



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

LORENA CLAUDIA DE SOUZA MOREIRA

O MANUAL DO PROPRIETÁRIO DA EDIFICAÇÃO
ASSISTIDO PELA REALIDADE AUMENTADA

CAMPINAS

2018

LORENA CLAUDIA DE SOUZA MOREIRA

**O MANUAL DO PROPRIETÁRIO DA EDIFICAÇÃO
ASSISTIDO PELA REALIDADE AUMENTADA**

Tese de Doutorado apresentada a Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, para obtenção do título de Doutora em Arquitetura, Tecnologia e Cidade, na área de Arquitetura, Tecnologia e Cidade.

Orientadora: Profa. Dra. Regina Coeli Ruschel

Co-orientadora: Profa. Dra. Ana Lúcia Nogueira de Camargo Harris

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE DEFENDIDA PELA ALUNA LORENA CLAUDIA DE SOUZA MOREIRA E ORIENTADA PELA PROFA. DRA. REGINA COELI RUSCHEL.

ASSINATURA DA ORIENTADORA



CAMPINAS

2018

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CAPES, 01-P-03427-2017
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8172-657>

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Luciana Pietrosanto Milla - CRB 8/8129

M813m Moreira, Lorena Claudia de Souza, 1975-
O manual do proprietário da edificação assistido pela Realidade Aumentada / Lorena Claudia de Souza Moreira. – Campinas, SP : [s.n.], 2018.

Orientadores: Regina Coeli Ruschel e Amir Hossein Behzadan.

Coorientador: Ana Lúcia Nogueira de Camargo Harris.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

Em cotutela com: Missouri State University.

1. Realidade aumentada. 2. Administração de instalações. 3. Manutenção (Engenharia). 4. Modelagem da informação da construção. 5. Construção civil Brasil - Manuais, guias, etc. 6. Edificações - Normas. I. Ruschel, Regina Coeli, 1958-. II. Behzadan, Amir Hossein. III. Harris, Ana Lúcia Nogueira de Camargo, 1962-. IV. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. VI. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: The building owner's manual assisted by augmented reality

Palavras-chave em inglês:

Augmented reality

Facility management

Maintenance (Engineering)

Building information modeling

Construction - Brazil - Manuals, guides, etc.

Buildings - Standards

Área de concentração: Arquitetura, Tecnologia e Cidade

Titulação: Doutora em Arquitetura, Tecnologia e Cidade

Banca examinadora:

Regina Coeli Ruschel [Orientador]

Marina Sangoi de Oliveira Ilha

Fátima de Lourdes dos Santos Nunes Marques

Alice Therezinha Cybis Pereira

Amir Hossein Behzadan

Data de defesa: 21-02-2018

Programa de Pós-Graduação: Arquitetura, Tecnologia e Cidade

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

**O MANUAL DO PROPRIETÁRIO DA EDIFICAÇÃO
ASSISTIDO PELA REALIDADE AUMENTADA**

Lorena Claudia de Souza Moreira

Tese de Doutorado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:

**Prof(a). Dr(a). Regina Coeli Ruschel
Presidente e Orientadora/UNICAMP**

**Prof(a). Dr(a). Marina Sangoi de Oliveira Ilha
UNICAMP**

**Prof(a). Dr(a). Fátima de Lourdes dos Santos Nunes Marques
USP**

**Prof(a). Dr(a). Alice Theresinha Cybis Pereira
UFSC**

**Prof. Dr. Amir Hossein Behzadan
Texas A&M University**

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se
no processo de vida acadêmica do aluno.

Campinas, 21 de fevereiro de 2018

Dedico este trabalho aos meus pais,
Jorge e Neyde Moreira.

AGRADECIMENTOS

À querida orientadora e professora Regina Ruschel pela extrema dedicação, competência, incentivo e contribuição por este trabalho. Os momentos de discussão enriqueceram a pesquisa e contribuíram enormemente para o meu aprendizado.

À professora Ana Lucia Harris pela coorientação do trabalho e às professoras Marina Ilha, Fátima Nunes e Alice Pereira pela colaboração nas fases de qualificação e defesa.

Ao professor Amir Behzadan pelo apoio em Springfield e pela valiosa contribuição à pesquisa durante o período do doutorado sanduíche realizado na Missouri State University.

Aos alunos de iniciação científica Julio Tonoli e Gustavo Taufic que se dedicaram à pesquisa com responsabilidade e empenho.

Ao colega da Missouri State University Kandakar Rashid pelo auxílio na animação do modelo.

À Geórgia Grace, representando a Câmara Brasileira da Indústria e Comércio – CBIC pela divulgação e apoio na fase do levantamento dos manuais.

Ao Tiago Di Risio, representando a empresa Leroy Merlin, assim como à Solange Staut e Alberto Fontolan, representando a FEC – UNICAMP, que concederam os espaços para a realização dos experimentos.

Aos voluntários que participaram do levantamento e do experimento da pesquisa.

À Ana Cuperschmid, pelos momentos no LAMPA e disponibilização do SDK.

Ao Eduardo, da secretaria da FEC, pelo auxílio e extrema competência para solucionar as questões acadêmicas dos alunos da pós-graduação.

À CAPES pelo apoio financeiro durante a pesquisa e por viabilizar o doutorado sanduíche na Missouri State University (MSU), em Springfield, Missouri.

À Universidade Federal da Bahia, pela concessão do meu afastamento das atividades docentes, aos meus colegas da Faculdade de Arquitetura por compreenderem a minha ausência, e em especial ao Prof. Arivaldo Amorim por sempre me incentivar na carreira acadêmica.

Às amigas da pós-graduação da FEC - UNICAMP, Giseli Colleto, Marcella Ruschi e Rafaella Rocha pelos cafés, companhia e discussões durante o curso.

Em especial à Fernanda Machado (Madam) e Paula Mota (Baby) que me apoiaram em todos os momentos tornando-se a minha família em Campinas. Obrigada pela colaboração, incentivo, amizade e por fazerem meus dias mais felizes em suas companhias.

À toda a minha família, aos meus pais Jorge e Neyde Moreira, irmãos e sobrinhos, em especial à Jussara Moreira e Erenice Silva que sempre me apoiaram e cuidaram de tudo em Salvador na minha ausência.

Às amigas Andréa Lopes, Anna Fadul, Caroline Brandão, Marilis Colazo e Miluska Kulhavy que sempre me receberam com muito carinho nos retornos a Salvador e que mesmo após a minha ausência fica a certeza que a nossa amizade permanece. Em especial à Cássia Rendall pelo companheirismo, incentivo, amizade e paciência no decorrer dessa jornada.

Às novas e antigas amigas de São Paulo, Fernanda Teo (Fer), Maria Olívia Machado (Shiu) e Renata Cajado (Rê) pelas conversas produtivas, momentos compartilhados e amizade.

À minha amiga Icléa Mello que me recebeu em Campinas e que me apoiou com extremo carinho e cuidado.

À Milica Jakovljevic e à Blerina Halili por terem me acolhido de forma especial em Springfield e à Lorena D'Armada (Xará) e sua turma pela companhia neste período.

Ao querido Djalma Argollo que sempre me incentivou com suas palavras sábias nos momentos certos.

Àqueles que de alguma forma me protegem e a todos que me apoiaram nessa jornada, a minha sincera gratidão.

“Mas é claro que o sol vai voltar amanhã
Mais uma vez, eu sei
Escuridão já vi pior, de endoidecer gente sã
Espera que o sol já vem

Tem gente que está do mesmo lado que você
Mas deveria estar do lado de lá
Tem gente que machuca os outros
Tem gente que não sabe amar
Tem gente enganando a gente

Veja a nossa vida como está
Mas eu sei que um dia a gente aprende
Se você quiser alguém em quem confiar
Confie em si mesmo
Quem acredita sempre alcança

Mas é claro que o sol vai voltar amanhã
Mais uma vez, eu sei
Escuridão já vi pior, de endoidecer gente sã
Espera que o sol já vem

Nunca deixe que lhe digam que não vale a pena
Acreditar no sonho que se tem
Ou que seus planos nunca vão dar certo
Ou que você nunca vai ser alguém
Tem gente que machuca os outros
Tem gente que não sabe amar

Mas eu sei que um dia a gente aprende
Se você quiser alguém em quem confiar
Confie em si mesmo
Quem acredita sempre alcança...”

Renato Russo & Flávio Venturini

RESUMO

O Manual de Operação, Uso e Manutenção das Edificações, também conhecido como Manual do Proprietário, é o documento que contempla as informações necessárias para guiar as atividades inerentes ao desempenho e conservação da edificação. Apesar do Manual do Proprietário ter passado por atualizações ao longo do tempo, seu formato não foi modificado. A Realidade Aumentada (RA) tem o potencial de tornar o Manual do Proprietário mais interativo e assertivo, otimizando o seu uso pelos proprietários. A RA é uma tecnologia que possibilita a sobreposição de objetos virtuais em um ambiente real por meio de dispositivos. Essa associação através da RA e o Manual pode extrapolar os limites da visualização permitindo uma aproximação com o objeto construído (edificação e seus componentes) agregando informação. Por sua vez, o *Facility Management* abrange áreas de gestão, operação e manutenção das edificações, e integra-se a essa temática. Desta forma, o objetivo geral desta pesquisa é avaliar a incorporação de recursos de Realidade Aumentada no Manual de Uso, Operação e Manutenção das edificações, visando qualificar seu uso. A pesquisa foi desenvolvida seguindo os pressupostos e o delineamento do método de pesquisa *Design Science Research* que visa produzir artefatos com o intuito de resolver problemas práticos e contribuir para a produção de conhecimento. Inseridos neste contexto, os resultados alcançados nesta tese são: identificação da satisfação sobre o Manual do Proprietário tradicional com os proprietários da habitação; classificação de Manuais do Proprietário em nível nacional; caracterização dos recursos de RA quanto à aplicabilidade para a visualização do conteúdo do Manual do Proprietário; desenvolvimento de propostas de incorporação de RA no Manual do Proprietário e também propostas de incorporação do manual no ambiente por meio da RA; comparação de diferentes formatos de visualização da RA (*tablet e smartglasses*) quanto ao desempenho do usuário; e por fim, a identificação da solução de maior aceitação e aplicabilidade na manutenção e operação da unidade habitacional pelos seus usuários. A contribuição concedida apresenta modelos de inserção da tecnologia da Realidade Aumentada no manual do proprietário, qualifica a incorporação da RA, por meio de experimentos com método de mensuração seguindo o protocolo NASA TLX, e indica uma estruturação de esforços por parte dos agentes envolvidos para otimizar o manual por meio dessa tecnologia. Ademais, disponibiliza dois artefatos em formato de aplicativos (Living Augmented Reality e Manual Augmented Reality) exemplificando o potencial tecnológico e consolidando, na prática, a geração do conhecimento. Em suma, comprovou-se que a inserção da tecnologia da RA, independentemente do formato, atua favoravelmente integrado ao manual do proprietário otimizando o seu papel de orientar e recomendar procedimentos para um melhor uso da edificação. Ademais, os agentes envolvidos no processo construtivo, poderão atuar de forma assertiva com relação aos aspectos inerentes a operação e manutenção, por meio do manual assistido pela RA.

Palavras-chave: Realidade Aumentada. Manual do Proprietário. *Facility Management*. Operação e Manutenção. BIM.

ABSTRACT

The Building Use, Operation, and Maintenance Manual, also known as the Building Owner's Manual (BOM), is a document that provides all the information necessary to guide Brazilian home owners for maintaining and preserving their buildings. However, such manuals are in most cases presented in the textual format with sparse technical terms and references and lack the necessary information as required by federal government standards. A potential remedy to this situation is to enhance the traditional building manual's format using augmented reality (AR) that promotes new forms of interaction between the user and the BOM. In a nutshell, AR enables the displaying of virtual (computer generated) graphics overlaid on views of the real environment. In turn, the Facility Management covers areas of buildings management, operation and maintenance, and integrates with this theme. This association of AR and the Owner's Manual can even transcend the view limits and promote an approximation to the built object itself (building and systems) increasing information. Thus, the objective of this research is to evaluate the incorporation of Augmented Reality features into the Owner's Manual in order to qualify its use. The methodology adopted in this work follows the Design Science Research (DSR) approach. This approach is used to simultaneously achieve two different purposes in a research project: producing scientific knowledge, and helping organizations to solve real problems. In particular, the specific steps that were followed in this research include: survey of owners, builders, and BOMs; analyze and classify Brazilian BOMs, propose a new form of BOM enriched by AR; characterize the features of AR that can be applied to the Owner's Manual; develop proposals for incorporation of AR in the manual and proposals to incorporate the manual in the environment by AR; compare different display formats for AR (tablet and smartglasses) regarding user performance; identify the greater acceptance solution in maintenance and operation by building users. The contribution granted presents insertion models of augmented reality technology in the BOMs, qualifies the AR incorporation, through experiments with measurement method following the protocol NASA TLX, and indicates a structuring of efforts by the agents involved to optimize the manual for AR technology. In addition, it provides two artifacts in the form of applications (Living Augmented Reality and Manual Augmented Reality) exemplifying the technological potential and producing, in practice, the generation of scientific knowledge. In short, it was proved that the insertion of AR technology, regardless of the format acts favorably integrated with the BOMs, optimizing its orientation role and recommending the best use of the building. In addition, the agents involved in the construction process may act assertively in relation to the inherent aspects of operation and maintenance, through the manual assisted by AR.

Keywords: *Augmented Reality. Building Owner Manual. Facility Management. Operation and Maintenance. BIM.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura da Tese representada pela Síntese do Delineamento	29
Figura 2 - Diferentes tipos de Manutenção	45
Figura 3 - Dados da Pesquisa IBAPE-SP	46
Figura 4 - Sala com documentos para manutenção	48
Figura 5 - Principais fases do Ciclo de Vida de um empreendimento	49
Figura 6 - Building Information Model - Modelo BIM.....	51
Figura 7 - 25 casos de usos do BIM	52
Figura 8 - Exemplo de modelo BIM.....	54
Figura 9 - Mapa de Processo de FM, com uso de BIM (BIM Project Execution Planing Guide)	57
Figura 10 - Sensorama.....	58
Figura 11 - Sketchpad, de 1962	59
Figura 12 - Esquema do <i>Reality – Virtuality (RV) Continuum</i>	60
Figura 13 - Representação da Realidade/Virtualidade Contínua.....	61
Figura 14 - Esquema de Funcionamento da Realidade Aumentada.....	62
Figura 15 - Exemplo de Marcadores	63
Figura 16 - Dispositivos de visualização que podem ser utilizados para RA.....	65
Figura 17 - a) Visão ótica direta e b) Visão por vídeo	66
Figura 18 - Óculos Hololens (Microsoft)	67
Figura 19 - Diagrama de desenvolvimento do InfoSPOT	73
Figura 20 - Elementos centrais de abordagem da DSR.....	75
Figura 21 - Etapas da Design Science Research Realizada.....	76
Figura 22 - Estrutura da revisão sistemática.....	82
Figura 23 - Pesquisa de satisfação - uso do manual do proprietário (MP).....	92
Figura 24 - Pesquisa de Satisfação – grau de contentamento com o manual do proprietário (MP).....	92
Figura 25 - Pesquisa de Satisfação – consulta ao manual do proprietário	93
Figura 26 - Pesquisa de satisfação – possíveis formatos do manual	94
Figura 27 - Divulgação do levantamento no jornal CBIC Hoje de 21/06/2016.....	96
Figura 28 - Representatividade da amostra nas regiões: relativo ao universo de construtoras (à esquerda) e relativo à sua estratificação (à direita).....	97
Figura 29 - Tipos de mídia em que é entregue o manual	98

Figura 30 - Pesquisa Classificação de Manuais - Construtora	99
Figura 31 - Verificação da faixa de Inclusão dos itens da NBR 14037.....	101
Figura 32 - Análise do manual do proprietário por região	103
Figura 33 - Análise do manual do proprietário por padrão	104
Figura 34 - Análise do manual do proprietário por Tipos de Mídia.....	105
Figura 35 - Distribuição de artigos encontrados por ano de publicação	108
Figura 36 - Tipos de rastreamento em intervalo temporal.....	109
Figura 37 - Tipos de Artefatos da DSR	110
Figura 38 - Categorias de informação do equipamento.....	113
Figura 39 - Dispositivo Ipad Air.....	118
Figura 40 - Moverio BT-200 da Epson	118
Figura 41 - Esquema de Navegação dos Aplicativos LAR e MAR	119
Figura 42 - Etapas do desenvolvimento do artefato	120
Figura 43 - Modelo BIM do vaso sanitário na ferramenta Revit.....	121
Figura 44 - Detalhamento de mecanismo interno na ferramenta Revit.....	121
Figura 45 - Referência do mecanismo da boia – Modelo Astra	121
Figura 46 - Adição de Textura e Materiais na Ferramenta 3D Studio Max	122
Figura 47 - a) Marcador dos Aplicativos LAR/MAR e b) Previsão de Marcador	123
Figura 48 - a) Ícone do LAR e b) Ícone do MAR	124
Figura 49 - Avaliação do Marcador do LAR.....	124
Figura 50 - Tela de desenvolvimento do LAR no Unity/Vuforia.....	125
Figura 51 - Testes do LAR, versão para <i>tablet</i> – Ajustes de material.....	126
Figura 52 - Testes do LAR, versão para <i>tablet</i> - Ajustes de escala.....	126
Figura 53 - Testes do LAR, versão para <i>tablet</i> - Ajustes de interface gráfica.....	127
Figura 54 - Aplicativo LAR (versão <i>tablet</i>) – Telas iniciais	127
Figura 55 - Aplicativo LAR (versão <i>tablet</i>) – Telas com visualização em RA.....	128
Figura 56 - Aplicativo MAR (versão <i>tablet</i>)	129
Figura 57 - Problemas de visualização no Moverio BT-200.....	130
Figura 58 - Marcador do LAR / MAR, versão para o Moverio BT-200	130
Figura 59 - Aplicativo LAR (versão <i>smartglasses</i>).....	131
Figura 60 - Aplicativo MAR (versão <i>smartglasses</i>).....	132
Figura 61 - Fase de publicação do Aplicativo (LAR - versão <i>tablet</i>).....	133
Figura 62 - Fase de publicação dos Aplicativos (LAR e MAR - versão <i>tablet</i>).....	134
Figura 63 - Fase de teste dos Aplicativos (MAR e LAR - versão <i>tablet</i>).....	134

Figura 64 - Fase de Avaliação do Artefato na Loja Leroy Merlin	135
Figura 65 - Fase de Avaliação do Artefato na FEC – UNICAMP	136
Figura 66 - Etapa prática de substituição da boia	137
Figura 67 - Pôster Resumo de Fatores – Protocolo NASA TLX.....	138
Figura 68 - Perfil da Amostra Total - Faixa etária	139
Figura 69 - Perfil da Amostra – Gênero	140
Figura 70 - Perfil da Amostra - Escolaridade	140
Figura 71 - Perfil da Amostra – Já realizou a troca de uma boia em vaso de caixa acoplada anteriormente?	141
Figura 72 - Perfil da Amostra – Você alguma vez consultou o manual do proprietário da edificação?	141
Figura 73 - Perfil da Amostra – Tem familiaridade com?.....	142
Figura 74 - Cargas de Trabalho Total.....	143
Figura 75 - Análise do Fator Demanda Mental	144
Figura 76 - Análise do Fator Demanda Física	145
Figura 77 - Análise do Fator Demanda Temporal.....	146
Figura 78 - Análise do Fator Performance	146
Figura 79 - Análise do Fator Esforço	147
Figura 80 - Análise do Fator Nível de Frustração	148
Figura 81 – Síntese dos Experimentos por Fator.....	148
Figura 82 - Perfil da Amostra - Faixa etária.....	149
Figura 83 - Perfil da Amostra - Gênero	150
Figura 84 - Perfil da Amostra – Escolaridade	150
Figura 85 - Perfil da Amostra – Já realizou a troca de uma boia em vaso de caixa acoplada anteriormente?	151
Figura 86 - Perfil da Amostra – Consulta ao manual do proprietário da edificação	151
Figura 87 - Perfil da Amostra – Familiaridade com Dispositivos.....	152
Figura 88 - Experimento Manual Tradicional - Fatores	153
Figura 89 - Experimento Manual do Proprietário, em papel (MAR <i>tablet</i>)	153
Figura 90 - Experimento Manual do Proprietário, em papel (MAR óculos).....	154
Figura 91 - Experimento manual do proprietário incorporado ao ambiente (LAR <i>tablet</i>).....	154
Figura 92 - Experimento Manual do Proprietário incorporado ao ambiente (LAR <i>smartglasses</i>)	155
Figura 93 - Média da Carga de trabalho de acordo com filtro de faixa etária.....	157

Figura 94 - Média da Carga de trabalho de acordo com filtro de gênero.....	157
Figura 95 - Média da Carga de trabalho de acordo com filtro de escolaridade.....	158
Figura 96 - Média da Carga de trabalho de acordo com filtro de conhecimento na troca da boia	159
Figura 97 - Média da Carga de trabalho de acordo com a consulta do manual do proprietário	159
Figura 98 - Média da Carga de trabalho de acordo com filtro de familiaridade com dispositivos	160
Figura 99 - Modelo Geral Proposto por atividade.....	166
Figura 100 - Modelo de inserção da RA aplicado à instanciação LAR	166
Figura 101 - Modelo de Inserção da RA aplicado à instanciação MAR.....	166
Figura 102 - Inserção da RA no Manual do Proprietário	167
Figura 103 - Modelo de Inserção da RA em todo o Manual do Proprietário	168
Figura 104 - Processo do Modelo BIM e RA aplicado a Operação e Manutenção.....	170

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Método de Pontuação da Classificação dos Manuais por meio da Inclusão de Itens da Norma	79
Tabela 2 - Tipos de Projetos-padrão das construtoras da amostra	100

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Disposição de Conteúdos	35
Quadro 2 - Fases do Ciclo de Vida: uso, operação e manutenção.....	53
Quadro 3 - Componentes do Plano de Projeto BIM (PEPB).....	56
Quadro 4 - Técnica de rastreamento baseada em sensores.....	64
Quadro 5 - BIM + RA, práticas racionais e exemplos.....	70
Quadro 6 - Tipos de artefatos	75
Quadro 7 - Síntese de Protocolo da RSL.....	83
Quadro 8 - Categorização Hierárquica das Atividades em AEC.....	84
Quadro 9 - Plano Experimental da Avaliação dos Indivíduos das Soluções Propostas	88
Quadro 10 - Pesquisa de Satisfação.....	91
Quadro 11 - Estrutura dos manuais encontrados em 70% da amostra	104
Quadro 12 - Caracterização das Instanciações	112
Quadro 13 - Aplicações para Avaliação	117

