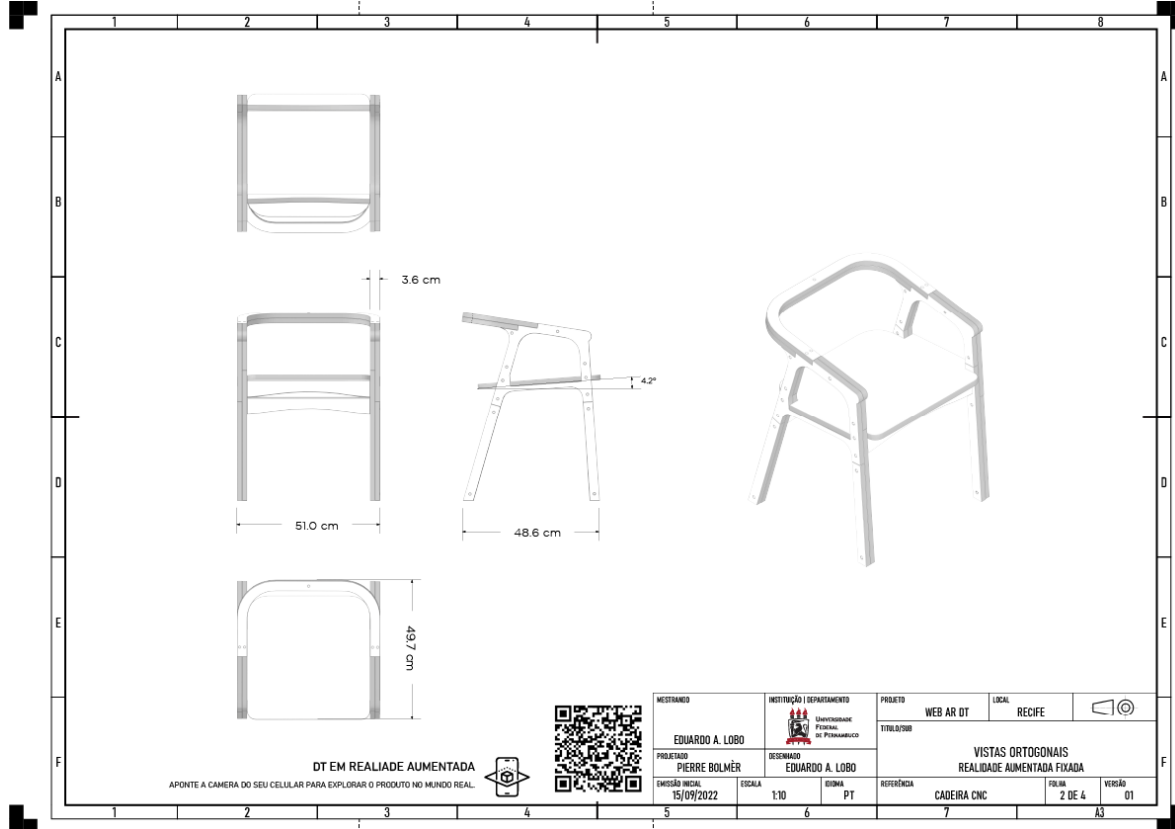
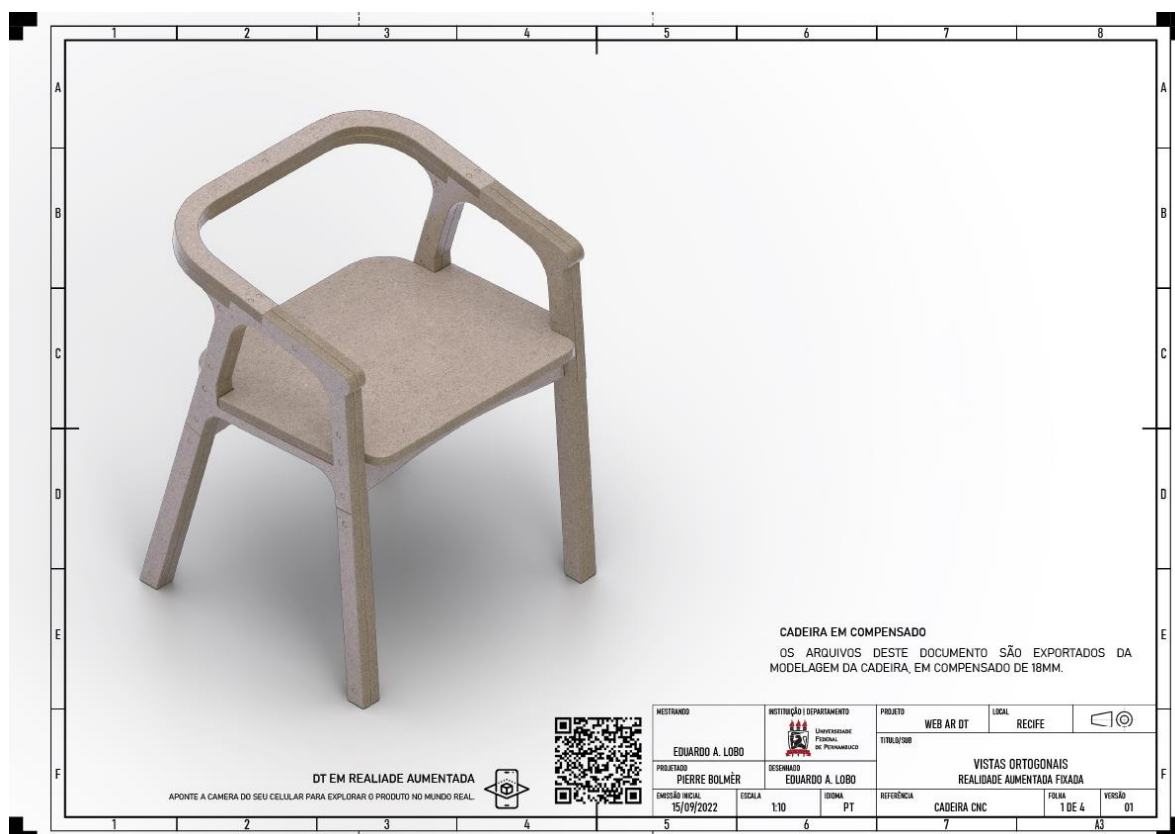