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D - Bidimensional
3D - Tridimensional
AA - Áreas de Aplicação
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAFAC - Associação Brasileira de *Facilities*
AEA - Áreas Específicas de Aplicação
AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção
AECO - Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação
AEO - Áreas Específicas de Operação
ASCE - American Society of Civil Engineers
BAS - *Building Automation System*
BIM - *Building Information Modeling*
CAD - *Computer Aided Design*
CAFM - *Computer Aided Facility Management*
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CMMS - *Computerized Maintenance Management Systems*
CMMIS - *Computerized Maintenance Management Information System*
CNC - *Computer Numeric Control*
CT - Carga de Trabalho
DOF - *Degrees of Freedom*
DSR - *Design Science Research*
ERP - *Enterprise Resource Planning Systems*
FEC - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo
FM - *Facility Management*
FMAA - *Facility Management Association of Australia*
GPS - *Global Positioning System*
GRAPHICA - *International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design*
HMD - *Head Mounted Displays*
IBAPE - Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias Técnicas
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFC - *Industry Foundation Classes*

IFMA - *International Facility Management Association*
InfoSPOT - *Information Surveyed Point for Observation and Tracking*
IoT - *Internet of Things*
IWMS - *Integrated Workplace Management Systems*
LAMPA - *Laboratório de Arquitetura, Metodologia de Projeto e Automação*
LAR - *Living Augmented Reality*
LOD - *Level of Development*
MAR - *Manual Augmented Reality*
MIT - *Massachusetts Institute of Technology*
MP - *Manual do Proprietário*
MSU - *Missouri State University*
NASA TLX - *NASA Task Load Index*
NBR - *Norma Brasileira*
NFMA - *National Facility Management Association*
NIBS - *National Institute of Buildings Sciences*
OR - *Ordens de Trabalho*
PIB - *Produto Interno Bruto*
RA - *Realidade Aumentada*
RFID - *Radio Frequency Identification*
RM - *Realidade Mista*
RSL - *Revisão Sistemática de Literatura*
RTKGPS - *Real-Time Kinematic Global Positioning Systems*
RV - *Realidade Virtual*
SBC - *Sociedade Brasileira de Computação*
SIGRADI - *Congresso Ibero-Americano de Gráfica Digital*
SPDA - *Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas*
SVR - *Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada*
TC - *Tarefas Compostas*
TCLE - *Termo de Consentimento Livre e Esclarecido*
TP - *Tarefas Primitivas*
UNICAMP - *Universidade Estadual de Campinas*
VA - *Virtualidade Aumentada*
VUP - *Vida Útil de Projeto*
WRVA - *Workshop de Realidade Virtual e Aumentada*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	OBJETIVOS.....	25
1.2	PRESSUPOSTOS ADOTADOS E QUESTÕES DE PESQUISA	26
1.3	ESTRUTURA DA TESE	27
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	30
2.1	MANUAIS DE USO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO.....	30
2.1.1	Pesquisas Brasileiras sobre Manual do Proprietário.....	32
2.1.2	Norma ABNT 14037 - Diretrizes para a elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para a elaboração e apresentação dos conteúdos.....	33
2.1.3	Norma ABNT 5674 - Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção.....	37
2.1.4	Norma ABNT 15575 - Edificações Habitacionais – Desempenho	40
2.2	<i>FACILITY MANAGEMENT</i>	42
2.2.1	Tipos de <i>Facility Management</i> – Ênfase na Operação e Manutenção	43
2.2.2	Pesquisas Brasileiras.....	46
2.2.3	Adoção do <i>Building Information Modeling</i> em FM.....	48
2.3	REALIDADE AUMENTADA	58
2.3.1	Requisitos necessários para a Realidade Aumentada	62
2.4	REALIDADE AUMENTADA APLICADA AO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO	68
2.4.1	Realidade Aumentada e <i>Facilities Management</i>	72
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	74
3.1	DESIGN SCIENCE RESEARCH.....	74
3.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	76
3.2.1	Identificação do Problema	76
3.2.2	Conscientização do Problema.....	77
3.2.3	Revisão Sistemática de Literatura	79
3.2.4	Identificação dos Artefatos e Configuração de Classes de Problemas.....	84
3.2.5	Proposição de Artefatos para resolução do problema	85
3.2.6	Projeto e Desenvolvimento do Artefato	85
3.2.7	Avaliação do Artefato.....	85
3.2.8	Explicitação das Aprendizagens.....	88
3.2.9	Conclusões e Generalização para uma classe de Problemas	89
3.2.10	Comunicação dos Resultados.....	89

4	CONSCIENTIZAÇÃO DO PROBLEMA	90
4.1	PESQUISA DE SATISFAÇÃO	90
4.2	CLASSIFICAÇÃO DE MANUAIS DE USO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA EDIFICAÇÃO	96
4.2.1	Caracterização do Manual Praticado	97
4.2.2	Aderência dos manuais à NBR 14037	100
4.3	RSL PARA IDENTIFICAÇÃO DOS ARTEFATOS EM APLICAÇÕES DE RA	107
4.3.1	Análise dos Resultados	107
5	IDENTIFICAÇÃO DOS ARTEFATOS E CONFIGURAÇÃO DE CLASSES DE PROBLEMAS	111
6	PROPOSIÇÃO, PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO	116
6.1	PROPOSIÇÃO E PROJETO DO ARTEFATO	116
6.2	DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO	120
7	AVALIAÇÃO DO ARTEFATO	135
7.1	PESQUISA EXPERIMENTAL	135
7.2	MENSURAÇÃO DA CARGA DE TRABALHO - NASA TLX	138
7.2.1	Caracterização da Amostra Total (5 experimentos)	139
7.2.2	Análise da Carga de Trabalho e dos Fatores (5 experimentos)	142
7.2.3	Análise dos Fatores Considerando a Amostra por Experimento	149
7.2.4	Análise da Carga de Trabalho considerando Filtros de Percepção	156
8	APRENDIZAGENS E GENERALIZAÇÃO	162
8.1	EXPLICITAÇÃO DAS APRENDIZAGENS	162
8.2	GENERALIZAÇÃO PARA UMA CLASSE DE PROBLEMAS	165
9	CONCLUSÕES	171
	REFERÊNCIAS	175
	APÊNDICE A – DOCUMENTOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA	188
	APÊNDICE B – MODELO DE CARTA, FORMULÁRIO DE PESQUISA E TCLE APLICADOS NA CLASSIFICAÇÃO DE MANUAIS	198
	APÊNDICE C – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP, QUESTIONÁRIOS DE PESQUISA E TCLE APLICADOS NA AVALIAÇÃO DO ARTEFATO	205
	APÊNDICE D – MARCADORES DO LAR E DO MAR E MANUAIS DO PROPRIETÁRIO	222
	APÊNDICE E – CARGA DE TRABALHO DE ACORDO COM AMOSTRA POR EXPERIMENTO	231

1 INTRODUÇÃO

O Manual de uso, operação e manutenção das edificações, também conhecido como Manual do Proprietário (MP), é o documento que contempla todas as informações necessárias para guiar as atividades de manutenibilidade e uso da edificação. Para melhorar a comunicação no processo ao longo das etapas de projeto e execução, juntamente com o esclarecimento de dúvidas relativas a essas questões, é relevante a qualificação da documentação técnica produzida e o manual do proprietário insere-se neste contexto. Assim sendo, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a **NBR 14037 - Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações** - tem por finalidade orientar os usuários da edificação sobre suas características técnicas; recomendar procedimentos no intuito de uma melhor utilização da edificação; propor atividades de manutenção; precaver o surgimento de falhas e acidentes decorrentes do mau uso e contribuir para a longevidade da edificação (ABNT, 2011).

Para a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), o fornecimento dos manuais de uso e operação das edificações tem a função de salientar que a longevidade de uma construção não está relacionada apenas aos problemas de projeto e de execução da obra, mas também ao uso adequado e manutenção, considerando inclusive a manutenção preventiva. A CBIC reforça a importância de esforços conjuntos para modificar a cultura da falta de cuidados e atenção para com a edificação, além de expor responsabilidades de construtores e/ou incorporadores e projetistas, assim como usuários e/ou síndicos nesse processo (CBIC, 2014). Tanto do ponto de vista econômico quanto do ponto de vista ambiental, é impraticável considerar a edificação como um produto descartável e de simples substituição. Deve-se ter em conta a tarefa de manter as edificações existentes e as recém-construídas em condições adequadas de uso e que atendam às exigências dos seus usuários. Segundo a NBR 5674, é comprovado que em diferentes tipos de edificações os custos anuais de manutenção variam entre 1 e 2% do seu custo inicial. Porém, este valor pode ser equivalente ou superior ao custo de construção se acumulado ao longo da vida útil das edificações (ABNT, 1999).

Apesar do manual do proprietário ter passado por atualizações ao longo do tempo, seu formato não foi modificado. O manual praticado apresenta-se sempre de forma tradicional impressa. O conteúdo, apesar de também poder estar inserido em outras fontes, como por

exemplo *pen drive* ou CD-ROM, frequentemente apresenta-se no formato textual. Com o avanço tecnológico, novos meios de comunicação surgiram e interferiram na maneira em que as pessoas interagem com determinado conteúdo e atuam positivamente na compreensão de um objeto. Ademais, as novas gerações possuem uma habilidade natural de uso das tecnologias e grande afinidade para integrar os novos dispositivos nas tarefas do cotidiano (BEHAZDAN; VASSIGN; MOSTAFAVI, 2016).

O objeto a ser esclarecido pelo manual do proprietário é o edifício. Para Zevi (1996) o método tradicional de representação dos edifícios (plantas baixas, elevações, cortes e fotografia) é incapaz de representar completamente o espaço arquitetônico, pois existe fragmentação e ambiguidade nos desenhos bidimensionais utilizados.

Este mesmo autor revela que:

A planta de um edifício nada mais é do que uma projeção abstrata no plano horizontal de todas as suas paredes, uma realidade que ninguém vê a não ser no papel, cuja única justificativa depende da necessidade de medir distâncias entre os vários elementos da construção, para os operários que devem executar materialmente o trabalho (ZEVI, 1996, p. 18).

Sendo assim, apresenta-se o seguinte problema de pesquisa: o manual do proprietário em formato apenas textual e linguagem técnica não é atrativo e, por sua vez, os proprietários de edificações não são motivados a utilizá-lo. Por consequência, ele não cumpre a sua função de guiar as atividades de manutenibilidade e uso da edificação.

A forma com que percebemos a realidade está em constante mutação, pois a tecnologia digital revoluciona e muda a visão de mundo. O universo das telecomunicações e dos computadores cria novas maneiras de pensar e conviver e as relações humanas dependem da metamorfose constante dos dispositivos informacionais de todos os tipos (LÉVY, 1993). A Realidade Aumentada (RA) é uma dessas tecnologias que pode ser utilizada no intuito de potencializar o entendimento e a compreensão de um conteúdo específico. A RA é um campo de pesquisa atual e com grande potencial de crescimento.

A RA combina a Realidade Virtual (RV) e o mundo real podendo aumentar a percepção do usuário e sua interação (CARDOSO et al., 2007). Também pode ser compreendida como a sobreposição da informação gerada por computador sobre o ambiente real por meio da visão do usuário, na qual a realidade virtual se diferencia da RA no sentido em que os objetos em RA coexistem com os objetos do ambiente real (BEHZADAN; KAMAT, 2013). Em uma aplicação de Realidade Aumentada é necessário no mínimo um dispositivo computacional (computador ou dispositivo móvel) equipado com um dispositivo

de exibição (monitor ou projetor) e um dispositivo de captura da imagem (câmera de vídeo ou *webcam*). Para aplicações mais robustas, do ponto de vista computacional, ou que envolvam múltiplos usuários, pode-se utilizar sistemas *web* (LOPES, 2012).

Pesquisas envolvendo a RA nos campos da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) são uma tendência atual, em constante desenvolvimento e permitem superar as limitações das técnicas tradicionais de desenho (FREITAS; RUSCHEL, 2013; RANKOHI; WAUGH, 2013; DE AGUIAR; PEREIRA, 2014). Por certo, as ferramentas digitais passaram a se integrar aos meios de produção da arquitetura e engenharia gerando um aumento da velocidade, da precisão, do controle, da economia de recursos e da diversidade de opções em relação à edificação (SILVA JUNIOR, 2011; BEHZADAN; DONG; KAMAT, 2015). De acordo com Rohani, Fan e Yu (2014), a utilização de tecnologias inovadoras na construção é tão importante quanto a concepção de novos produtos para a edificação. Neste sentido, a visualização ganhou uma credibilidade crescente entre os pesquisadores da construção e tem sido considerada como um dos quatro principais domínios de TI na construção. Os métodos de visualização têm surgido como um instrumento útil de coordenação para análise e comunicação de resultados de simulação (CHEN; HUANG, 2013; OLBRICH *et al.*, 2013; IRIZARRY *et al.*, 2013; WANG *et al.*, 2014; KARJI; WOLDESENBET; ROKOOEI, 2017).

Fazendo-se um paralelo com as pesquisas realizadas nesse âmbito, estudos realizados nos cursos de engenharia dos EUA propõem uma forma inovadora para a educação na área da construção civil, em que combina o uso do conteúdo escrito à visualização em 3D por meio da RA (BEHZADAN; KAMAT, 2013; DIB; ADAMO, 2017). Os autores primeiramente tratam do distanciamento entre teoria e prática nas faculdades de engenharia e revelam que, embora os alunos sejam graduados e possuam um bom conhecimento teórico, não sabem aplicá-los na prática. A grande vantagem da RA está em utilizar o ambiente real como *background*, permitindo a possibilidade de interação com o ambiente virtual.

Por sua vez, o estudo de Hou, Wang, e Truijens (2014) trata da RA voltada para tarefas de operação e montagem. Os autores investigam o quanto a melhoria da produtividade e o desempenho na montagem podem ser alcançado através da redução da carga de trabalho cognitiva por meio da RA. A pesquisa comparou a montagem das peças por meio do desenho isométrico de instalações hidráulicas e por meio da visualização em Realidade Aumentada, obtendo resultados positivos após a inserção da tecnologia da RA.

Da mesma forma, Hou *et al.* (2013) publicaram uma pesquisa em que o objetivo é analisar o potencial cognitivo em tarefas específicas de montagem com um sistema de

Realidade Aumentada. Os autores abordam de que forma isto pode contribuir para a montagem industrial, no intuito de encurtar a aprendizagem dos montadores inexperientes. No estudo confronta-se o manual/guia de montagem impresso com o sistema de RA concebido. Os resultados apontaram um impacto positivo demonstrado pelo aumento da curva de aprendizagem dos usuários e pela redução de erros cometidos. Os autores sugerem que o uso desta tecnologia na orientação do processo de montagem nas atividades da construção irá proporcionar melhorias semelhantes.

Por sua vez, Wang *et al.* (2013) abordam a lacuna existente entre a Modelagem da Informação da Construção¹ (*Building Information Modeling* - BIM) e a RA. Neste trabalho, os autores propõem uma estrutura conceitual que integra o BIM com a Realidade Aumentada, de modo a permitir que o contexto físico de cada atividade da construção possa ser visualizado em tempo real. Sugerem que, para esta junção ser eficaz, a RA deve ser ubíqua² e atuar em conjunto com tecnologias de rastreamento e detecção. Da mesma forma, Olbricht *et al.* (2013) tratam da visualização de informações em RA, com base em modelos BIM e afirmam que o desafio é fazer com que os agentes envolvidos no ciclo de vida da edificação obtenham acesso ao sistema de gestão por meio de inspeções *in loco* e com a transmissão automática de informações.

Fazendo-se uma associação entre o manual do proprietário e as pesquisas citadas, percebe-se o potencial em tornar o manual mais interativo, acessível, dinâmico e instrutivo através da RA. Esta associação pode, inclusive, extrapolar os limites da visualização e partir para uma aproximação com o objeto construído (edificação), ou seja, uma visualização associada ao objeto. Desta forma, esta proposta de doutorado busca potencializar o desempenho do manual do proprietário, visando uma maior aproximação com o usuário final que, na maioria das vezes, não absorve os termos da construção civil.

Outro fator importante é o auxílio da RA em tarefas de manutenção das edificações. Os gerentes de *facilities* constantemente visitam os espaços geridos. O uso de dispositivos móveis com a visualização de informações em RA é um benefício na execução das tarefas de

¹ “A Modelagem da Informação da Construção envolve um conjunto interrelacionado de políticas, processos e tecnologias para gerenciar a essência do projeto, construção e operação de edifícios no formato digital em todo o ciclo de vida da edificação” (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013). O conceito de BIM e sua atuação na operação e manutenção da edificação estão contemplados na seção 2.2.3 desta tese.

² A computação ubíqua envolve a existência de diversos computadores interconectados por redes sem fios, protocolos de comunicação que permitam o trânsito entre diferentes dispositivos e redes que se distribuem em diversos locais. É invisível e onipresente, já que a informação poderá ser acessada de qualquer lugar e em qualquer tempo, em diversos dispositivos de uso diário (SACCOL; REINHARD, 2007).

manutenção e operação (IRIZARRY *et al.*, 2014). Como tal, o apoio a informações oportunas desempenha um papel essencial na contenção do problema e diagnóstico de equipamentos na identificação de causas emergenciais (LEE; AKIN, 2011).

Neste sentido, o gerente de *facilities*, assim como o proprietário e o síndico do empreendimento poderão adotar o manual do proprietário como um instrumento de gestão para as atividades de manutenção e operação da edificação. Assim sendo, esta proposta de doutorado vislumbra uma aplicação inovadora de exprimir conceitos relacionados à forma do usuário interagir com o manual do proprietário.

É sabido pela norma NBR 14037:2014 que o uso de meios eletrônicos é permitido desde que sejam de fácil operação e compreensão. Deve ser facultado ao usuário a solicitação do formato impresso para o manual do proprietário no momento da entrega do empreendimento adquirido. Vale ressaltar que a presente pesquisa não tem a intenção de substituir o formato do manual do proprietário existente (impresso) e sim fornecer mais um meio de interação entre o proprietário e o manual por meio da tecnologia da Realidade Aumentada .

O presente trabalho envolve a multidisciplinaridade das áreas de Projeto, Construção e Operação, *Facilities Management* e Ciência da Computação. Como potencial relevância desta tese encontra-se o esclarecimento sobre as formas mais apropriadas de incorporação da RA ao manual do proprietário e na explicitação das melhorias de desempenho no uso do manual por seus usuários em consonância com a NBR 14037:2014. Este estudo inédito traz ao manual do proprietário da edificação avanços na sua utilização, em termos de visualização, instrução e montagem de forma qualificada, explicitados pela carga de trabalho.

1.1 OBJETIVOS

O **objetivo geral** desta pesquisa é avaliar a incorporação de recursos de Realidade Aumentada no Manual de uso, operação e manutenção das edificações.

Como **objetivos específicos** foram elencadas as seguintes metas para o desenvolvimento do trabalho:

- identificar a satisfação sobre o manual do proprietário impresso com proprietários de habitação;
- classificar os manuais do proprietário de habitação em nível nacional;

- caracterizar os recursos de RA quanto à aplicabilidade para visualização do conteúdo do Manual do Proprietário no intuito de orientar os usuários da edificação; propor e orientar atividades de manutenção;
- desenvolver propostas de incorporação de RA no manual do proprietário e também propostas de incorporação no ambiente deste manual por meio da RA;
- comparar diferentes dispositivos de visualização no uso da RA: por meio de *tablet* e por meio de óculos de RA (*smartglasses*);
- identificar a solução de maior aceitação e aplicabilidade pelos usuários.

Para um norteamento da pesquisa e efetivação do objetivo e metas propostas seguiu-se o método de pesquisa *Design Science Research* (DSR), também conhecido como *Constructive Research* que visa produzir artefatos com o intuito de resolver problemas encontrados no mundo real e desta forma contribuir para a teoria da área aplicada (LUKKA, 2003).

1.2 PRESSUPOSTOS ADOTADOS E QUESTÕES DE PESQUISA

Considerando o problema de pesquisa abordado e os objetivos propostos, a principal hipótese desta pesquisa é que a incorporação da Realidade Aumentada ao Manual de uso, operação e manutenção das edificações estimula ganhos no que diz respeito a utilização do manual.

A partir dessa afirmação foram elaboradas algumas questões de pesquisa visando explicitar melhor o problema:

- O manual do proprietário praticado pelas construtoras segue as recomendações da NBR 14037?
- Os proprietários da edificação estão receptivos a novos formatos de manual?
- Quanto às formas de inserção, qual formato de incorporação da RA no manual do proprietário é mais otimizado? A RA distribuída no ambiente ou a incorporada ao manual impresso?
- Comparando-se o *tablet* e o óculos de RA, qual dispositivo é o mais apropriado em termos de desempenho do usuário na realização de determinada tarefa?

1.3 ESTRUTURA DA TESE

A seguinte composição de capítulos é adotada no texto que segue: o **Capítulo 1** apresenta uma introdução à questão abordada, contextualiza e justifica o problema de pesquisa, destaca os objetivos, os pressupostos adotados e a estrutura desta tese.

O **Capítulo 2**, trata da **Fundamentação Teórica** e apresenta uma revisão da literatura que deverá dar a sustentação teórica ao trabalho. Primeiramente os temas Manuais de Uso, Operação e Manutenção, *Facility Management* e Realidade Aumentada são apresentados isoladamente. Por fim, é apresentada a convergência dos três temas abordados na seção intitulada Realidade Aumentada aplicada ao Projeto, Construção e Operação, foco central do presente trabalho.

O **Capítulo 3**, apresenta os **Materiais e Métodos** utilizados na pesquisa, conceitua a *Design Science Research*, descreve o delineamento do método proposto, juntamente com as etapas da pesquisa adequando-as ao método.

O **Capítulo 4** retrata a **Conscientização do Problema**, dissertando sobre: (i) a pesquisa de satisfação realizada com proprietários de habitações; (ii) o levantamento relativo a classificação dos manuais do proprietário; e (iii) a revisão sistemática de literatura realizada.

O **Capítulo 5, Identificação dos Artefatos e Configuração de Classes de Problemas**, apresenta as considerações extraídas a partir dos resultados parciais da etapa de conscientização do problema e são sugeridos os dois formatos de manual do proprietário acrescido de RA.

O **Capítulo 6, Proposição, Projeto e Desenvolvimento do Artefato**, apresenta a proposição, criação e desenvolvimento de um protótipo que corresponde a dois aplicativos: o *Living Augmented Reality* (LAR) - manual do proprietário incorporado ao ambiente com RA e o *Manual Augmented Reality* (MAR) - manual do proprietário, em papel, acrescido de RA.

O **Capítulo 7, Avaliação dos Artefatos**, trata-se do experimento para a mensuração do comportamento do artefato na solução do problema. Os resultados dos cinco experimentos realizados são apresentados neste capítulo a partir da utilização do método de mensuração NASA Task Load Index (NASA TLX).

O **Capítulo 8, Explicitação das Aprendizagens e Generalização para uma Classe de Problemas**, evidencia os pontos de sucesso e insucesso e a generalização, permitindo que

o conhecimento gerado possa ser aplicado a outras situações semelhantes. Os artigos publicados como consequência desta pesquisa também estarão mencionados nessa seção.

O **Capítulo 9, Conclusões**, são apresentados os principais resultados obtidos e as recomendações para trabalhos posteriores.

E, finalmente, os **Apêndices A, B, C, D, e E** demonstram a documentação produzida no período do andamento da pesquisa.

O **Apêndice A**, apresenta os protocolos da revisão sistemática realizada (Condução da Revisão Sistemática e Protocolo para Revisão Sistemática).

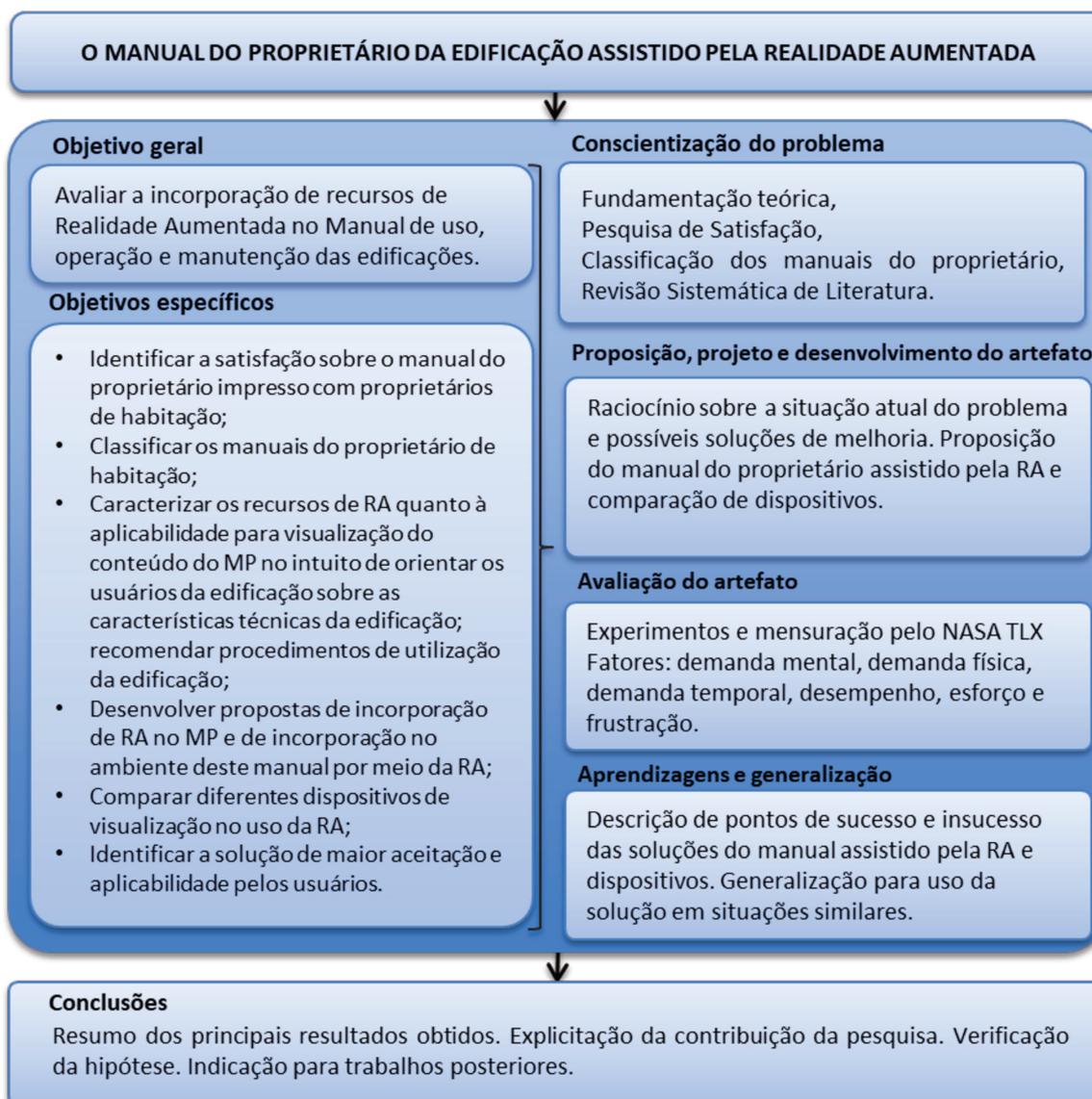
O **Apêndice B**, exhibe o Formulário de Pesquisa e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) aplicados na Classificação de Manuais.

Por sua vez, o **Apêndice C**, exhibe os Formulários de Pesquisa e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aplicados na fase de Avaliação do Artefato (Capítulo 7).

O **Apêndice D** apresenta os marcadores e os manuais utilizados nos protótipos *Living Augmented Reality* e no *Manual Augmented Reality* considerando os dispositivos utilizados.

Por fim, o **Apêndice E** apresenta gráficos da análise da carga de trabalho, de acordo com amostra por experimento, a partir de dados extraídos do NASA *Task Load Index* e seus fatores. A estrutura da tese representada pela síntese do delineamento encontra-se esquematizada pela Figura 1.

Figura 1 – Estrutura da Tese representada pela Síntese do Delineamento



Fonte: A Autora

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica da presente pesquisa. Três assuntos principais são discutidos: (i) manuais de uso, operação e manutenção, com a apresentação de conceitos e abordagem das normas específicas de edificação; (ii) *Facility Management* (FM), incluindo a apresentação de conceitos, com ênfase na operação e manutenção, e sua implantação na Modelagem da Informação da Construção; e (iii) Realidade Aumentada, com apresentação de conceitos, dos requisitos para a sua aplicação, e (iv) a sua difusão nas áreas de Projeto, Construção e Operação.

2.1 MANUAIS DE USO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Poucos são os produtos que não necessitam de explicação adicional. Os produtos não são completos sem as suas informações e/ou documentação (ROY et al., 2004). A informação é indispensável para a utilização de todas as características de um produto e, da mesma forma, os usuários esperam utilizar todos os recursos ofertados por um bem. Dessa forma, o manual de instrução se faz necessário para todo produto a ser fornecido.

Nesse sentido, a legislação europeia intitulada “*Usable and safe operating manuals for consumer goods: a guideline*” especifica que um produto só está completo quando acompanhado de um manual operacional (ROY et al., 2004). A entrega ou venda de um produto sem um manual de instrução é contra a lei e, nestes casos, o usuário tem direito a uma assistência total. Além disso, a distribuição de produtos técnicos na União Europeia exige uma declaração de conformidade com relação ao produto. Sem um manual de instruções, completo e correto, esta declaração não é válida. Se houver qualquer problema, o distribuidor deve arcar com o prejuízo (ROY et al., 2004).

Por sua vez, a BS 8210:2012 *Guide to facilities maintenance management*, norma britânica, destina-se diretamente aos proprietários, operadores e gestores da edificação (BSI, 2012a). Nesta norma, o manual é caracterizado como *maintenance manual* e apresenta instruções técnicas destinadas a preservar um item ou a restaurá-lo a um estado em que se possa desempenhar a sua função. Esta mesma publicação destaca a importância do uso do manual ou manuais quando apresenta que a preparação de um manual pode oferecer vantagens significativas ao fornecer uma declaração clara de intenções e ações necessárias.

Os procedimentos de uma empresa de manutenção devem ser formalizados em um manual, que deve ser atualizado periodicamente, e que pode pertencer a uma documentação mais ampla incorporados a um livro de *facilities (facility handbook)* (BSI, 2012a). Ademais, a BS 8210:2012 cita outras Normas: (i) a BS EN 82079:2012 *Preparation of instructions for use – Structuring, content and presentation – Part 1: General principles and detailed requirements*, que tem como escopo fornecer os princípios gerais e requisitos específicos para projeto e criação de todos os tipos de instruções de uso que serão necessárias para usuários de produtos de todos os tipos (englobam desde uma lata de tinta a produtos altamente complexos, como máquinas industriais ou edificações), e (ii) a BS EN 13460:2009 *Maintenance - Documentation for maintenance*, que trata da fase operacional e ciclo de vida do equipamento a ser mantido e descreve uma lista de documentos necessários para a manutenção (BSI, 2012a; BSI, 2012b; BSI, 2010).

No Brasil, a Lei n. 8.078 de 11 de setembro de 1990, mais conhecida como Código de Defesa do Consumidor, dispõe sobre as normas de proteção e defesa do consumidor e outras providências. Nesta mesma lei, o produto é caracterizado por qualquer bem, móvel ou imóvel, material ou imaterial. Inserida nos direitos básicos do consumidor está a informação adequada sobre os diversos produtos e serviços, com especificação correta de quantidade, características, composição, qualidade, tributos incidentes e preços, além dos riscos que os mesmos apresentem. O artigo 50 da referida lei destaca-se pelos parâmetros estabelecidos a serem seguidos pela garantia contratual. O termo de garantia deve ser padronizado e apresentar de maneira adequada em que consiste a garantia, bem como sua forma, prazo, lugar, e ônus a cargo do consumidor. O manual de instrução, de instalação e de uso do produto deve acompanhar o termo e ser entregue em linguagem didática e com ilustrações (BRASIL, 1990).

Aplicando-se o Código de Defesa do Consumidor na área de Projeto, Construção e Operação, podem ser previstas as devidas responsabilidades em várias fases do empreendimento: (i) na fase de projeto, (ii) na fase de execução e, por fim (iii) na fase de pós-ocupação, abarcando o prazo de garantia, na qual se espera que o desempenho da edificação corresponda ao planejado, e que as informações adequadas fornecidas no manual de uso, operação e manutenção evitem o surgimento de novos problemas (GRANDISKI, 1998).

O manual do proprietário da edificação é regido por normas. Essas normas norteiam a criação do manual e apontam itens e definições em que o mesmo deve abordar. Para Baroni (2010) o documento deve informar aos usuários as características técnicas da edificação,

apresentar procedimentos para um melhor uso da edificação, apontar atividades essenciais de manutenção e prevenir contra o uso inadequado e ocorrência de acidentes. O manual de operação, uso e manutenção da edificação é uma obrigação legal e se faz necessário para a preservação da vida útil de todo imóvel. A NBR 15575 apresenta de forma clara a atribuição da responsabilidade da manutenção da edificação ao usuário desde que o mesmo receba um manual orientativo dessas atividades. Os assuntos que tratam da manutenção inseridos na NBR 15575 representam um incremento ao conteúdo do manual, especificamente no que diz respeito à garantia da vida útil de projeto da edificação (HIPPERT; MATTOS JUNIOR; CÂNDIDO, 2015).

Sob o mesmo ponto de vista, Pereira, Hippert e Abdalla (2011) destacam as principais razões para elaboração dos manuais de operação, uso e manutenção: (i) sua confecção é obrigatória; (ii) atua como documentação legal entre empresas e clientes; (iii) estabelece direitos e responsabilidades dos agentes envolvidos; (iv) é uma ferramenta substancial para o controle de qualidade dos ambientes do edifício; (v) os clientes reconhecem a sua utilidade, (vi) apoia as atividades de gerenciamento da manutenção; (vii) reduz os problemas oriundos do uso inadequado da edificação e/ou de seus componentes; (viii) por ter garantia estipulada, pressiona os fornecedores a melhorar seus produtos; (ix) quando cumprido, prolonga o desempenho das edificações; e por fim (x) apoia na rápida solução de problemas próprios da edificação.

2.1.1 Pesquisas Brasileiras sobre Manual do Proprietário

Algumas pesquisas sobre o manual do proprietário foram realizadas em âmbito nacional. Neste contexto, Santos (2003) constatou uma deficiência no conteúdo presente nos manuais e, diante disso, alguns sindicatos da construção civil disponibilizaram conteúdo informativo para a confecção do manual por parte das empresas responsáveis. Por sua vez, Aguilera (2005) analisou as normas e as legislações vigentes no período e realizou a verificação de 11 manuais do proprietário. A autora constatou que são poucas as empresas que desenvolvem manuais apropriados aos seus usuários, e que também é deficitário o número de profissionais com conhecimento das referidas normas que elaboram os manuais. Esta afirmação é reforçada pela pesquisa de Michelin (2005) que identificou como a informação do manual do proprietário foi disponibilizada, pelas empresas de Caxias do Sul, no Rio Grande do Sul, aos seus clientes. O estudo revelou que algumas empresas produziam manuais com informações deficitárias devido ao desconhecimento do conteúdo da NBR

14037. Por sua vez, Lourenço Filho (2009) revelou que as empresas da construção civil reconhecem a importância do manual, porém a sua criação com a finalidade de oferecer proteção legal à empresa aparece em primeiro plano, deixando em segundo plano o seu principal objetivo que é informar ao usuário ações que beneficiem a vida útil do edifício.

A seguir serão explicitadas as normas que se referem à criação de manuais do proprietário (ABNT 14037), juntamente com outras relacionadas a Manutenção das edificações (ABNT 5674), e seu desempenho (ABNT 15575). Vale esclarecer que nesta tese, o termo manual de uso, operação e manutenção das edificações também é apresentado como manual do proprietário da edificação, ou apenas manual do proprietário.

2.1.2 Norma ABNT 14037 - Diretrizes para a elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para a elaboração e apresentação dos conteúdos

A ABNT 14037:2011 traz, na sua introdução, a importância da qualidade no processo de produção das edificações, meta que impulsiona mudanças significativas na construção civil, e que tem evidenciado uma ampla abordagem do processo e de seus participantes. O processo de produção das edificações, que antes era constituído apenas de duas etapas (projeto e execução), passa a agregar outras etapas. As atividades de uso, operação e manutenção dos edifícios passa a integrar as etapas posteriores à execução, já que a edificação construída não caracteriza o término desse processo.

A sociedade tem reconhecido o valor da importância dessas atividades como forma de garantir a durabilidade e a preservação das condições de uso da edificação durante a sua vida útil. “A questão centra-se então no desenvolvimento de uma interface eficiente entre projeto e edificação constituída, e programas de manutenção”. O planejamento e uso de programas de manutenção corretiva e preventiva são imprescindíveis. Isto torna-se mais evidente quando as edificações são mais complexas fugindo dos padrões das edificações existentes (ABNT, 2011).

Como escopo, a ABNT 14037 (2011, p.1):

Estabelece os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação dos conteúdos a serem incluídos no manual de uso, operação e manutenção das edificações elaborado e entregue pelo construtor e/ou incorporador, conforme legislação vigente, de forma a:

Informar aos proprietários e ao condomínio as características técnicas da edificação construída;

Descrever procedimentos recomendáveis e obrigatórios para a conservação, uso e manutenção da edificação;

Em linguagem didática, informar e orientar os proprietários e o condomínio com relação às suas obrigações no tocante à realização de atividades de manutenção e conservação, e de condições de utilização da edificação;

Prevenir a ocorrência de falhas ou acidentes decorrentes de uso inadequado; e

Contribuir para que a edificação atinja a vida útil de projeto (NBR 14037, 2011, p.1).

A ABNT 14037 (ABNT, 2011) cita outras normas como documentos indispensáveis à sua aplicação: a ABNT 5674, Manutenção de Edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção, a ABNT 12721:2006 - Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios – Procedimento, e a ABNT 15575-1 - Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho – Parte 1: requisitos gerais.

Na seção 3 de **Termos e definições** a ABNT 14037 conceitua os termos: componente, durabilidade, prazo de garantia, manual de uso, operação e manutenção, manutenção, operação, sistema, uso, usuário, operador, vida útil de projeto (VUP) e área de uso privativo (ABNT, 2011).

Na seção 4, **Requisitos para a elaboração e apresentação do manual** a ABNT 14037 apresenta que a linguagem do manual do proprietário deve ser simples e direta, com vocabulário preciso e adequado ao usuário e ao condomínio, indicando o uso de ilustrações, desenhos esquemáticos, fotografias e tabelas. As informações devem ser apresentadas de forma didática e com informações que facilitem a sua compreensão. O manual deve ter o nível de detalhamento compatível com a complexidade da edificação e deve ser produzido em meio físico, sendo impresso ou eletrônico (CD, DVD, pen drive). É permitido o uso de meios eletrônicos desde que sejam de fácil operação e entendimento com alternativa para impressão de conteúdo, possibilitando ao usuário a aquisição de uma via impressa, se assim o desejar, na entrega da obra (ABNT, 2011).

Ainda na seção 4, a ABNT 14037:2011 recomenda que o conteúdo do manual deve ser orientativo e estar subdividido em capítulos, e por sua vez os capítulos podem estar subdivididos em itens. Apresenta ainda uma tabela orientativa, conforme ilustra o Quadro 1, de disposição de conteúdo dos capítulos e subdivisões de itens (ABNT, 2011). Este Quadro pode ser complementado e adaptado conforme a necessidade de cada empreendimento.

Quadro 1 - Disposição de Conteúdos

Item	Capítulo	Subdivisões
1	Apresentação	Índice Introdução Definições
2	Garantias e assistência técnica	Garantias e assistência técnica
3	Memorial descritivo	Descrição da edificação
4	Fornecedores	Relação de fornecedores Relação de projetistas Serviços de utilidade pública
5	Operação, uso e limpeza	Sistemas hidrossanitários Sistemas eletroeletrônicos Sistema de proteção contra descargas atmosféricas Sistemas de ar condicionado, ventilação e calefação Sistemas de automação Sistemas de comunicação Sistemas de incêndio Fundações e estruturas Vedações Revestimentos internos e externos Pisos Coberturas Jardins, paisagismo e áreas de lazer Esquadrias e vidros Pedidos de ligações públicas
6	Manutenção	Programa de manutenção preventiva Registros Inspeções
7	Informações complementares	Meio ambiente e sustentabilidade Segurança Operação dos equipamentos e suas ligações Documentação técnica e legal Elaboração e entrega do manual Atualização do manual

Fonte: ABNT 14037 (2011)

Na seção 5, **Requisitos para os conteúdos dos capítulos e subdivisões do manual**, a ABNT 14037 recomenda que cada capítulo deve apresentar uma visão específica e detalhes que permitam orientar o leitor sobre o seu conteúdo. Indica a divisão do manual em: apresentação, garantias e assistência técnica, memorial descritivo, fornecedores, operação, uso e limpeza, manutenção e informações complementares (ABNT, 2011). Cada item será explicitado a seguir.

O item **apresentação** deve ser subdividido em: **índice, introdução e definições**. O índice deve ser alfanumérico e de forma sequencial informando os capítulos e subdivisões com indicação das páginas do manual, a introdução deve apresentar informações sobre o empreendimento e sobre o manual, enquanto que o item definições deve conter conceitos sobre termos técnicos e legais contidos no manual necessários a compreensão do usuário.

No item **garantias e assistência técnica** devem conter os subitens: **garantias, perdas de garantias e assistência técnica**. No item garantias devem constar prazos de garantia, indicando os principais itens das áreas de uso privativo e de uso comum, variando de acordo com a característica de cada empreendimento com base no memorial descritivo. Contratos preexistentes devem ser informados, como por exemplo de equipamentos, e recomenda-se a utilização da ABNT 15575-1 para a apresentação dos prazos de garantia. Em perdas e garantias deve constar explicitamente as exigências de perdas de garantias, já em assistência técnica deve constar a forma em que o construtor e/ou incorporador responde pelo serviço de atendimento ao cliente para esclarecimentos referentes a manutenção, garantia e assistência técnica.

Em **memorial descritivo** deve conter uma “descrição escrita e ilustrativa da edificação “como construída” tanto para as áreas de uso privativo quanto para as áreas de uso comum” (ABNT 14037:2011).

A complexidade do empreendimento balizará a abordagem e extensão das informações fornecidas. No item **fornecedores** deve constar os subitens: relação de fornecedores, relação de projetistas (indicação dos responsáveis pelos projetos) e relação dos serviços de utilidade pública (indicação das concessionárias). Nas relações de fornecedores, projetistas e serviços de utilidade pública devem conter o contato dos mesmos.

Em **operação, uso e limpeza** deve conter informações sobre os procedimentos dos componentes ou equipamentos mais importantes da edificação, no intuito de prevenção de danos. O nível de detalhamento deve ser de acordo com a complexidade do empreendimento e deve ser tratado separadamente. Para isso o manual deve conter as seguintes informações:

- descrição dos procedimentos para pedido de ligação dos serviços públicos com indicação de contato, endereço e documentação necessária;
- instruções sobre a instalação de equipamentos previstos em projeto para serem fornecidos e instalados pelo usuário;
- instruções de movimentação nas áreas comuns do edifício (horizontal e vertical), com dimensões e cargas máximas aceitáveis para móveis e equipamentos no interior da edificação;
- instruções de uso e recomendações de limpeza;

- informação sobre as recomendações da ABNT 15575-1, em partes específicas, para acesso de pessoas e manutenção nas coberturas.