12. Imagine que você está no **GATO** olhando para a **CASA**.

Aponte uma seta na direção da **SEMÁFORO**.



ANEXO F – DT AUMENTADO - FICHAS (4)



1 2 3 4 5 6 7 8

A B C D E F

EXPLORAÇÃO TANGENCIAL

REF. ITEM	NOME DO ITEM	QTD.	Nº ITEM SISTEMA	DADOS TÉCNICOS
11	CAVILHAS	60	CAVILHA	0,8 cm
10	DESCANSO MAIOR	1	E2	51,2 x 27,15 cm
9	DESCANSO MENOR	1	E1	51,2 x 20,3 cm
8	ASSENTO	1	D	51,2 x 44 cm
6	SUORTE	2	C	44 x 6 cm
5	PERNA LONGA B	2	B2	49 x 46,6 cm
4	BRAÇO CURTO B	2	B1	34,4 x 19,7 cm
3	PERNA CURTA POSTERIOR A	2	A3	35,6 x 3,6 cm
2	PERNA CURTA ANTERIOR A	2	A2	36 x 3,6 cm
1	BRAÇO LONGO A	2	A1	34,4 x 19,7cm

DT EM REALIDADE AUMENTADA

APONTE A CÂMERA DO SEU CELULAR PARA EXPLORAR O PRODUTO NO MUNDO REAL.

INSTITUIÇÃO | DEPARTAMENTO

EDUARDO A. LOBO

PROJETO

WEB AR DT

LOCAL

RECIFE

TÍTULO/PROJ

DESENHADO

EDUARDO A. LOBO

PROJETO

PIERRE BOLMÉR

DESENHADO

EDUARDO A. LOBO

DESCRIÇÃO INICIAL

15/09/2022

ESCALA

1:10

UNIDADE

PT

REFERÊNCIA

CADEIRA CNC

FOLHA

3 DE 4

VERSÃO

01

1 2 3 4 5 6 7 8

A B C D E F

EXPLORAÇÃO TANGENCIAL

1. LATERAIS - SEPARAR AS PEÇAS LATERAIS DA CADEIRA E PREENCHER COM AS CAVILHAS.
2. CONJUNTO LATERAL - COLAR OS PARES LATERAIS (CONJUNTO A + B). USAR AS CAVILHAS PARA ALINHAR AS PEÇAS.
3. PERNAS E ASSENTO - COLAR OS SUPORTES ÀS PERNAS USANDO CAVILHAS E ANEXAR O ASSENTO ANTES DO SEGUNDO CONJUNTO DE PERNAS.
4. DESCANSO - PRENDER PRIMEIRO O DESCANSO MENOR AOS BRAÇOS DOS CONJUNTOS LATERAIS. USAR CAVILHAS. FINALIZAR COM CELADOR E LIXAR PARA DAR O ACABAMENTO FINAL.

DT EM REALIDADE AUMENTADA

APONTE A CÂMERA DO SEU CELULAR PARA EXPLORAR O PRODUTO NO MUNDO REAL.

INSTITUIÇÃO | DEPARTAMENTO

EDUARDO A. LOBO

PROJETO

WEB AR DT

LOCAL

RECIFE

TÍTULO/PROJ

DESENHADO

EDUARDO A. LOBO

PROJETO

PIERRE BOLMÉR

DESENHADO

EDUARDO A. LOBO

DESCRIÇÃO INICIAL

15/09/2022

ESCALA

1:10

UNIDADE

PT

REFERÊNCIA

CADEIRA CNC

FOLHA

4 DE 4

VERSÃO

01

INSTRUÇÕES DE MONTAGEM

REALIDADE AUMENTADA PASSO A PASSO