No item **manutenção** deve constar os subitens: **programa de manutenção preventiva, registros e inspeções**. Em programa de **manutenção preventiva** deve conter o modelo do programa de manutenção preventiva atendendo a ABNT 5674 incluindo a periodicidade das manutenções e informações sobre procedimentos para manutenção da edificação com descrição de condições de manutenibilidade³ prevista em projeto. A elaboração do programa deve ser feita pelo proprietário ou condomínio e o cumprimento do programa gera subsídio para o bom funcionamento da edificação, respeitando as condições de saúde, segurança e salubridade do usuário. Já os **registros** dizem respeito a anotação da manutenção conforme a ABNT 5674. Com relação às **inspeções**, se referem as orientações para a execução da inspeção. O manual deve indicar a produção de laudos de rotinas periódicas de inspeção de manutenção, uso e operação a serem realizadas por profissionais habilitados. Esses laudos devem ser anexados a documentação da edificação. O incorporador, construtor, proprietário ou condomínio podem solicitar até três laudos.

No item **informações complementares**, deve constar os subitens: **meio ambiente e sustentabilidade, segurança, operação dos equipamentos e suas ligações, documentação técnica e legal, elaboração e entrega do manual e atualização do manual**.

Vale ressaltar que nesta tese estão referenciadas a NBR 14037 elaborada em 2011 e também a sua versão corrigida que consta uma errata publicada em 2014. O mesmo ocorre com a NBR 5674 que possui a versão de 2009 e sua atualização em 2012.

2.1.3 Norma ABNT 5674 - Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção

Inicialmente a Norma ABNT 5674:2012 trata, na sua introdução, da importância da manutenção da edificação e seu crescimento na construção civil. As edificações dão suporte físico de todas as atividades produtivas e são criadas para atender durante anos os seus usuários e para isso devem estar em condições adequadas de uso. A negligência aos serviços de manutenção possui um custo social e é refletida na qualidade de vida de seus usuários. As tarefas de manutenção devem ser compreendidas como um serviço técnico e que exige

³ “Grau de facilidade de um sistema, elemento ou componente de ser mantido ou recolocado no estado no qual possa executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas, procedimentos e meios prescritos” (CBIC, 2013, p.33).

capacitação. Os procedimentos de manutenção devem ser organizados em um sistema de manutenção que, por sua vez, apresente um controle de custos e atendimento da satisfação dos usuários com as condições presentes nas edificações no intuito de contemplar uma maior eficiência e qualidade na administração de uma ou várias edificações (ABNT, 2012).

Como objetivo a ABNT 5674:2012 “estabelece os requisitos para a gestão do sistema de manutenção de edificações” (ABNT 2012, p.1) e destaca como escopo que a gestão do sistema de manutenção visa a preservação das características originais da edificação e a correção da perda de desempenho decorrente da deterioração de seus componentes. Entretanto, os serviços que alterem o uso das edificações não estão incluídos no escopo da manutenção.

A ABNT 5674:2012 cita as normas técnicas ABNT NBR 9077 - Saídas de emergência em edifícios; a ABNT 14037 - Diretrizes para a elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações, e a ABNT 15575 – Edifícios habitacionais até cinco pavimentos, como documentos indispensáveis a serem seguidos.

Ao organizar um sistema de manutenção, o mesmo deve levar em consideração: (i) a tipologia da edificação; (ii) o uso efetivo da edificação; (iii) tamanho e complexidade do empreendimento e seus sistemas, e (iv) localização e implicações do entorno da edificação (ABNT, 2012). A ABNT 5674:2012 separa o sistema de manutenção em três tipos: manutenção rotineira, manutenção corretiva e manutenção preventiva⁴. A execução dos serviços deve ser coordenada e o programa de manutenção deve especificar os três tipos de manutenção a serem realizados. É recomendada a avaliação periódica dos indicadores de eficiência da gestão do sistema de manutenção seguindo os seguintes parâmetros: (i) atendimento ao desempenho das edificações conforme norma 15575, (ii) prazo acordado entre a verificação da não conformidade e a conclusão do serviço de manutenção, (iii) tempo médio de resposta às solicitações dos usuários e intervenções de emergência, (iv) frequência das inspeções prediais de uso e manutenção estabelecidas no manual do proprietário e (v) registro das inspeções.

As inspeções devem ser realizadas periodicamente seguindo as recomendações da norma ABNT 14037 e programa de manutenção específico do empreendimento. Devem seguir modelos prévios contemplando roteiro de inspeção, componentes e equipamentos mais

⁴ Os três tipos de manutenção referidos pela ABNT 5674:2012 foram explicitados na seção 2.1.1 Tipos de *Facility Management* – Operação e Manutenção, do presente trabalho.

importantes e formas de degradação esperada das edificações juntamente com as solicitações dos usuários. A deterioração e perda de desempenho de cada componente deve ser descrito e os serviços de manutenção devem ser classificados conforme grau de urgência indicando os serviços a serem incluídos em manutenção corretiva abarcando o prognóstico de ocorrências.

No que diz respeito aos recursos financeiros, o sistema de manutenção deve possuir instrumentos capazes de prever os recursos necessários, incluindo reserva destinada aos serviços de manutenção corretiva e podendo assimilar margem de erro de estimativas físicas, de custos e de índices inflacionários. As previsões orçamentárias devem expressar a relação custo-benefício dos serviços com registro em ata das deliberações da realização ou não das intervenções.

Com relação ao programa de manutenção, o mesmo deve considerar projetos, memoriais, orientação de fornecedores e manual de operação, juntamente com a tipologia da edificação, sistemas, materiais e equipamentos, idade das edificações, entre outras características específicas. A programação dos serviços deve contemplar a durabilidade dos materiais com relação as condições ambientais que estão submetidos; relatórios de inspeções; solicitações e reclamações dos usuários; registros anteriores de ações corretivas e preventivas; restrições climáticas e ambientais, níveis de prioridade de serviços e, disponibilidade financeira. A NBR 5674 disponibiliza modelos de sistematização das atividades de manutenção, contém indicações de sistemas para a periodicidade que devem ser ajustados de acordo com o projeto ou especificações técnicas.

No que diz respeito aos requisitos de planejamento das atividades, os serviços de manutenção devem ser planejados anualmente considerando especificações técnicas, disponibilidade de recursos humanos e financeiros, sequência, cronograma e duração das atividades. Devem incluir equipamentos de sinalização e proteção dos usuários; instruções de procedimentos de execução; manutenibilidade e conter a previsão de acesso seguro aos locais da edificação onde serão realizados os serviços. Devem ser projetados para minimizar a interferência nas condições normais de uso da edificação durante a sua execução e de seus usuários.

Em caso de contratação de serviços terceirizados a Norma estabelece as seguintes formas: na avaliação das propostas dos serviços terceirizados deve-se observar a qualificação técnica da empresa ou capacidade técnica do profissional, outros serviços de manutenção realizados, referência de clientes, preço, prazo de execução, condições de pagamento,

cronograma, habilitação jurídica, regularidade fiscal, idoneidade, capacidade financeira da empresa ou profissional em relação aos serviços a serem contratados.

A execução dos serviços de manutenção requer responsabilidade técnica de empresa ou profissional e deve ser de acordo com às normas de segurança do trabalho. Os serviços de segurança da edificação deverão continuar em funcionamento e aquele que executa deve providenciar dispositivos de segurança para a execução dos serviços e de proteção aos usuários das edificações, além de informativos de advertência sobre os eventuais riscos. Toda a documentação gerada deve ser anexada ao **manual de operação, uso e manutenção da edificação**, e se os serviços resultarem em mudança de características da edificação, toda a documentação deve ser atualizada (especificações, projetos e manual de operação, uso e manutenção da edificação).

O fluxo da manutenção deve ser escrito e aprovado pelo condomínio com indicação de início a partir do manual do proprietário, seguido do programa de manutenção, registro de contratação, registro de execução e, por fim arquivamento de toda a documentação produzida.

Um sistema de manutenção deve contemplar uma estrutura de gestão que possibilite a criação ou compilação de normas e procedimentos juntamente com os documentos técnicos; a supervisão da qualidade das atividades desenvolvidas e a avaliação da sua eficiência (considerando tempo de resposta às solicitações, relação entre custo e tempo, taxa de sucesso das intervenções, satisfação dos usuários e desempenho econômico do sistema).

2.1.4 Norma ABNT 15575 - Edificações Habitacionais – Desempenho

A norma ABNT 15575 (ABNT, 2013), trata dos desempenhos na forma de requisitos e critérios com relação a edificação habitacional e contém seis partes.

A parte 1: **Requisitos Gerais**, da referida norma primeiramente traz em seu prefácio uma referência às outras partes da norma e na sua Introdução a importância da mesma para com o usuário e suas exigências para com o edifício habitacional e seus sistemas, quanto ao seu comportamento em uso. A abrangência dessa norma explora conceitos como durabilidade dos sistemas, manutenibilidade da edificação e o conforto tátil e antropodinâmico dos usuários. Entende-se como desempenho o comportamento em uso de uma edificação e seus sistemas.

Consta em seu escopo que, de uma forma geral a ABNT 15575_1 (2013):

Estabelece os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam às edificações habitacionais, como um todo integrado, bem como serem avaliados de forma isolada para um ou mais sistemas específicos (ABNT 15575_1, 2013, p. 4).

Para o cumprimento da referida norma, outros documentos são indispensáveis a sua aplicação e para isto o item Referências Normativas lista uma série de outras normas, guias e procedimentos ISO que complementam a ABNT 15575.

O item **Termos e Definições**, como o próprio nome diz, esclarece a terminologia necessária para uma melhor compreensão dos assuntos abordados. Destaca-se neste item a **manutenção** como: “conjunto de atividades a serem realizadas ao longo da vida total da edificação para conservar ou recuperar a sua capacidade funcional e de seus sistemas constituintes de atender as necessidades e segurança dos seus usuários”.

A **operação** como: “conjunto de atividades a serem realizadas em sistemas e equipamentos com a finalidade de manter a edificação em funcionamento adequado” e a **manutenibilidade** como:

Grau de facilidade de um sistema, elemento ou componente de ser mantido ou recolocado no estado no qual possa executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sobre condições determinadas, procedimentos e meios prescritos (ABNT 15575_1, 2013, p. 9).

O quesito **Exigências do Usuário** apresenta uma lista geral de exigências para com o usuário que, de forma resumida, são relativas a segurança, habitabilidade, sustentabilidade e nível de desempenho. Já o item **Incumbência dos intervenientes** relata o papel do fornecedor, do projetista, do construtor e do incorporador, e também do usuário com relação a questões específicas da habitação.

A avaliação de desempenho busca “analisar a adequação ao uso de um sistema ou de um processo construtivo destinado a cumprir uma função, independentemente da solução técnica adotada”. Como os requisitos são derivados das exigências dos usuários e isto pode acarretar em uma série de itens, a norma estabelece requisitos e critérios a serem considerados que são: desempenho estrutural, segurança contra incêndio, segurança no uso e na operação, estanqueidade, desempenho térmico, desempenho acústico, desempenho lumínico, durabilidade e manutenibilidade, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico e adequação ambiental (ABNT, 2013).

As outras partes da ABNT 15575 são específicas para cada tipo de sistema: 1 - requisitos gerais; 2 - requisitos para os sistemas estruturais; 3 - requisitos para os sistemas de

pisos; 4 - requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas; 5 - requisitos para os sistemas de coberturas e por fim, parte 6 - requisitos para os sistemas hidrossanitários.

2.2 *FACILITY MANAGEMENT*⁵

As edificações apresentam um extenso ciclo de vida envolvendo as etapas de concepção, de projeto, de construção, de uso, de reformas ou de demolição. Dentre as etapas, a de uso é a mais longa, podendo durar décadas. Neste contexto, a manutenção predial é um processo longo e que necessita de planejamento e gestão adequados (SANCHES, 2010). *Facility Management* (FM) também conhecido como gestão de facilidades ou gestão de *facilities*, visa proporcionar ambientes de trabalho mais seguros e eficientes para seus usuários. Requer-se a habilidade de monitorar equipamentos com precisão, identificar operações ineficientes na edificação e responder rapidamente ao chamado de clientes/usuários. Cada componente desse sistema tem um custo associado à sua instalação, substituição e/ou manutenção. A atividade do gestor de facilidades depende da precisão e do acesso fácil aos dados criados nas fases de projeto e construção, e mantidos durante a fase de manutenção e operação. Uma quebra no fluxo de informação pode resultar em grandes custos, em instalações ineficientes e na execução prematura de uma solicitação (GENERAL SERVICES ADMINISTRATION, 2011).

A origem do *facility management* pode ser atribuída a uma era de gestão científica e o subsequente crescimento de escritórios de administração por volta de 1900. Porém, foi com a incorporação dos computadores nos locais de trabalho, na década de 1960 nos Estados Unidos da América (EUA), que a gestão de facilidades foi ampliada. Já na década de 1970, a partir da crise de energia, FM tornou-se conhecido no âmbito residencial pela necessidade de administrar melhor os custos e associá-los a uma atividade condominial. Na década de 1980, surgiu a *National Facility Management Association* (NFMA) da necessidade da criação de um espaço próprio para seu desenvolvimento. A partir daí surgiu a *International Facility Management Association* (IFMA), com sede nos EUA. Esta época foi um período de grandes mudanças, pelo crescimento de empresas terceirizadas no fornecimento de serviços especializados e pela criação de leis que afetaram funcionários, práticas e contratos de

⁵ Parte deste capítulo foi publicado em: MOREIRA, Lorena Claudia de Souza; RUSCHEL, Regina Coeli. Impacto da adoção de BIM em Facility Management: uma classificação. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 6, n. 4, p. 277-290, dez. 2015. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8634982>>. doi:<http://dx.doi.org/10.20396/parc.v6i4.8634982>.

trabalho. Com o ritmo acelerado oriundo do surgimento das novas tecnologias, o *facility management* se desenvolveu e se expandiu em épocas mais recentes. Questões como a continuidade dos negócios, as ameaças à segurança, a gestão de riscos, a responsabilidade social corporativa e instabilidade financeira têm pressionado os profissionais de gestão de facilidades a estabelecer a eficiência no local de trabalho (WIGGINS, 2010).

Facility management envolve pessoas, processos e espaços abrangendo áreas como: gestão de espaços, serviços administrativos, operações de manutenção, serviços de arquitetura e engenharia, administração de bens imobiliários, segurança e planejamento de facilidades. *Facility management* demanda um profissional multidisciplinar com base em teorias e princípios de engenharia, arquitetura, design, contabilidade, finanças, gestão e ciência comportamental. Cada uma destas disciplinas tem uma rica história de teoria, pesquisa e prática. FM surge como uma nova área, construída sobre essas bases e criando um novo conjunto de teorias e práticas (TEICHOLZ, 2001). Por sua vez, Alexander (1996) revela que FM pode ser considerada uma profissão que cria ambientes propícios para a implementação das principais operações de uma organização. Isto é realizado por meio de uma visão integrada de infraestrutura de serviços que fornece apoio para uma atividade central, e conseqüentemente, aumenta a satisfação do cliente proporcionando uma entrega otimizada. Da mesma forma, Degani (2010) relaciona o gerenciamento de *facilities* à gestão estratégica das organizações e como uma função técnico-administrativa, com o objetivo de apoiar as organizações e os indivíduos na busca de melhores desempenhos durante a ocupação dos espaços construídos.

2.2.1 Tipos de *Facility Management* – Ênfase na Operação e Manutenção

De acordo com a IFMA, as responsabilidades dos gestores de *facilities* estão distribuídas em categorias: planejamento, finanças, gestão do espaço, planejamento de interiores, planejamento de instalações, serviços de arquitetura e engenharia, manutenção de edifícios e operações (TEICHOLZ, 2001).

Já a Associação de FM da Austrália (*Facility Management Association of Australia - FMAA*) agrupa as responsabilidades de uma outra maneira, separando-as em três níveis macros: (i) FM na prática, em que os interesses operacionais prevalecem sobre os interesses estratégicos, (ii) gestão em FM, em que os interesses práticos e estratégicos assumem igual importância e (iii) liderança em FM, em que os interesses estratégicos superam os interesses operacionais. Entretanto, a FMAA abrange competências similares que são: gestão de

instalações, gestão de risco, gestão de carreira, gestão de projetos, gestão de desempenho financeiro, gestão de prestação de serviços, gestão de mudança, gestão das relações de trabalho, facilitador de comunicação, gestão de contratos, gestão de portfólio, e gestão de desempenho (BEST; LANGSTON; VALENCE, 2003).

No Brasil, a Associação Brasileira de *Facilities* (ABRAFAC) tem como objetivo desenvolver o mercado, as organizações e os profissionais de *facilities* envolvidos. A ABRAFAC revelou, em pesquisa recentemente realizada, que as empresas com o gerenciamento integrado de *facilities* economizam entre 9% e 14% dos gastos totais, enquanto que a terceirização das tarefas individuais gera uma economia de 3% a 5%. Outro dado apresentado é a dificuldade em definir todas as responsabilidades inerentes ao cargo do profissional de *facilities*. No entanto, o controle e o zelo pelo bom funcionamento das instalações e a atuação junto a outros profissionais de instalações são consenso das responsabilidades da profissão. A pesquisa foi realizada com 650 profissionais da área (ABRAFAC, 2016).

Quando se trata da manutenção, sua importância está relacionada com a indústria da construção e o produto interno bruto (PIB) de um país. No Reino Unido, a manutenção representa 40% dos investimentos da indústria da construção e por sua vez a indústria da construção representa 10% do PIB. Neste sentido, verifica-se que a manutenção quando planejada de uma forma eficaz pode criar rendimentos significativos (WIGGINS, 2010).

A manutenção deve ser gerida por um conjunto de diretrizes que:

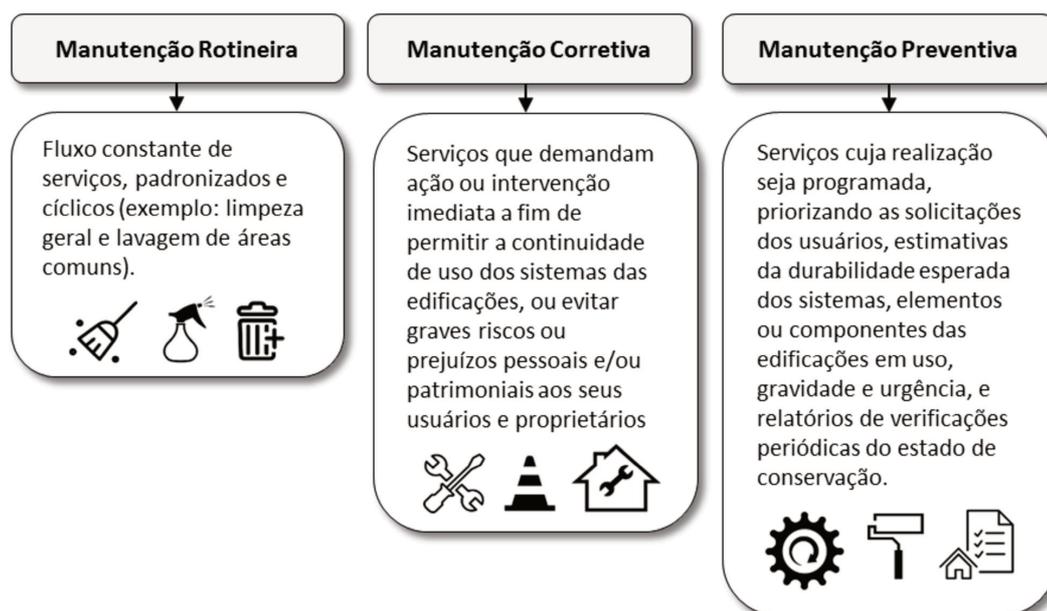
Preserve o desempenho previsto em projeto ao longo do tempo, minimizando a depreciação patrimonial, estabeleça as informações pertinentes e o fluxo da comunicação e estabeleça as incumbências e autonomia de decisão dos envolvidos (ABNT NBR 5674:2012, p. 3).

Pujadas (2011) acrescenta que a manutenção deve ser entendida como uma “ferramenta estratégica na gerencia de ativos imobiliários, pois está diretamente ligada à viabilidade de investimentos patrimoniais e depreciação do bem”. Por sua vez, é importante distinguir manutenção de reforma, modernização ou *retrofit*. Estas intervenções alteram as características originais dos sistemas construtivos, fato que não acontece na manutenção (IBAPE, 2012). O objetivo primordial da manutenção é preservar o edifício. Essencialmente, a finalidade da manutenção é: manter o valor da edificação, manter o uso da construção, fornecer ambientes seguros, reduzir acidentes e danos oriundos de defeitos/deterioração da construção, manter uma boa aparência ou imagem da edificação, preservar obrigações contratuais em contratos de locação, prolongar a vida útil de uma edificação, reter exigências

para seguradoras, reduzindo sinistros e custos, e manter garantias e obrigações (WIGGINS, 2010). No ciclo de vida da construção a fase que tem uma maior duração é a de uso e operação, pois trata-se do momento em que podem ocorrer diversas intervenções de manutenção e até mesmo de reestruturação. Assim sendo, a qualidade é fortemente influenciada pelos custos de operação e grau de facilidade nas atividades de manutenção (SANCHES; FABRICIO, 2008). A falta de manutenção nos edifícios pode causar prejuízo funcional aos sistemas, perda precoce de desempenho e redução do prazo de vida útil. Diante disso, quando não se realiza a manutenção são crescentes os gastos com reparos corretivos e reformas. A manutenção garante a funcionalidade e, sobretudo a segurança do uso das instalações e sistemas da edificação. Se realizada sem critério técnico apropriado, pode causar gastos indevidos, danos materiais, físicos e psicológicos aos seus usuários além de desvalorização acentuada da edificação e indenizações (IBAPE, 2012).

A NBR 5674:2012 define um sistema de manutenção como um conjunto de procedimentos organizados visando o gerenciamento de serviços de manutenção e classifica três tipos de manutenção: manutenção rotineira, manutenção corretiva e manutenção preventiva, conforme apresentado na Figura 2. Um aspecto substancial sobre a manutenção periódica é que a mesma evita a perda da garantia de determinados sistemas da edificação, uma vez que o Código de Defesa do Consumidor alerta para que o uso inadequado do bem isenta o construtor da responsabilidade sobre o defeito ou anomalia que porventura possam vir a ocorrer (BRASIL, 1990).

Figura 2 - Diferentes tipos de Manutenção



Fonte: Adaptado da NBR 5674 (2012)

Entretanto, Wiggins (2010) classifica a manutenção em nove tipos: manutenção planejada, manutenção preventiva, manutenção baseada na condição, manutenção em execução (*running maintenance*), manutenção corretiva, manutenção centrada na confiança, manutenção emergencial, manutenção de quebra (*breakdown maintenance*) e manutenção de custo fixo.

2.2.2 Pesquisas Brasileiras

No Brasil, um estudo sobre reclamações em empreendimentos habitacionais de interesse social revela que 61% das reclamações são relacionadas a problemas construtivos, 29% estão relacionadas a problemas de manutenção e 10% a problemas comportamentais. No quesito manutenção, os sistemas prediais e esquadrias foram os itens que mais apresentaram reclamações. Estes registros são indicadores para tomada de decisão dos agentes envolvidos nas etapas de projeto e execução, assim como nas etapas de gestão da operação e manutenção (BRITO; FORMOSO; ECHEVESTE, 2011). Por sua vez, uma pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias Técnicas – IBAPE, sobre acidentes ocorridos em edificações com mais de 30 anos no estado de São Paulo, revelou que 66% das prováveis causas e origens dos acidentes prediais foram relacionados à deficiência com a manutenção, perda precoce de desempenho e deterioração acentuada. Apenas 34% dos acidentes foram causados ou originados por vícios construtivos ou anomalias endógenas (Figura 3). Diante disso, o IBAPE concluiu que é necessário implementar um sistema de manutenção e executar avaliações programadas das condições técnicas, de uso e de manutenção dos edifícios (IBAPE, 2012).

Figura 3 - Dados da Pesquisa IBAPE-SP

CAUSAS DOS ACIDENTES PREDIAIS NO ESTADO DE SÃO PAULO*

FALHAS DE MANUTENÇÃO E DO USO	66%
ANOMALIAS CONSTRUTIVAS ENDÓGENAS	34%

*Em prédios comerciais e residenciais com mais de 30 anos de uso. Fonte: Pesquisa IBAPE – SP realizada entre os anos de 2002 a 2007

CAUSAS DOS ACIDENTES PREDIAIS - CIDADE E LITORAL DE SÃO PAULO**

FALHAS DE MANUTENÇÃO (Podem ser concomitantes)	64%
- problemas nos revestimentos, como deslocamento e fissuras nas fachadas;	29%
- sistema elétrico e para raios: sobrecarga, curto circuito, falta de aterramento;	27%
- em equipamentos de combate a incêndio;	18%
- nos sistemas de impermeabilização;	13%
- problemas na rede de gás e hidráulica;	9%
- irregularidades estruturais.	8%
DEMAIS ANOMALIAS	36%

** Em prédios residenciais. Fonte: Pesquisa IBAPE – SP / 2009

Fonte: IBAPE (2009)

Para compreender a ênfase e interesse em pesquisa em FM no Brasil foram realizados dois levantamentos de bibliografia correlata: junto a coleção de periódicos científicos brasileiros da *Scientific Electronic Library Online* (<http://www.scielo.br>) e no Banco de Teses da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES (<http://bancodeteses.capes.gov.br/>).

Na SciELO verificou-se os seguintes possíveis termos no índice por assunto: *facility*, *facility layout*, *facility location*, *facility location model*, *facility maintenance*, *facility particion*. Uma busca geral com o termo “*facility*” identificou 41 artigos sendo que: 30 dos artigos tratavam da gestão de manutenção em instituições de saúde, abordando fatores ambientais e suas implicações na saúde do paciente ou assuntos da prática profissional associados; 10 estudos relacionados a localização de instalações e ao planejamento de espaços; e finalmente um estudo especificamente sobre a manutenção predial. Este último artigo estimulou a busca com os termos: manutenção predial, manutenção de edificações, manutenção de *facilities* e *building maintenance*. Este levantamento específico identificou: Amorim *et al.* (2013) que abordam a manutenção predial de estabelecimentos de saúde pela perspectiva da prestação de serviços; Pinto, Gouvea e Oliveira (2014) que apresentam estudo similar, mas com o enfoque sobre o edifício comercial, e Melo Filho, Rabbani e Barkokebas Junior (2012) que avaliam a manutenção de edificações no cumprimento a normas de segurança e saúde do trabalho.

O Banco de Teses da CAPES permite a busca por título, resumo, autor, área de conhecimento, palavras-chaves, programa, entre outros. Desta forma, o levantamento bibliográfico realizado neste banco partiu de buscas por palavra-chave para o termo manutenção predial identificando-se 5 dissertações sobre: prática sustentável aplicada a edificação (ABREU, 2012), terceirização de empresas de manutenção predial (MAKISHIMA, 2011), gestão de estabelecimentos assistenciais de saúde (AMORIM, 2012), supervisão de projetos de manutenção predial (GOMES JUNIOR, 2012) e inspeção predial como ferramenta de manutenção (NOYA, 2012). Em uma busca mais ampla, com o termo manutenção, foram encontrados 91 trabalhos acadêmicos. Entretanto, aplicando o filtro em áreas de conhecimento, foram encontradas 4 publicações na Engenharia (inclusos na busca citada acima) e 3 na área de Arquitetura e Urbanismo que identificou: uma pesquisa sobre diretrizes para a estruturação de um sistema de gestão da manutenção (ARAUJO, 2012), uma pesquisa sobre manutenção de estabelecimentos de saúde (PEREIRA, 2011), e outra sobre manutenção de habitações de interesse social (SANCHES, 2010). Na área de conhecimento Sociais e

Humanidades foi identificada uma dissertação sobre manutenção predial e de equipamentos em estabelecimentos de saúde pública (GUIMARÃES, 2012). Por fim, buscas com as palavras-chave “gestão de facilidades” ou “*facility management*” não resultaram registros. Estes levantamentos bibliográficos subsidiaram a compreensão de que, no Brasil, em *facility management* existe um maior interesse em pesquisa voltado para estabelecimentos na área de saúde, sendo que os trabalhos encontrados enfatizam a manutenção predial dessas edificações.

Quando se considera a extensa documentação necessária para uma manutenção e operação eficaz, é evidente que encontrar maneiras eficientes para coletar, acessar e atualizar esta informação é muito importante. Esta documentação, por questões legais, deve ser entregue ao proprietário e normalmente a maioria dos edifícios existentes têm essas informações armazenadas em documentos de papel (plantas técnicas, especificações técnicas de cada equipamento, memoriais e registros de manutenção, etc.) (Figura 4). Quando a edificação já está em uso esses documentos são armazenados em algum local de difícil acesso (TEICHOLZ, 2013). Isto reforça a importância deste estudo, no intuito de agregar uma melhor compreensão para o tema relacionado à Modelagem da Informação da Construção.

Figura 4 - Sala com documentos para manutenção



Fonte: Teicholz (2013)

2.2.3 Adoção do *Building Information Modeling* em FM

A gestão de facilidades é apoiada por sistemas de informação próprios, e esses sistemas de informação podem ser potencializados com a adoção da Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* - BIM).

A Modelagem da Informação da Construção pode ser compreendida como um conjunto de políticas, processos e tecnologias que visam o gerenciamento da essência do projeto, construção e operação da edificação, de forma digital, em todo o ciclo de vida da edificação (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013; SUCCAR, 2009).

O BIM compreendido como tecnologia trata-se de uma simplificação extrema do paradigma, uma vez que ele representa o estado da arte das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) voltadas para a construção civil, na qual engloba um complexo ambiente computacional para dar suporte, integrado e colaborativo, às fases do ciclo de vida da edificação (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013, CHECCUCCI, 2014). O ciclo de vida da edificação (Figura 5) compreende três etapas: (i) a pré-operacional, que incorpora a fabricação de materiais, as fases de projeto e atividades de construção; (ii) a operacional, relacionada às fases de uso e manutenção; e (iii) a pós-operacional, que se refere à fase de demolição ou desconstrução (SILVA, 2012).

Santos (2012) apresenta o BIM como:

Processo de produção, uso e atualização de um modelo de informações da edificação durante todo o seu ciclo de vida. Este modelo, além da geometria da construção, contém numerosas informações sobre seus diferentes aspectos, potencialmente abrangendo todas as disciplinas envolvidas num empreendimento (SANTOS, 2012, p. 26).

Para o comitê americano *National Institute of Building Sciences* (NIBS) o BIM pode ser classificado de três formas: (i) como um produto ou uma representação digital sobre uma determinada edificação, (ii) como um processo de forma colaborativa e integrada, e (iii) como um sistema para gerenciamento de *facilities* do ciclo de vida da edificação (NIBS, 2007).

Figura 5 - Principais fases do Ciclo de Vida de um empreendimento



Fonte: CBIC (2016)

Esta classificação é apresentada em conformidade pela BuildingSMART Australasia (2012) na concepção do BIM. BIM é um acrônimo de *Building Information Modelling* que apresenta três funções separadas, porém associadas: (i) como um processo para conceber

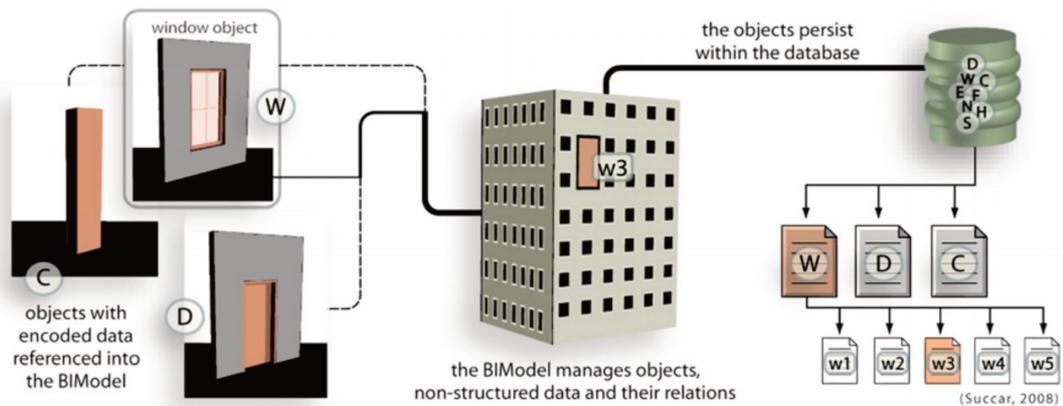
dados da construção no intuito de projetar, construir e operar a edificação durante todo o seu ciclo de vida, (ii) como uma representação digital das características físicas e funcionais da edificação (*Building Information Model* - modelo BIM) atuando como recurso compartilhado de conhecimento e base confiável para decisões da construção, e por fim (iii) como gerenciamento da informação da edificação (*Building Information Management*) organizando e controlando o processo de negócio, utilizando as informações do protótipo digital para efetuar a troca de informações sobre todo o ciclo de vida.

A principal força motriz para a adoção do BIM é a sua utilização para diversas finalidades em empreendimentos do setor da construção como: visualização, desenhos para fabricação/manufatura, análise de dados, simulações energéticas, desenvolvimento de projetos, engenharia de valor, análise pericial, *facilities management*, estimativa de custos, planejamento da construção, colaboração, controle e operação, revisões de construtibilidade, detecção de conflitos e de incompatibilidades, manutenção, reforma e de modo eventual, demolição da edificação (AHN; CHO; LEE, 2013, SANTOS, 2012, NIBS, 2007).

Eastman *et al.* (2014) revelam que os proprietários podem obter vantagens significativas em projetos utilizando o processo e ferramentas BIM. O BIM além de possibilitar elevar o valor do edifício, diminuir o tempo de obra, obter estimativas de custo precisas, garantir a conformidade do que foi planejado, possibilita otimizar o gerenciamento e a manutenção das instalações utilizando o modelo *as-built* da edificação como uma base de dados para gerir salas, espaços e equipamentos.

Para Florio (2007) as ferramentas BIM podem contribuir para a integração das informações oriundas dos diversos projetos em um único modelo digital (Figura 6). Este modelo é composto por um banco de dados abarcando todos os elementos construtivos e suas relações espaciais. Além da geometria dos elementos que formam a edificação, o BIM guarda seus atributos, exibindo suas configurações em três dimensões. Os elementos, que possuem características paramétricas, são interconectados e integrados espacialmente e é possível alterar seus componentes e obter atualizações que repercutem em todo o projeto. O modelo digital tridimensional gerencia o ciclo de vida do projeto e da construção do edifício tornando a comunicação das informações e intenções projetuais mais claras e precisas.

Figura 6 - Building Information Model - Modelo BIM



Fonte: SUCCAR (2009)

O Guia de Implementação BIM (COMPUTER, 2011) apresenta 25 usos do BIM ao longo do ciclo de vida da edificação distribuídos em 4 categorias: planejamento, projeto, construção e operação (Figura 7). Os referidos usos são: modelagem das condições existentes, estimativa de custos, planejamento de fases, programação, análise de locais, revisão de projetos, projeto autoral, análise energética, análise estrutural, análise luminotécnica, análise mecânica, análises de outras engenharias, avaliação LEED Sustentabilidade, validação de códigos, coordenação espacial 3D, planejamento, projeto do sistema de construção, fabricação digital, planejamento e controle 3D, modelagem de registros, planejamento de manutenção, análise do sistema construtivo, gestão de ativos, gerenciamento e acompanhamento do espaço e planejamento contra acidentes / desastres.

Figura 7 - 25 casos de usos do BIM

PLANEJAMENTO	PROJETO	CONSTRUÇÃO	OPERAÇÃO
1 - Modelagem das condições existentes			
2 - Estimativa de custos			
3 - Planejamento de fases			
4 - Programação			
5 - Análise de locais			
	6 - Revisão de projetos		
	7 - Autoria de projeto		
	8 - Análise energética		
	9 - Análise estrutural		
	10 - Análise Luminotécnica		
	11 - Análise mecânica		
	12 - Análise de outras engenharias		
	13 - Avaliação LEED		
	14 - Validação de códigos		
		15 - Coordenação Espacial 3D	
		16 - Planejamento	
		17 - Projeto de sistema construtivo	
		18 - Fabricação digital	
		19 - Controle e planejamento 3D	
			20 - Modelo de registro (<i>Record Model</i>)
			21 - Cronograma de manutenção
			22 - Análise do sistema construtivo
			23 - Gestão de ativos
			24 - Gestão e local. de espaços
			25 - Planejamento contra acidentes

Usos Primários
 Usos Secundários

Fonte: Adaptado de CIC (2013)

No que diz respeito especificamente à fase de operação e manutenção, os usos do BIM para estas atividades são os itens: 21 – cronograma de manutenção, 22 – análise do sistema construtivo, 23 – gestão de ativos, 24 – gestão e localização de espaços e 25 – planejamento contra acidentes. A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2016) listou os possíveis produtos a serem entregues em cada referida etapa do ciclo de vida da edificação. Apresenta-se no Quadro 2 os itens mencionados específicos para o uso, a operação e a manutenção.

Os gestores de *facilities* são continuamente confrontados com o desafio de melhorar e padronizar a qualidade das informações, tanto para atender às necessidades operacionais diárias quanto para fornecer dados confiáveis para a gestão e o planejamento organizacional (SABOL, 2008). Na indústria da construção, há um interesse crescente no uso de BIM para a gestão de *facilities* e a gestão da informação, pois possibilita incorporar dados consistentes desde a concepção à construção, e nas fases de operação e de manutenção de um edifício. O BIM possui funcionalidades de visualização, de análise e controle, fornecendo ganhos potenciais para a otimização de todo um processo (BECERIK-GERBER *et al.*, 2012).

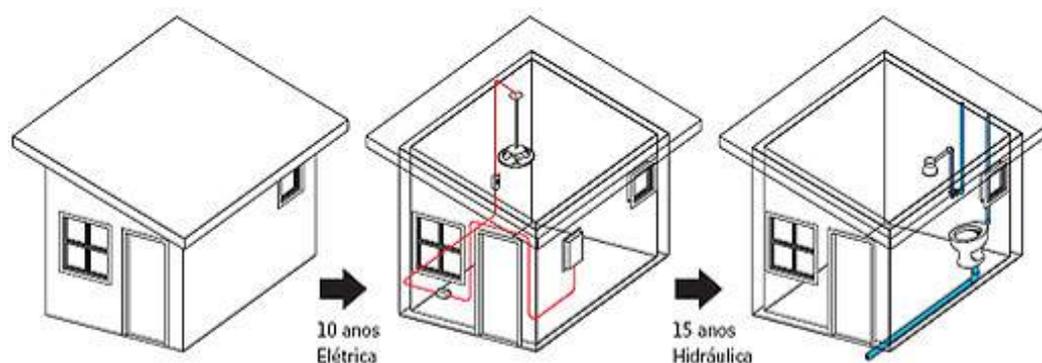
Quadro 2 - Fases do Ciclo de Vida: uso, operação e manutenção

Casos e usos	Entregas
<p>BIM 21 – Cronograma de manutenção</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modelos BIM 3D como fonte de informações e registros sobre ações de manutenção corretiva, preventiva, etc.); • Um programa de manutenção de qualidade melhora o desempenho da edificação, reduz o número de reparos e os custos totais dispendidos com a manutenção. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Modelo BIM específico para a gestão da manutenção de uma edificação ou instalação; 2. Planos de manutenção preventiva 3. Dados, informações e registros sobre ações de manutenção corretiva e preventiva
<p>BIM 22 - Análise do sistema construtivo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Avaliação do desempenho de um sistema construtivo específico; • Utilização de software BIM para medição de desempenho de um determinado sistema, comparando dados reais com dados especificados em projeto; • Outros estudos podem incluir ventilação de fachadas, análises de iluminação, ar condicionado, insolação, etc. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Modelo BIM com informações detalhadas sobre os sistemas construtivos; 2. Registros de medições de parâmetros específicos; 3. Relatórios técnicos comparando dados reais medidos com as informações especificadas no desenvolvimento dos projetos correspondentes.
<p>BIM 23 – Gestão de ativos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilização de <i>software</i> específico para gestão – organizada e eficiente – da operação e da manutenção de uma edificação ou instalação e dos seus equipamentos e subsistemas componentes; • Os ativos consistem na construção física propriamente dita, nos sistemas que a cercam e nos equipamentos que devem ser mantidos, operados e atualizados de maneira eficiente para satisfazer proprietários e usuários a menor custo possível; • Os sistemas para este tipo de gestão utilizam as informações do modelo BIM para calcular custos para atualização ou alteração de ativos da edificação, para separar e organizar os custos de grupos de ativos para cálculo de depreciação, e para manter uma base de dados compreensível, que pode ser utilizada para otimizar o desempenho dos ativos de uma organização. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Modelo BIM com dados específicos sobre ativos, subsistemas construtivos e equipamentos, para uso específico na gestão da manutenção e da operação; 2. Expectativas de vida útil dos principais sistemas e equipamentos, planos de manutenção, planos de atualização de sistemas e equipamentos.
<p>BIM 24 – Gestão e localização de espaços/ rastreamento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilização de modelos BIM para alocar, gerenciar e mapear espaços de trabalho e recursos relacionados; • Modelos BIM permitem que a equipe de gestão da operação analise os atuais usos dos espaços e gerenciem as mudanças, o uso das áreas, as futuras mudanças durante a vida útil da edificação. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Modelos BIM com a identificação das diferentes áreas que compõem uma edificação (identificando áreas “locáveis”, áreas comuns, áreas administrativas, etc.); 2. Layout dos espaços, planos de mudanças e alterações, registros de layout anteriores, construção de múltiplos cenários para a utilização dos espaços, etc.
<p>BIM 25 – Planejamento contra acidentes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilização de modelo BIM para fornecer informações críticas de uma edificação, por uma equipe responsável por ações emergenciais, catástrofes ou acidentes; • As informações estáticas sobre a edificação como layouts, esquemas de equipamentos e sistemas, podem ser armazenados em modelo BIM enquanto que as informações dinâmicas poderão ser fornecidas por um sistema de automação predial tipo BAS. • Os sistemas BAS e BIM podem ser integrados através de uma conexão sem fio permitindo que a equipe de emergência tenha acesso como um todo; • O BIM acoplado ao BAS é capaz de fornecer informações sobre qualquer local da edificação onde possa estar ocorrendo uma situação de emergência, informando possíveis rotas de acesso, locais críticos, e outras funcionalidades. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Modelo BIM com informações específicas para uso durante situações emergenciais; 2. Integração de modelo BIM com sistemas BAS (<i>Building Automation System</i>); 3. Procedimentos para desligamento de sistemas críticos durante situações emergenciais; 4. Planos de ações específicos para execução em caso de ocorrência de situações emergenciais específicas (incêndios, inundações, etc.).

Fonte: Adaptado de CBIC (2016)

Contudo, o fator cultural na adoção de novos processos e tecnologias na indústria de FM pode ser considerado um desafio, pois esta indústria é bastante rígida quanto à inserção de novas tecnologias. A menos que os benefícios da adoção do BIM em FM sejam claramente comprovados sua captação continuará a ser considerada baixa. Existe uma carência de casos reais de aplicações de BIM em FM. Junto a isso, as regras e responsabilidades no fornecimento dos dados e na manutenção do modelo ainda não estão bem definidas (BECERIK-GERBER *et al.*, 2012). De fato, a maioria das ferramentas de gestão de *facilities* existentes apresentam informações 2D para representar os espaços ou dados numéricos. E na visão da maioria dos gerentes de FM gerir espaços, seus equipamentos e ativos a eles relacionados, não requer informação 3D. Entretanto, os modelos 3D baseados em componentes possibilitam agregar valor a requisitos específicos da gestão de *facilities* (Figura 8) (EASTMAN *et al.*, 2014).

Figura 8 - Exemplo de modelo BIM



Fonte: Faria (2007)

Para Kassem *et al.* (2015) os benefícios da adoção do BIM na gestão de *facilities* podem ser exemplificados pela: (i) melhoria dos processos e da precisão dos dados, (ii) aumento da eficiência na execução das ordens de trabalhos – OR's (uma vez que o BIM possui um ambiente visual e rico em informações através do modelo 3D integrado), (iii) melhoria do acesso aos dados, já que podem ser encontrados no modelo BIM, (iv) aumento da eficiência na criação de plantas, elevações e visualizações a partir de um modelo integrado, (v) capacidade de anexar dados legais e de garantias com a possibilidade de extrair esses dados do modelo, (vi) o potencial para identificar espaços e emitir relatórios de falhas precisos através da consulta ao modelo, e por fim (vii) a capacidade de executar projetos de reforma em um ambiente 3D.

Eastman *et al.* (2014) complementam que os benefícios da adoção do BIM na visualização de modelos inteligentes possibilitam auxiliar os gerentes de *facilities* a avaliar o

impacto das atividades de modernização e manutenção. Como exemplo de um sistema FM baseado em BIM encontra-se a *Sydney Opera House*. Os gestores utilizaram o modelo BIM da referida Ópera para avaliar visualmente quais áreas seriam afetadas no momento em que a energia elétrica do empreendimento fosse interrompida.

De acordo com o *BIM Planning Guide for Facility Owners* (CIC, 2013), Sistemas FM (*Facility Management Systems*) são um conjunto de programas que dão apoio a manutenção e ao gerenciamento de *facilities*. Estes sistemas auxiliam gerir as ordens de trabalho, ativos, inventários e questões de segurança. Sistemas FM também podem ser classificados como: sistema de gerenciamento de *facilities* computadorizado (*Computerized Maintenance Management Systems* - CMMS), gerenciamento de *facilities* assistido por computador (*Computer Aided Facility Management* - CAFM), e sistema de informação de gerenciamento de *facilities* computadorizado (*Computerized Maintenance Management Information System* - CMMIS). Jordani (2010), acrescenta ainda os termos Sistema Integrado de Gestão Espacial (*Integrated Workplace Management Systems* - IWMS), Sistemas de Controle da Construção (*Building Control Systems*), e Sistemas de Planejamento Empresarial (*Enterprise Resource Planning Systems* - ERP).

Com relação à implementação do BIM na área de FM, o *BIM Project Execution Planning Guide* (CIC, 2011) estabelece algumas premissas que devem ser adotadas para uma melhor otimização do processo. Destacando especificamente a área de manutenção corretiva, o guia revela que um programa de manutenção de sucesso potencializa o desempenho do edifício, reduzindo reparos, e custos gerais de manutenção. Para isso, são necessários recursos como: software de revisão de projeto que permita visualizar o modelo (record model⁶) e seus componentes, sistema de automação predial (*Building Automation System* - BAS) e CMMS vinculados ao modelo, e uma interface amigável associada ao modelo para visualizar informações de desempenho do edifício e/ou informações educativas referentes a edificação. Segundo o *BIM Project Execution Planning Guide* (CIC, 2011) para a adoção do BIM é necessário elaborar um plano de execução composto por quatorze itens (denominado categorias). O Quadro 3 apresenta a descrição destes itens.

⁶ *Record model* - modelo de instalação que apresenta o *as-built* no nível de desenvolvimento (*level of development* - LOD) e formato de arquivo especificado pelo proprietário (CIC, 2013).

Quadro 3 - Componentes do Plano de Projeto BIM (PEPB)

	Categorias do PEPB	Descrição
1	VISÃO GERAL DO PLANO DE EXECUÇÃO DE PROJETO BIM	Justificar o Plano e explicitar a missão BIM desejada.
2	INFORMAÇÕES DO PROJETO	Incluir informações básicas do projeto (proprietário, nome, endereço, tipo de contrato / forma de entrega, descrição resumida, processo de projeto BIM, numeração de pranchas e cronogramas).
3	CONTATOS-CHAVE DO PROJETO	Apresentar e compartilhar contatos das partes envolvidas (proprietário, projetistas, empreiteiros, fabricantes e fornecedores assim como gerentes de projeto, gerentes BIM e outros contatos representativos).
4	METAS DE PROJETO / USOS DO BIM	Explicitar metas e os usos do BIM
5	FUNÇÕES ORGANIZACIONAIS / RECURSOS HUMANOS	Para cada uso BIM estabelecido identificar empresa (s) e pessoal responsável, incluindo número de funcionários por tarefa, horas de trabalho estimada e líderes.
6	PROCESSO DE PROJETO BIM	Desenvolver os mapas de processos para cada uso BIM, com as trocas de informações para cada atividade.
7	TROCAS DE INFORMAÇÕES BIM	Documentar as trocas de informações, os elementos do modelo por disciplina, nível de detalhe (LOD), e os atributos específicos importantes para o projeto.
8	BIM E REQUISITOS DE DADOS DE INSTALAÇÃO	Documentar os requisitos BIM no formato nativo do proprietário.
9	PROCEDIMENTOS DE COLABORAÇÃO	Desenvolver procedimentos de colaboração e atividades eletrônicas (estratégia de colaboração, trocas de informações para entrega e aprovação do modelo, espaço de trabalho interativo, procedimentos de comunicação eletrônica).
10	CONTROLE DE QUALIDADE	Explicitar estratégias para o controle de qualidade do modelo (conteúdo do modelo, LOD, formato, responsável por atualizações e distribuição do modelo a outras partes). O controle de qualidade envolve: verificação visual, de interferências, padrão e de validação.
11	NECESSIDADES DE INFRAESTRUTURA TECNOLÓGICA	Determinar os requisitos de <i>hardware</i> , software, licenças, redes e modelagem de conteúdo para o projeto (famílias e base de dados com padrões consistentes).
12	ESTRUTURA DO MODELO	Desenvolver padrão de nomes de arquivos, diagrama de separação (pisos, zonas, disciplinas), sistema de unidades e de coordenadas, identificar e acordar itens como padrões CAD / BIM (versões de IFC, referência de conteúdo).
13	ENTREGAS DO PROJETO	Considerar em que nível serão as entregas: fase, prazos, formato e outras informações relevantes.
14	ESTRATÉGIAS DE ENTREGA / CONTRATOS	Definir o método de entrega e contratação antes do início do projeto que devem conter a estrutura do projeto, forma de pagamento, responsabilidades e detalhamento do modelo, formatos de arquivo, direitos de propriedade intelectual e outras questões.

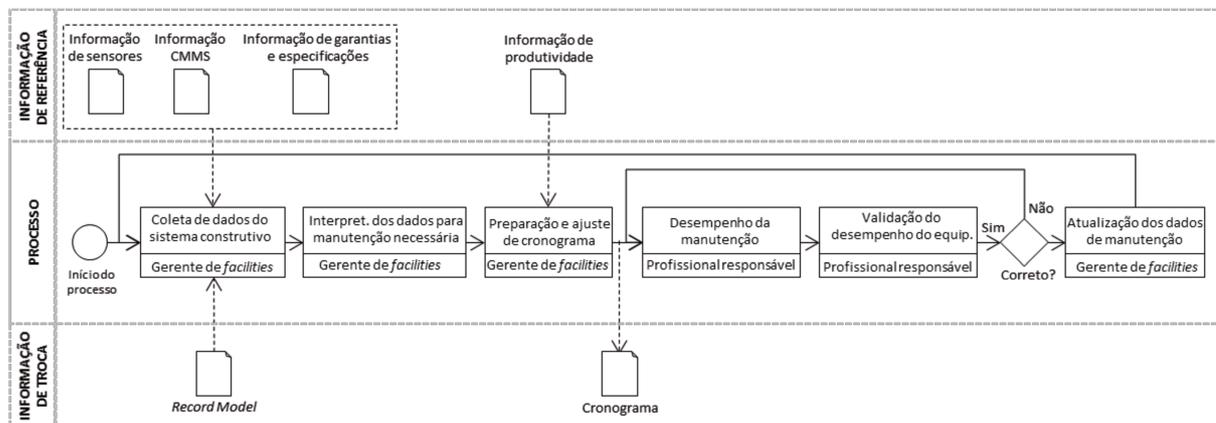
Fonte: Adaptado de CIC (2011)

A utilização de um plano de execução BIM auxilia no cumprimento das metas no final do processo, otimizando a implementação em BIM e valorizando mais o projeto. Em termos de procedimentos é importante utilizar o mapeamento de processos detalhado para a integração do BIM (MESSNER, 2011).

O *BIM Project Execution Planning Guide* (CIC, 2011) também sugere mapas de processos (categoria 6 do Quadro 3) como referência. O mapa de processo referência,

sugerido pelo guia, relativo à gestão de *facilities* é específico para manutenção corretiva. Nota-se neste mapa um detalhamento macro do processo de manutenção explicitando a troca de informação, e componentes que alimentam o processo. O processo é dividido em 5 etapas (Figura 9): (i) coleta de dados da construção, tendo um sistema FM unido ao modelo 3D como base para o fornecimento de informações para o gerente de *facilities*; (ii) interpretação dos dados, pelo gerente de *facilities*, de acordo com as necessidades de manutenção; (iii) preparação/ajuste do cronograma de manutenção pelo gerente de *facilities* com apoio da informação de produtividade/rendimento; (iv) execução da atividade de manutenção pelo profissional responsável; e (v) validação do desempenho do equipamento pelo profissional responsável seguido da atualização dos dados no sistema FM pelo gerente de *facilities*.

Figura 9 - Mapa de Processo de FM, com uso de BIM (BIM Project Execution Planing Guide)



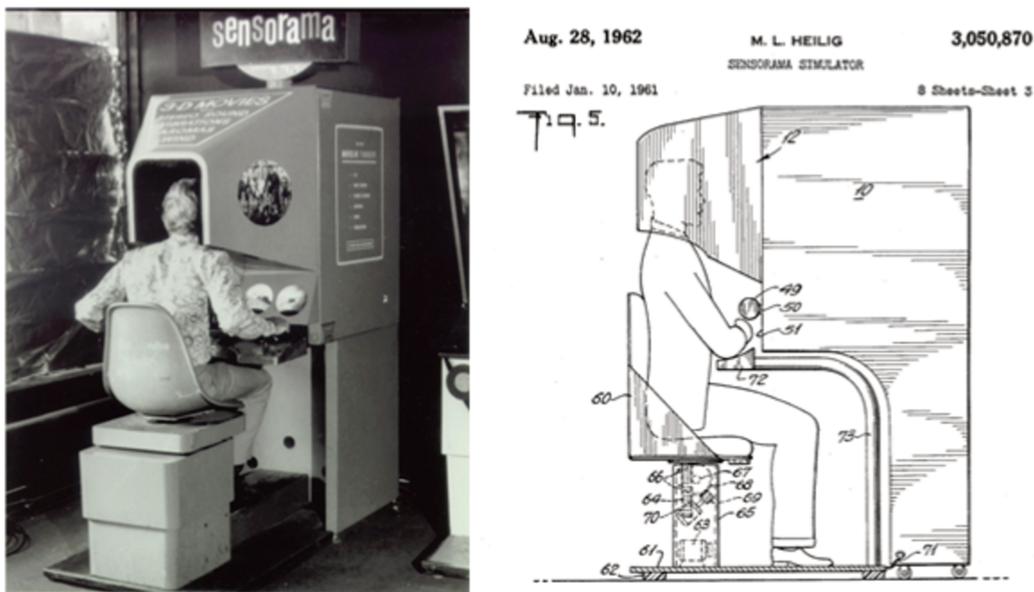
Fonte: CIC (2011)

Os modelos BIM podem ser elaborados especificamente para fins de referência e repositório de informações para os processos de gestão e operação da construção, assim como gerenciamento da manutenção. Os modelos podem ser criados após a construção, utilizando informações do *as-built*. Entretanto, o ideal é que os mesmos sejam específicos, no sentido de corresponder aos componentes e sistemas reais que compõem a edificação. Os referidos modelos podem ser mais simples do que os confeccionados para a construção, sem informações desnecessárias e com a inclusão de outras informações, como por exemplo, etiquetas (*tags*) identificando os equipamentos, zoneamentos e separação de sistemas específicos de maneira que contemplem critérios de ocupação e responsabilidades (CBIC, 2016).

2.3 REALIDADE AUMENTADA

Ao longo da história, importantes invenções tecnológicas contribuíram para o avanço da tecnologia atual. Um exemplo disso é o Sensorama (Figura 10), que foi patenteado em 1962 por Morton Heilig. O equipamento era um simulador que dispunha de imagens, som, odores, vibrações mecânicas, e ar em movimento para criar a ilusão da realidade. O Sensorama, apesar de não ter sido difundido comercialmente, é considerado o precursor da realidade virtual (TORI; KIRNER; SISCOOTTO, 2006).

Figura 10 – Sensorama



Fonte: <http://www.mortonheilg.com/InventorVR.html>

Na década de 60, Ivan Sutherland desenvolveu o *SketchPad* (Figura 11), ferramenta de desenho interativa que possibilitava inserir gráficos diretamente na tela do computador, contribuindo significativamente para o desenvolvimento da computação gráfica e de conceitos como: modelagem geométrica 3D, simulação e projeto auxiliado por computador (*Computer Aided Design* - CAD). Outra invenção inovadora, criada por Sutherland, foi o capacete denominado *Ultimate Display* considerado o primeiro capacete imersivo para Realidade Virtual (AMIM, 2007). Entretanto, apesar dos dispositivos citados serem considerados os precursores da realidade virtual, somente em 1980 que o termo foi criado. Jaron Lanier, músico e cientista da computação convergiu dois conceitos em um: a busca pela fusão do real com o virtual (BIOCCA; LEVY, 2013).

Figura 11 - Sketchpad, de 1962



Fonte: Muller-Prove (2002)

A realidade virtual tem evoluído ao longo das últimas décadas. O termo realidade virtual ou espaço virtual foi utilizado na indústria cinematográfica antes de ser introduzido pela tecnologia computacional. Para Muhanna (2015) a maioria dos autores se referem a realidade virtual como uma tecnologia imersiva e separa a definição de acordo com a semântica das palavras: “realidade” e “virtual”. Virtual é entendido como algo que não existe fisicamente e que não existe como realidade, enquanto que “realidade” é conceituada como verdade, coisa não imaginada, qualidade do que é real.

Realidade Virtual pode ser compreendida como uma interface computacional que envolve simulação em tempo real e interação através de múltiplos canais sensoriais como: visão, audição, olfato, tato e paladar (BURDEA; COIFFET, 1994). A RV, apesar de estar estritamente relacionada com a tecnologia computacional e seus avanços, não é uma área de pesquisa tão recente e não está restrita apenas aos profissionais da computação. A realidade virtual atua no ápice do desenvolvimento científico e tecnológico buscando uma interação mais próxima dos sentidos humanos. Possui a característica de visualização de ambientes virtuais e interação com objetos por parte do usuário, além do estímulo aos demais sentidos como tato e audição (TORI; KIRNER; SISCOOTTO, 2006).

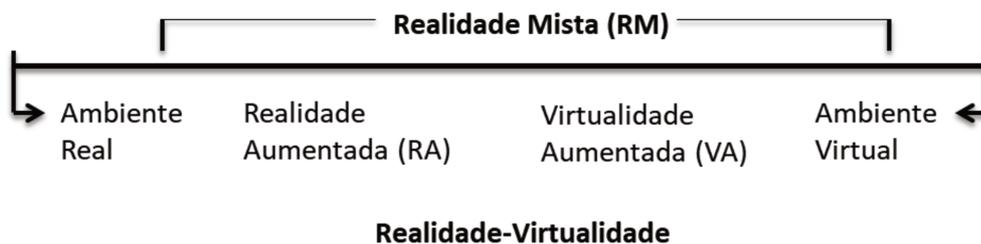
Um ambiente de realidade virtual é aquele em que o participante está em um mundo sintético, que pode ou não imitar as propriedades de um ambiente do mundo real, mas que também pode exceder os limites da física por meio da criação de um mundo no qual as leis físicas que regem o tempo, a gravidade, e as propriedades do material, por exemplo, não

sejam fiéis a realidade (MILGRAM; KISHINO, 1994). A Realidade Virtual é a integração de vários elementos como: computadores, mundos e ambientes, interatividade, imersão e usuários, que são atribuídos como participantes de experiências de realidade virtual. Existem quatro elementos básicos na experiência de realidade virtual: mundo virtual ou intermediário, imersão ou semi-imersão, experiência sensorial e interatividade (MUHANNA, 2015).

A realidade virtual permite que habilidades e conhecimentos do usuário possam ser utilizados para a manipulação dos objetos virtuais. Essa interação pode ser realizada por meio de dispositivos como: *mouse*, teclado, monitor, capacete, luvas, ou ainda gestos e comandos de voz. O usuário pode sentir-se inserido no ambiente virtual, manipulando e executando ações com os objetos virtuais, em tempo real (TORI; KIRNER; SISCOOTTO, 2006).

A Realidade Aumentada e a realidade virtual devem estar relacionadas e fazem parte de um conceito amplo, entendido como realidade mista (*mixed reality*). Milgram *et al.* abordam ainda o termo *reality-virtuality continuum* que consiste na combinação de objetos apresentados por intermédio de algum tipo de dispositivo tecnológico visual, onde o ambiente real e o ambiente virtual se encontram em lados extremos (Figura 12). Entre a realidade virtual e o mundo real, encontra-se a virtualidade aumentada (VA), que é caracterizada pelo ambiente virtual acrescido de elementos reais e a Realidade Aumentada, que apresenta o mundo real acrescido de objetos virtuais (MILGRAM; KISHINO, 1994). Todos esses conceitos fazem parte da realidade mista (RM). A Figura 13 apresenta o conceito por meio de ilustrações.

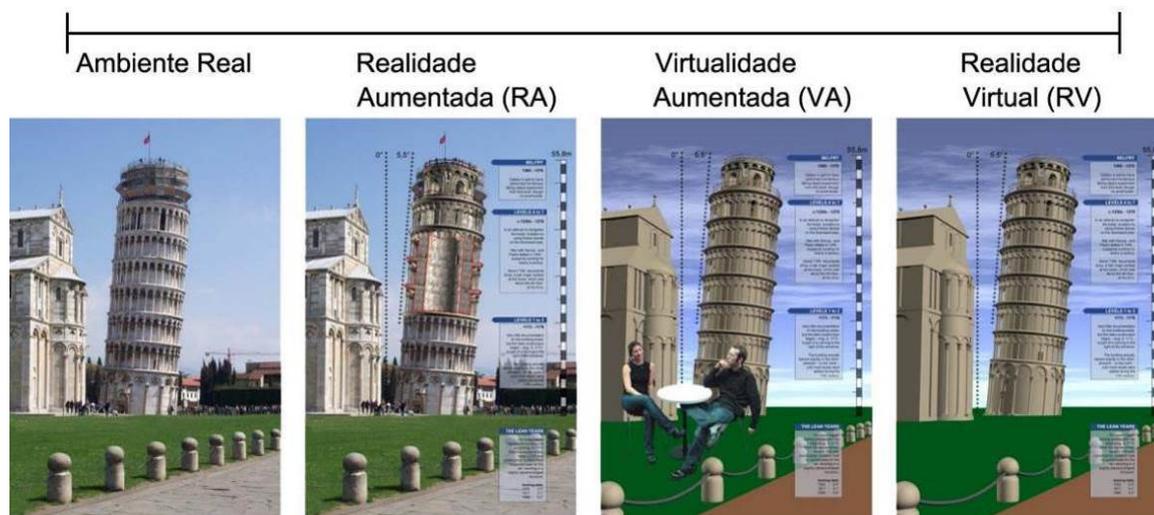
Figura 12 - Esquema do *Reality – Virtuality (RV) Continuum*



Fonte: Adaptado de Milgram et al. (1994)

A realidade virtual e a Realidade Aumentada estão relacionadas e pode-se considerar os dois termos unidos. Na RV o participante pode estar imerso (ou semi-imerso) e o ambiente é completamente sintético (MILGRAM *et al.*, 1994).

Figura 13 - Representação da Realidade/Virtualidade Contínua



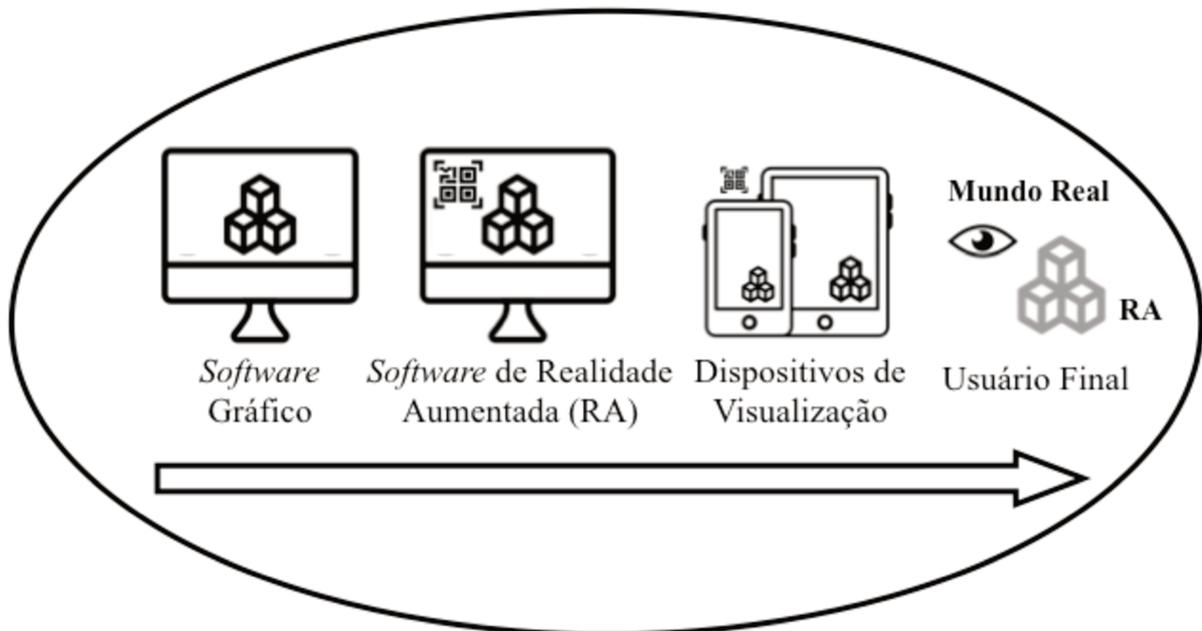
Fonte: Moreira (2013)

A Realidade Aumentada é caracterizada pela sobreposição de objetos virtuais em um ambiente real, por meio de algum dispositivo (MILGRAM *et al.*, 1994; AZUMA, 1997). Na RA, o ambiente real não é suprimido, pelo contrário, o ambiente real realiza um papel dominante, pois é a informação sintética que se integra ao mundo físico. Isto leva a um problema fundamental: um ambiente real é mais difícil de controlar do que um ambiente completamente sintético (BIMBER; RASKAR, 2005).

Para isso, um sistema de Realidade Aumentada necessita de dispositivos que possibilitem avaliar a posição do usuário (rastreamento e registro) e criar elementos virtuais (modelos geométricos e outros tipos de informações) para integrá-los ao ambiente real por meio de tecnologias de exibição e interação.

Em uma aplicação de RA usualmente é necessário o conhecimento em programas gráficos. O uso de programas gráficos precede a implementação da aplicação de RA objetivando a criação do objeto virtual. Os objetos virtuais podem ser: imagens, modelo 2D ou 3D, texto, som, animação ou vídeo (MOREIRA; RUSCHEL, 2015). Um resumo desse processo é ilustrado na Figura 14.

Figura 14 - Esquema de Funcionamento da Realidade Aumentada



Fonte: A Autora

A Realidade Aumentada, diferentemente da realidade virtual que transporta o usuário para o ambiente virtual, mantém o usuário em seu ambiente físico real e transporta elementos virtuais para interagir com o usuário. Novas interfaces estão sendo desenvolvidas no intuito de facilitar a interação/manipulação de objetos virtuais no ambiente do usuário (TORI; KIRNER; SISCOOTTO, 2006). Riva (2003) acrescenta que um ambiente de RA pode proporcionar a integração de interfaces computacionais de modo que a interação entre os usuários e o ambiente e/ou outros usuários seja de forma natural e intuitiva.

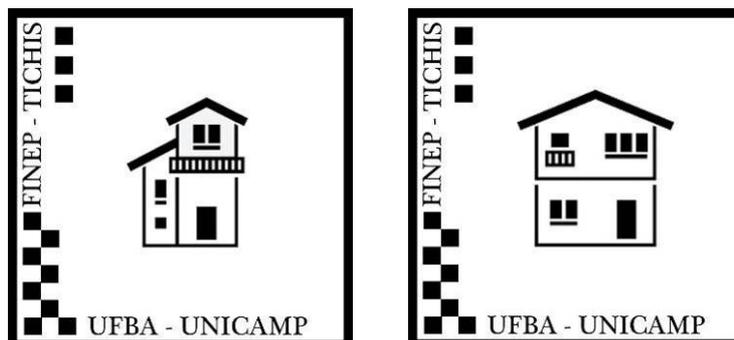
2.3.1 Requisitos necessários para a Realidade Aumentada

Técnicas de Rastreamento e Registro

As técnicas de rastreamento e registro possuem o objetivo de calcular a orientação da cena real, por meio das imagens que são capturadas, no intuito de realizar o posicionamento correto dos objetos virtuais que serão acrescentados à cena (MOREIRA; AMORIM, 2012). Essas técnicas podem ser classificadas em: baseada em sensores (*sensor-based*), baseada na visualização (*vision-based*) e por fim a híbrida, quando são utilizadas as duas técnicas em conjunto (WILLIAMS *et al.*, 2014).

Rastreamento por Visualização - com uso de Marcadores - A técnica de rastreamento com o uso de marcadores é caracterizada pela utilização de cartões com uma moldura retangular contendo um símbolo no seu interior (Figura 15).

Figura 15 - Exemplo de Marcadores



Fonte: A Autora

Esses marcadores devem estar cadastrados previamente no sistema para que o *software* possa reconhecer o seu padrão e fazer a ligação com o objeto virtual. É considerada a técnica mais simples e por isso a mais utilizada (TORI; KIRNER; SISCOOTTO, 2006). Alguns fatores interferem no reconhecimento dos marcadores como: (i) iluminação do ambiente, (ii) orientação da câmera em relação ao marcador, e (iii) registro de marcadores com padrões semelhantes (CAMARGO *et al.*, 2012). Um requisito desta técnica é a necessidade do alcance visual para que o marcador seja reconhecido pelo sistema (WILLIAMS *et al.*, 2014).

Rastreamento por Visualização - sem o uso Marcadores - A técnica de rastreamento sem o uso de marcadores, também conhecida como *markerless augmented reality* faz o reconhecimento da imagem através de marcadores “naturais”, ou seja, através de objetos contidos na cena. Nessa técnica qualquer parte do ambiente real pode funcionar como marcador. A vantagem dessa técnica está em não introduzir no ambiente elementos que não fazem parte da cena, como um marcador impresso, por exemplo. Entretanto, o rastreamento a ser desenvolvido tende a ser mais complexo e específico (TEICHRIEB *et al.*, 2007). Nesta técnica, o rastreamento dos objetos do ambiente pode ser feito pelas características dos pontos, linhas, arestas e texturas presente nos objetos.

Rastreamento baseado em Sensores - Os sistemas que utilizam a técnica de rastreamento baseada em sensores (*sensor-based*) podem depender de sensores acústicos, óticos, mecânicos, de inércia e magnéticos. Para isso podem utilizar dos seguintes métodos: *Global Positioning System*⁷ (GPS), wi-fi, *bluetooth*, sensores ultrassônicos, infravermelho,

⁷ O GPS é um sistema de posicionamento global que permite que um usuário, na superfície terrestre ou próximo a ela, tenha à sua disposição no mínimo quatro satélites para serem rastreados. Essa quantidade de satélites permite que se realize uma localização específica (MONICO, 2000).

Identificação por Rádio Frequência⁸ (RFID), entre outros (WILLIAMS *et al.*, 2014). O Quadro 4 apresenta diferentes métodos de técnicas de rastreamento e registro baseada em sensores.

Quadro 4 - Técnica de rastreamento baseada em sensores

Técnica de rastreamento	Método	Características
Baseada em sensores	GPS	Possui baixa cobertura em ambientes internos Pouca precisão e disponibilidade devido a oclusão pelas construções. Erros de posicionamento
	Wi-fi	Tem alta cobertura em ambientes internos (É necessário ter antenas instaladas).
	Bluetooth	Possui alta precisão, mas requer ampla cobertura.
	Sensores ultrassônicos	São sensíveis a temperatura, oclusão, ruído do ambiente e requerem infraestrutura significativa.
	Infravermelho	Possui baixo alcance.
	Rádio frequência (RFID)	Não requer alcance visual mas requer extensa infraestrutura. Precisão média de 2-3 metros.
	Sensores de Inércia	Requer constante calibragem

Fonte: Adaptado de WILLIAMS et al. (2014)

Como exemplo de evolução das técnicas de rastreamento e registro encontra-se o estudo de Schall, Zollmann e Reitmayr (2013). Este estudo apresenta um sistema que atingiu a precisão de centímetros. Isto apenas foi possível por meio de uma combinação de técnicas: o *Real-Time Kinematic Global Positioning Systems* (RTK GPS) aliado a procedimentos da tecnologia de visão computacional. Segundo os autores, o modelo apresentado é o primeiro protótipo de RA totalmente funcional que cumpre os elevados requisitos de utilização para as atividades de engenharia civil. Isto é viável pela combinação de rastreamento, da precisão no levantamento e das possibilidades de interação. As visualizações são geradas automaticamente por meio de um banco de dados que fornece um *feedback* visual para as diversas tarefas. O estudo trata da implementação de um sistema de informação *in loco* baseado em dados geoespaciais e dispositivo móvel que atua na inspeção, no planejamento, na captura de dados e na verificação de *as-built*.

⁸ A Identificação por Rádio Frequência (*Radio Frequency Identification* – RFID) é uma tecnologia utilizada para identificar, rastrear e gerenciar produtos, documentos ou até mesmo animais ou indivíduos, sem contato e sem a necessidade de um campo visual. Apesar do RFID ter algumas funções semelhantes às do código de barras, gradualmente é comprovado que o RFID, com suas etiquetas inteligentes, complementa o código de barras (CENTRO DE EXCELÊNCIA EM RFID, 2016).

Sistemas de Visualização em Realidade Aumentada

Os sistemas de visualização para realidade mista, na qual a Realidade Aumentada está inserida, podem ser classificados de acordo com os dispositivos de visualização utilizados. Estes sistemas utilizam um conjunto de componentes óticos, eletrônicos e mecânicos para gerar imagens em algum lugar da trajetória da visão humana, ou seja, entre os olhos do observador e o ambiente real (Figura 16) no qual o objeto virtual será inserido. Dependendo do sistema ótico a ser utilizado, a imagem do objeto virtual poderá ser gerada sobre um plano ou sobre uma superfície mais complexa (BIMBER; RASKAR, 2005).

Figura 16 - Dispositivos de visualização que podem ser utilizados para RA

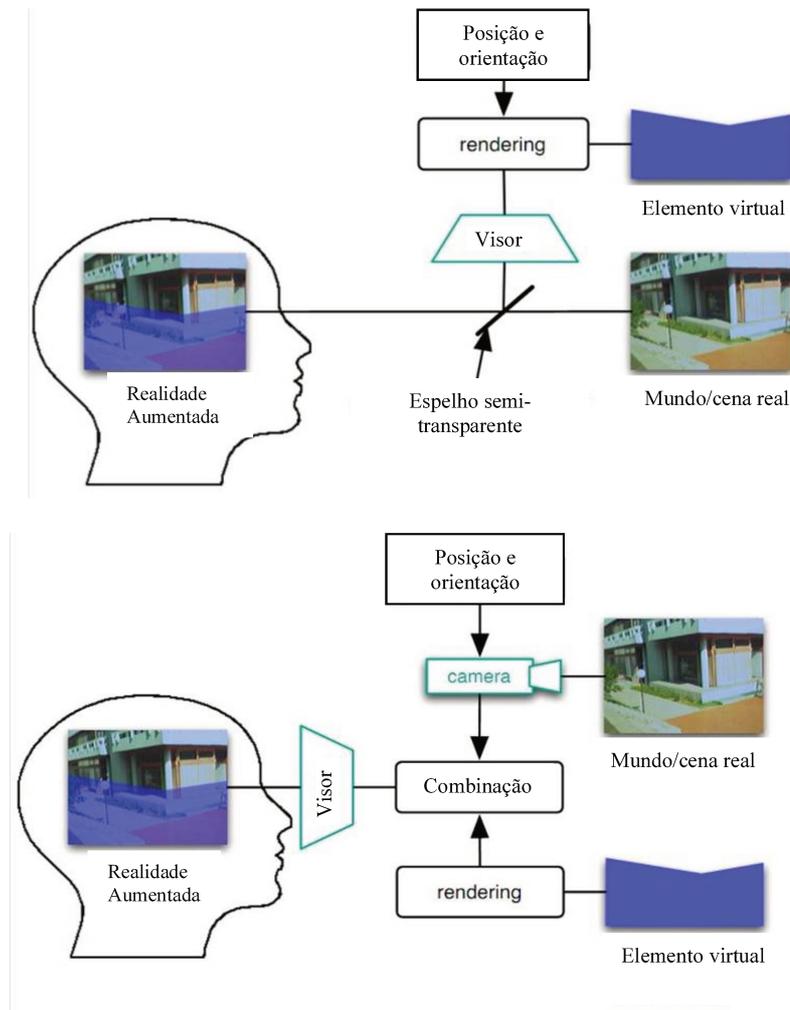


Fonte: A autora

Milgran (1994) classificou esses tipos de sistemas em: (i) baseado em monitores de vídeo não imersivos, (ii) baseado em monitores de vídeo imersivos, (iii) visão ótica direta (*optical see-through*), (iv) visão por vídeo (*video see-through*), (v) ambientes de exibição inteiramente gráficos por vídeo, e por fim (vi) ambientes de exibição inteiramente gráficos com interferência de objetos reais.

No sistema baseado em monitores de vídeo não imersivos, como o próprio nome já diz, os elementos gerados por computador são digitalmente sobrepostos por meio de monitores, enquanto que no sistema baseado em monitores de vídeo imersivos são utilizados dispositivos de cabeça imersivos. O sistema com visão ótica direta refere-se ao dispositivo de cabeça equipado com visor, onde os elementos gerados por computador podem ser sobrepostos e visualizados diretamente sobre o ambiente real (Figura 17). Já no sistema com visão por vídeo, o ambiente real é visto por meio de um vídeo e os objetos virtuais são sobrepostos (MILGRAN, 1994).

Figura 17 - a) Visão óptica direta e b) Visão por vídeo



Fonte: Wursthorn (2010)

Os ambientes de exibição inteiramente gráficos apresentam o ambiente real por vídeo, e ambientes de exibição em que objetos físicos reais desempenham uma tarefa (ou interferem) no ambiente sintético, como exemplo, alcançar ou pegar objetos com as próprias mãos. Além dos dispositivos convencionais apresentados outros sistemas são desenvolvidos para interações específicas dos usuários (MILGRAN, 1994).

Equipamentos de visualização fixos podem ser fabricados estritamente para determinados usos, como exemplo no projeto Digital Yuanmingyuan, em que um equipamento de RA foi construído para aplicação em edificação histórica onde os passantes visualizavam o patrimônio edificado em seu estado original antes de atingir o estado atual de ruína (WENG *et al.*, 2012).

Com a evolução tecnológica, novos sistemas foram criados. Jeřábek, Rambousek e Wildová (2015) classificaram 11 sistemas para RA: sistema com display de retina, sistema de

lentes de contato, sistema HMD binocular *see-through*, sistema HMD binocular *closed-view*, sistema HMD monocular *see-through*, dispositivo portátil, sistema baseado em monitor de vídeo – fixo, sistema fixo (*see-through*), sistema de projeção em tela, sistema de projeção de objeto em tempo real e sistema holográfico. Em 2001, AZUMA *et al.* haviam sinalizado que novos tipos de dispositivos estavam sendo criados e que a evolução do HMD resultaria em algo semelhante a óculos comuns.

No início de 2012, a empresa Google divulgou o desenvolvimento de óculos para RA em seu “*Project Glass*”. O Google Glass em 2013 estava em fase de testes e foi lançado comercialmente em 2014. Diversas empresas já anunciaram o lançamento de seus modelos comerciais de óculos para RV e RA, entre elas estão o Oculus Rift (da empresa Facebook), o Hololens (da empresa Microsoft) (Figura 18), o Samsung Gear VR (da empresa Samsung), o HTC Vive (da empresa HTC Corporation) e o Meta 2 (da empresa Meta) (AZUMA, 2017).

Alguns desses modelos de óculos já se encontram na quinta versão, como exemplo o Epson Moverio BT-350 e o Epson Moverio BT-2200, ambos lançados em 2017 pela empresa Epson. Existem também iniciativas de óculos de realidade virtual adquirido a baixo custo. O usuário pode utilizar o seu próprio *smartphone* e acoplá-lo em um dispositivo feito de papelão, ou confeccionado pelo próprio usuário. O molde do óculos é disponibilizado juntamente com seu guia para montagem e especificações técnicas via *web* (GOOGLE CARDBOARD - TECHNICAL SPECIFICATION, 2015).

Figura 18 – Óculos Hololens (Microsoft)



Fonte: Microsoft (2017)

2.4 REALIDADE AUMENTADA APLICADA AO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO

A visualização ganhou uma credibilidade crescente entre os pesquisadores da construção e tem sido considerado como um dos quatro principais domínios de TI nessa área. Embora o projeto seja único, existem diversas tarefas que são repetidas durante seu ciclo de vida. Técnicas de visualização são poderosas ferramentas de gestão em amplos aspectos da construção. Conflitos e outros fatores importantes na execução podem ser entendidos na fase de pré-construção, por métodos de visualização e simulação (ROHANI; FAN; YU, 2014). Tais avanços tecnológicos têm o potencial de melhorar e revolucionar as atuais abordagens em projeto (através do envolvimento e *feedback* do usuário final para garantir melhor desempenho nas operações da construção e satisfação do usuário final), na construção (para melhorar a segurança por meio do treinamento utilizando a realidade virtual), e nas operações (através da visualização de dados de sensores em tempo real otimizando diagnósticos *in loco*) (HEYDARIAN *et al.*, 2015). Na área da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), objetos físicos frequentemente necessitam estar relacionados com a sua informação. Isso faz com que a RA seja um ótimo candidato para auxiliar os usuários nas atividades de trabalho com suas tarefas de rotina, pois a vista de um ambiente pode ser complementada com a informação necessária, unidas em uma única interface (WILLIAMS *et al.*, 2014).

No intuito de melhorar a comunicação, visualização e coordenação entre os diferentes participantes do **projeto**, nas últimas duas décadas passadas a comunidade de AECO tem examinado diferentes abordagens, incluindo a realidade virtual e a aumentada (HEYDARIAN *et al.*, 2015). Para Nee *et al.* (2012), a maioria dos sistemas de visualização colaborativa em RA são sistemas baseados em visualização projetual. Nestes sistemas, os modelos virtuais são apresentados aos projetistas, por meio da RA, no intuito de facilitar o processo de tomada de decisões. Paralelo ao modelo virtual, diversas informações em relação aos objetos, como metadados, informações projetuais e anotações também podem ser vistas em RA visando facilitar as decisões do processo desses sistemas colaborativos.

Especificamente na área de **Arquitetura** encontram-se exemplos de pesquisas em RA voltadas para o projeto arquitetônico ou urbano: (i) o *Virtual Innovation in Construction*, busca envolver os usuários da edificação nas diversas fases do projeto, (ii) o MR-Tent, objetiva capacitar um grupo de participantes a ter entendimento sobre um projeto urbano específico de uma localidade em Paris, França e contribuir colaborativamente para um projeto urbanístico,

(iii) o ARTHUR, sistema colaborativo para processo de projeto arquitetônico utilizado no contexto urbano de Londres, Inglaterra, o (iv) *ARchitecture View*, na visualização de modelos BIM e de camadas da edificação através de experimento realizado na Universidade de Washington, nos EUA (CUPERSCHMID, 2014).

No Brasil, os grupos que trabalham com aplicações específicas para arquitetura são poucos e as pesquisas concentram-se nas áreas de ciência da computação e engenharia elétrica. Eventos nacionais nessa área contribuem para disseminar as pesquisas brasileiras e como principais eventos de RA brasileiros encontra-se: o Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada (SVR) e o Workshop de Realidade Virtual e Aumentada (WRVA), ambos promovidos pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC). Em outros eventos, não específicos de RV e RA também são encontradas pesquisas na área de RA: o Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico / *International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design* (GRAPHICA) e o Congresso Ibero-Americano de Gráfica Digital (SIGRADI). Como o GRAPHICA e o SIGRADI tratam de arquitetura digital são encontrados trabalhos envolvendo RA, arquitetura e construção (FREITAS; RUSCHEL, 2010).

Na área de **Construção e Operação**, há uma tendência crescente dos usuários interagirem diretamente com as informações associadas ao processo de produção. A RA tem a habilidade de integrar essas modalidades em tempo real no ambiente de trabalho, o que é útil para atividades de fabricação, montagem, treinamento e manutenção. A RA pode prover ao usuário um caminho de interação direta e intuitiva com a informação no processo de fabricação (NEE *et al.*, 2012).

Diversos estudos comprovam o uso da Realidade Aumentada associada a estas áreas. Desde a RA sendo utilizada na fase de planejamento para auxiliar na tomada de decisão nas várias fases da construção (ROHANI; FAN; YU, 2014), como seu uso aplicado ao treinamento e simulação do processo de usinagem através de máquinas de CNC (ZHANG; ONG; NEE, 2010); assim como aplicada no auxílio à concepção e montagem intuitiva através de gestos e manipulação de objetos virtuais (NG *et al.*, 2013), bem como o uso para inspeção e instrução na construção civil (LI *et al.*, 2018) e até mesmo como ferramenta pedagógica em curso de graduação de Engenharia Civil, nos EUA (SHIRAZI; BEHZADAN, 2015; DIB; ADAMO, 2017).

Wang, *et al.* (2013) apontam a Realidade Aumentada como a tecnologia a ser utilizada no preenchimento das lacunas existentes na construção. Os autores apresentam uma

abordagem conceitual com diversos exemplos esclarecendo como a RA pode ser incorporada à construção aliada ao BIM. O Quadro 5 apresenta os potenciais usos da RA mencionados na pesquisa de Wang e colaboradores.

Quadro 5 - BIM + RA, práticas racionais e exemplos

(Continua)

Características das atividades realizadas na obra	Contextualização	Exemplos de inserção da RA
1 - Interdependência	Os diferentes papéis envolvidos na construção atuam principalmente em atividades individuais, com menos preocupação com as conexões entre as diferentes atividades.	Compatibilização e análise espacial são conduzidos por softwares de modelagem. A RA possibilita a visualização a partir de um ponto de vista ou vistas integradas do ambiente real onde a edificação será construída, a partir do local exato com a escala natural, e em tempo real.
2 - Integração do físico com o digital	Os erros de interpretação projetual gastam tempo e dinheiro. A informação é transferida de maneira imprecisa com relação ao que foi planejado. Há a necessidade de conexão da informação projetual com o ambiente físico de uma forma simples e eficaz.	Alguns projetos podem ser mais efetivamente compreendidos por unir modelos virtuais com objetos reais. Isto potencializa a construção conforme o planejado e com a precisão devida, especialmente em projetos complexos. RA + BIM podem proporcionar acervos digitais integrados de toda a informação projetual.
3 - Sincronização de modelos mentais para comunicação	A informação destinada a construção vem de diferentes fontes e os profissionais da construção elaboram suas próprias imagens mentais do projeto. Por exemplo, o gerente de projetos tem uma visão global do projeto, incluindo prazos e monitoramento, enquanto que os operários se atentam aos detalhes de execução.	A RA pode proporcionar uma visualização <i>in loco</i> que transmita a informação projetual unificada pelo modelo BIM. Dessa forma, o modelo BIM pode ser visualizado para auxiliar na detecção de conflitos (<i>clash detection</i>) entre diferentes especialidades, no local da obra.
4 - Controle de projeto, monitoramento e feedback: <i>As built x As planned</i>	Detecção de conflitos é uma das principais preocupações da construção. Devido a diversos aspectos o cronograma da construção costuma ser modificado aumentando os prazos de entrega. Problemas de incompatibilização costumam não serem resolvidos em tempo hábil e geram divergências entre o que foi planejado e o que foi construído.	A RA pode auxiliar na visualização do que foi planejado de modo que o progresso (execução) de cada elemento possa ser visualizado. A RA possibilita uma melhor visibilidade garantindo que a lacuna entre o planejado e o executado seja percebida.
5 - Aquisições: acompanhamento do fluxo de materiais e gestão	A avaliação em tempo real facilita o gestor a realizar um planejamento dinâmico. Por outro lado, visualizar a situação atual da obra em momentos específicos de execução, propicia uma melhor organização da produção e de compra de materiais.	Uso de planejamento dinâmico (onde o próximo passo é baseado na informação do passo anterior). Planejamento, aquisição, produção e logística, podem ser controlados pela RA, na visualização do mapeamento do canteiro de obras. A automatização do registro do material com tecnologias de identificação, como exemplo RFID, também permite um rápido controle de estoque de materiais na obra.

Fonte: Adaptado de Wang et al. (2013)

Quadro 5 - BIM + RA, práticas racionais e exemplos

(Conclusão)

Características das atividades realizadas na obra	Contextualização	Exemplos de inserção da RA
6 - Do projeto à produção: visualização das lacunas	Pela tradição, o projeto ainda é concebido em 2D.	BIM + RA podem fornecer um modelo interativo do projeto completo em 3D, dando aos trabalhadores da construção um entendimento dos detalhes projetuais. Consequentemente, um alto nível de construtibilidade é alcançado e transmitido de forma clara para a obra.
7 - Planejamento de canteiro e armazenamento	O modelo BIM pode ser utilizado para identificar possíveis locais para armazenamento de materiais no canteiro de obras. Esse tipo de tarefa, quando não planejada, demanda tempo considerável principalmente se houver a necessidade de nova remoção para outros locais da obra. Materiais específicos como tijolo, aço e gesso precisam estar dispostos em lugares apropriados e limpos.	Em edifícios com vários pavimentos, planejar como e quando os andares poderão ser executados pode reduzir o remanejamento de materiais dentro do canteiro de obras. Verificou-se que quanto menos é removido o material na obra, menor é o dano e descarte do material.

Fonte: Adaptado de Wang et al. (2013)

Nas tarefas de **montagem, operação e manutenção** é comprovada a otimização do processo com a utilização da Realidade Aumentada. Experimentos mostraram que o uso da RA pode melhorar a compreensão do operador e o controle do processo em diversos setores da construção (ZHANG; ONG; NEE, 2010; AYER; CHALHOUB, 2017) juntamente como os processos de construção em geral, até mesmo os já consolidados (CUPERSCHMID, 2015).

A inserção de informações digitais no local de trabalho, em um ambiente real, usando a RA pode proporcionar aos trabalhadores os meios para implementar os procedimentos de montagem corretos com maior precisão e redução de erros. Pesquisadores indicaram como contribuição a diminuição do tempo de execução da tarefa em 50% e a diminuição dos erros de montagem em 50%. Sendo mais específico, o uso da RA diminuiu o tempo inicial de execução em 55% e de retrabalho em 46%, o que gerou uma redução de custo de 50% e da correção de erros de montagem (redução em 66%). Entretanto, esta comprovação foi realizada em laboratório com o uso de protótipos, necessitando ainda de uma avaliação mais aprofundada em canteiro de obras (HOU; WANG; TRUIJENS, 2014).

Este experimento reforça a afirmação que, apesar do crescente esforço, durante as duas últimas décadas a maioria das pesquisas originaram-se em ambientes acadêmicos. Aplicações comerciais são muito menos usuais do que as realizadas na academia (NEE *et al.*, 2012; SABOL, 2013). Heydarian (2015) confirma esta afirmativa e revela que essas abordagens estão sendo lentamente adotadas pela indústria.

2.4.1 Realidade Aumentada e *Facilities Management*

O uso de dispositivos móveis nas áreas da AECO é uma característica que tem sido identificada como uma das mais importantes no acesso imediato à informação. A **gestão de *facilities*** pode se beneficiar significativamente do uso destes dispositivos como ferramenta de acesso rápido às informações de trabalho (IRIZARRY *et al.*, 2014; KARJI; WOLDESENBET; ROKOOEI, 2017).

Rankohi e Waugh (2013) realizaram uma revisão de literatura envolvendo 133 artigos de periódicos da área de AECO que continham a palavra-chave Realidade Aumentada. Nesta pesquisa foram identificados, entre outros aspectos, os seguintes tipos de aplicações para a RA: (i) visualização ou simulação, (ii) comunicação ou colaboração, (iii) modelagem da informação, (iv) acesso a informação ou avaliação, (v) monitoramento, (vi) educação ou treinamento, e (vii) segurança e inspeção.

Atividades de manutenção, como exemplo as preventivas e corretivas, são estabelecidas de acordo com procedimentos pré-definidos. Trabalhadores dessa área precisam ser treinados em procedimentos específicos relacionados à manutenção. Estes profissionais, às vezes, precisam solicitar auxílio aos sistemas de suporte e especialistas quando estão no campo. O treinamento nas tarefas de manutenção pode ser realizado utilizando materiais impressos em 2D e sistemas de simulação em realidade virtual. No entanto, as tecnologias de RV dificilmente são aplicadas à manutenção na qual a interação com os equipamentos físicos reais é necessária. A tecnologia da RA apresenta vantagem nestas aplicações por dois aspectos. Primeiramente, a interface do usuário pode ser criada de maneira ubíqua de modo que o usuário visualize a instrução com mais facilidade e, em seguida, a interação com o ambiente da RA no gerenciamento dos dados de manutenção, permitindo uma colaboração (NEE *et al.*, 2012).

Graf *et al.* (2011) acrescentam que com o crescimento do uso do BIM na AECO novas oportunidades surgem para auxiliar os profissionais de manutenção e operação no sentido de aproveitamento do conjunto de informações em BIM relacionadas ao ciclo de vida da edificação aliadas a simulação do ambiente em tempo real. Isto indica que a manutenção e o gerenciamento de *facilities* são áreas essenciais de foco para melhorias, em particular a combinação do BIM aliado a tecnologias de visão computacional e rastreamento permitirão aplicações futuras para captura e visualização de *as-built* com informações de operação e manutenção “*just in time*”.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O *Design Science Research (DSR)* foi adotado como método de pesquisa. Nesta seção, serão apresentados os principais conceitos associados a DSR, a sua forma de operacionalização e a condução desta tese de acordo com o método empregado.

3.1 DESIGN SCIENCE RESEARCH

A *Design Science Research*, também conhecida como *Constructive Research*, é a “ciência que procura consolidar conhecimentos sobre o projeto e desenvolvimento de soluções para melhorar sistemas existentes, resolver problemas e criar novos artefatos” (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015, p. 59). Os artefatos podem ser modelos, estruturas organizacionais ou projeto de sistemas de informação, entre outros.

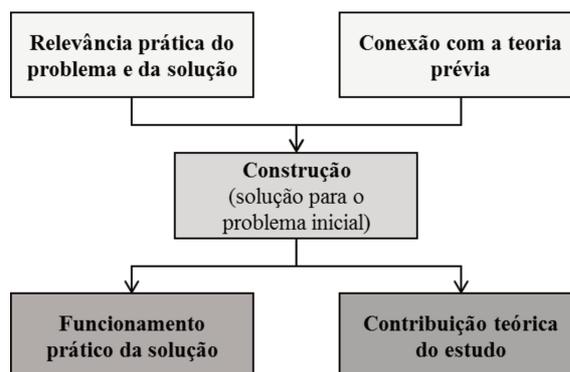
A DSR é uma abordagem de pesquisa para produção de artefatos com o intuito de resolver problemas encontrados no mundo real, contribuindo desta forma para a teoria da área aplicada (COLE *et al.*, 2005; LUKKA, 2003). Peffers *et al.* (2007) complementam ainda que o artefato necessita ser avaliado e que seu desenvolvimento acompanhe um processo que extraia teorias e conhecimentos existentes para se chegar a uma solução para um problema definido. E, ao término da pesquisa, a mesma deve ser transmitida de forma eficaz para o público adequado.

Walls, Widmeyer e El Sawy (1992) relatam que a *Design Science Research* além de ser fundamental para a engenharia, arquitetura e artes, tem relevância também para a área de sistemas de informação. Além disso, defenderam a aplicação dos conceitos da DSR em pesquisas na área tecnológica por possibilitar o desenvolvimento de teorias prescritivas que auxiliam na condução de soluções práticas e efetivas.

Logo, a natureza da DSR costuma ser pragmática e orientada a prescrição. O conhecimento deve ser construído objetivando a ação e as soluções propostas necessitam ser generalizáveis a uma classe específica de problemas. A teorização surge com uma nova ideia ou definição para uma nova tecnologia que poderá subsidiar a solução de um problema (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015).

A Figura 20, apresenta os elementos chave para abordagem da DSR, apresentados por Lukka (2003).

Figura 20 - Elementos centrais de abordagem da DSR



Fonte: Adaptado de Lukka (2003)

A *Design Science Research* é o método mais apropriado quando o estudo tem como objetivo projetar e desenvolver artefatos. Os **artefatos** são os produtos da DSR, que podem ser identificados como: **constructos, modelos, métodos e instanciações** (COLE *et al.*, 2005; MARCH; SMITH, 1995). Além destes produtos, Dresh, Lacerda e Antunes Junior (2015) apontam as *design propositions* também como um artefato da DSR. O Quadro 6 apresenta os produtos da DSR adotados por esta pesquisa seguindo os autores March e Smith (2003) e Dresh, Lacerda e Antunes Junior (2015).

Quadro 6 - Tipos de artefatos

Constructos	Constructos ou conceitos formam o vocabulário de um domínio. Eles descrevem os problemas dentro do domínio e especificam as respectivas soluções. Conceituações são extremamente importantes em ambas as ciências, natural e de <i>design</i> . Eles definem os termos usados para descrever e pensar sobre as tarefas.
Modelos	Um modelo é um conjunto de proposições ou declarações que expressam as relações entre os constructos. Em atividades de <i>design</i> , modelos representam situações como problema e solução. Ele pode ser visto como uma descrição, ou seja, como uma representação de como as coisas são. Não obstante, embora tenda a ser impreciso sobre detalhes, um modelo precisa sempre capturar a estrutura da realidade para ser uma representação útil.
Métodos	Um método é um conjunto de passos (um algoritmo ou orientação) usado para executar uma tarefa. Métodos baseiam-se em um conjunto de constructos subjacentes (linguagem) e uma representação (modelo) em um espaço de solução. Os métodos são, muitas vezes, utilizados para traduzir um modelo ou representação para resolução de um problema.
Instanciações	Uma instanciação é a concretização do artefato em seu ambiente. Instanciações operacionalizam constructos, modelos e métodos e demonstram a viabilidade e a eficácia dos modelos e métodos que elas contemplam.
<i>Design Propositions</i>	Contribuições teóricas que podem ser propostas por meio da aplicação da DSR. As <i>design propositions</i> correspondem a um <i>template</i> genérico que pode ser utilizado para o desenvolvimento de soluções para uma determinada classe de problemas.

Fonte: Adaptado de March e Smith (1995); Lacerda *et al.* (2003) e Dresh, Lacerda e Antunes Júnior (2015)

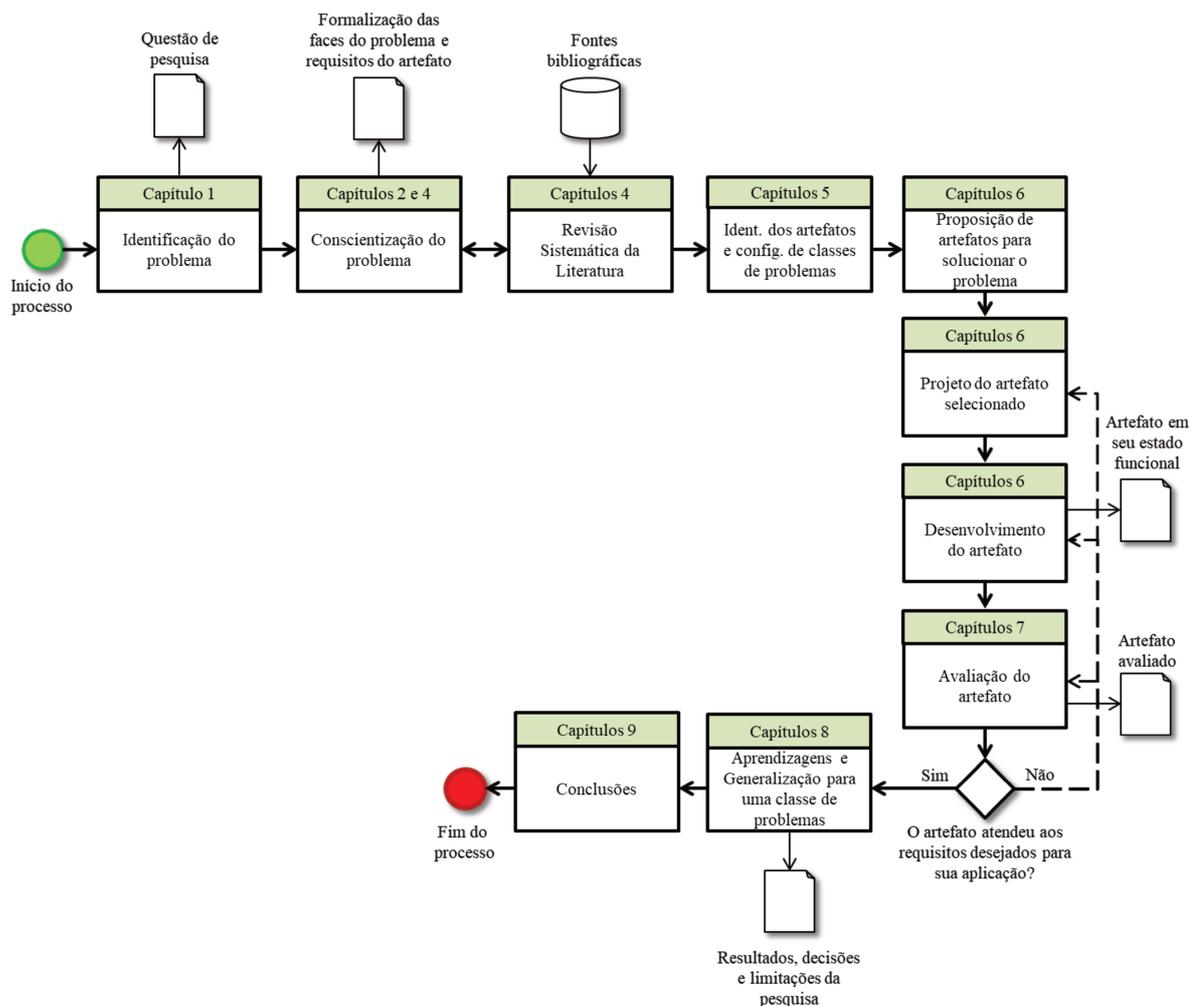
3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Adotou-se, durante o desenvolvimento desta pesquisa o delineamento de Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015) conforme as fases explicitadas na Figura 21. As etapas desta pesquisa juntamente com o método proposto são detalhadas nas seções a seguir.

3.2.1 Identificação do Problema

A identificação do problema foi explicitada no **Capítulo 1 – Introdução**, desta tese e direciona-se para a seguinte questão de pesquisa: a incorporação da Realidade Aumentada ao Manual de uso, operação e manutenção das edificações estimula ganhos no que diz respeito a utilização do manual?

Figura 21 - Etapas da Design Science Research Realizada



Fonte: Adaptado de Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015)

3.2.2 Conscientização do Problema

Nesta etapa deve-se buscar o máximo de informações possíveis assegurando o completo entendimento de suas facetas, causas e contexto. Como principal resultado desta fase tem-se a formalização do problema a ser solucionado abarcando suas fronteiras (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015).

No intuito de uma melhor conscientização do problema e obtenção de compreensão profunda da temática pesquisada, para esta tese, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os assuntos: manuais de uso, operação e manutenção, *facility management*, e Realidade Aumentada, explicitados no **Capítulo 2 - Fundamentação Teórica**.

Outro passo concretizado nesta fase, de conscientização do problema, foi a realização de uma pesquisa de satisfação sobre o manual do proprietário com os proprietários da habitação. Por meio de uma pesquisa de satisfação realizada por intermédio de uma construtora, foram contempladas questões relativas ao uso do manual do proprietário. Dessa forma, foram obtidos dados relativos à utilização do manual por parte dos clientes.

Ademais, propôs-se também uma **classificação de manuais do proprietário** no território brasileiro. Esta etapa de classificação empregou o levantamento como método de pesquisa. Inserido neste contexto, a solicitação de informações a um grupo de pessoas para, após análise quantitativa, atingir os resultados correspondentes aos dados recebidos, são características do levantamento (GIL, 2010).

O levantamento proposto para a caracterização dos manuais do proprietário seguiu o delineamento recomendado por Gil (2010) fracionado nas seguintes etapas: (i) operacionalização dos conceitos e variáveis; (ii) elaboração do instrumento de coleta de dados; (iii) pré-teste do instrumento; (iv) seleção da amostra; (v) coleta e verificação de resultados; (vi) análise e interpretação dos dados; e (viii) redação do relatório.

Para classificar os manuais do proprietário estabeleceu-se as variáveis: (i) tipo de entrega do manual pela construtora; (ii) tipos de formato em que são entregues o manual; (iii) forma de desenvolvimento; (iv) diferenciação do manual associado a padrões de edificação construída; e por fim, (v) atendimento aos requisitos indicados pela NBR 14037.

Como instrumento de coleta de dados adotou-se o questionário *online* para obtenção das variáveis (i) a (iv) acima listadas. Na etapa de pré-teste, foi realizada a avaliação do questionário, por meio da verificação e adequação do mesmo (formato, linguagem e

funcionamento). Para esta seção foi elaborado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Como instrumento de coleta de dados das variáveis relativas ao item (v) acima apresentado, adotou-se a tabulação sobre a análise de manuais.

Na seleção da amostra estabeleceu-se o território brasileiro com universo, sendo este estratificado nas 5 regiões do país (Norte, Nordeste, Sul, Sudeste e Centro Oeste).

Para a coleta e verificação dos resultados foi contatada a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) no intuito de adquirir os contatos dos sindicatos e das associações da construção civil parceiros da referida Câmara. A CBIC apoiou institucionalmente a pesquisa tanto com o fornecimento dos contatos solicitados (57 sindicatos e 25 associações) quanto com a divulgação do levantamento no seu jornal diário CBIC Hoje.

A partir daí, foram elaboradas cartas informativas sobre a pesquisa enviadas por e-mail a cada sindicato/associação solicitando 5 contatos de empresas/construtoras parceiras, visando a coleta de informações e a aquisição de manuais. O modelo da carta enviada consta no Apêndice B desta tese.

A solicitação do apoio foi reiterada aos sindicatos e às associações que não responderam ao e-mail através de contato via telefone. Aos contatos de construtoras e/ou incorporadoras fornecidos pelas associações/sindicatos, foi enviada por e-mail uma carta solicitando a participação na pesquisa e preenchimento do questionário. Às construtoras/incorporadoras que responderam a esta chamada, foi disponibilizado via web o questionário intitulado - Pesquisa - Manual de Uso, Operação e Manutenção das edificações¹⁰, criado por meio da plataforma gratuita Google Forms.

Após o recebimento do questionário, foi realizado o contato telefônico com os profissionais das construtoras/incorporadoras participantes, visando a aquisição de no mínimo um exemplar do manual do proprietário praticado pela empresa.

A análise e interpretação dos dados foi dividida em duas etapas: a primeira parte foi direcionada a caracterizar a amostra. A segunda parte foi verificar as variáveis (i), (ii), (iii), e (iv) explicitadas anteriormente como caracterização do manual, enquanto que a variável (v) determinou a aderência dos manuais à NBR 14037.

¹⁰ Disponível em <https://goo.gl/forms/jKqIWGcDOu0YeJia2>.

O critério adotado para classificar a aderência dos manuais à NBR 14037 foi a pontuação de cada item da norma presente no manual. Cada item no manual foi classificado a partir da média da pontuação de seus subitens. Cada subitem poderia receber a pontuação 1 ou 0, sendo que 1 correspondia ao subitem presente no manual segundo a norma e 0 à ausência do mesmo. As médias de pontuação foram revertidas nas classificações: Inclusão de 68% a 100%, de 34% a 67% e, de 0% a 33% dos itens da Norma. É relevante destacar que a pontuação total de cada subitem é 100%, assim como este é o máximo valor da média resultante por item. Esse critério foi adotado para cada item separadamente e para o somatório dos mesmos classificando assim os manuais, conforme apresentado na Tabela 1. Por fim, foram apresentados os resultados do levantamento realizado.

Tabela 1 - Método de Pontuação da Classificação dos Manuais por meio da Inclusão de Itens da Norma

	Manual A	Manual B	Manual C
Classificação	De 68% a 100%	De 34% a 67%	De 0% a 33%
1.0 Item	100%	67%	33%
1.1 Subitem	1	1	1
1.2 Subitem	1	0	0
1.3 Subitem	1	1	0

Fonte: A Autora

E por fim, na etapa (viii) redação do relatório – foram apresentados os resultados da investigação realizada. Os resultados deste levantamento estão explicitados no **Capítulo 4 – Seção Conscientização do Problema, item 4.2 intitulada: Classificação de Manuais de Uso, Operação e Manutenção da Edificação.**

3.2.3 Revisão Sistemática de Literatura

A Revisão Sistemática de Literatura (RSL) compõe uma etapa da *Design Science Research*. De acordo com Felizardo e Martins (2009), a RSL é uma investigação científica que foi adotada primeiramente pela Medicina, no final da década de 80, devido ao número extenso de publicações produzidas e ausência de uma metodologia apropriada.

Uma revisão sistemática da literatura é um meio de identificar, avaliar e interpretar todas as pesquisas disponíveis relevantes para uma determinada pergunta de pesquisa, tópico, ou fenômeno de interesse. Estudos que contribuem para a revisão sistemática são chamados estudos primários, e uma revisão sistemática é um estudo secundário. As revisões sistemáticas devem ser realizadas de acordo com uma estratégia de busca predefinida. A estratégia de busca deve permitir que a completude da pesquisa possa ser avaliada. Em particular,

pesquisadores que realizam a revisão sistemática devem fazer todos os esforços para identificar e relatar pesquisas que auxiliam a hipótese de pesquisa, assim como identificar e relatar as lacunas nas investigações (KITCHENHAM, 2004).

Algumas características são específicas da revisão sistemática, e diferem de uma revisão de literatura convencional, como exemplo: (i) uma revisão sistemática se inicia pela definição de um protocolo que especifica a questão de pesquisa e os métodos que serão utilizados na revisão, (ii) as revisões sistemáticas são baseadas em estratégias de busca definidas e tem como objetivo detectar o máximo possível uma literatura pertinente, (iii) as estratégias de busca devem ser documentadas para que os leitores possam acessar seu rigor e sua completude, (iv) uma revisão sistemática requer critérios de inclusão e exclusão explícitos, (v) as revisões sistemáticas especificam a informação a ser obtida a partir de cada estudo primário, incluindo os critérios de avaliação, e por fim (vi) uma revisão sistemática é um pré-requisito para uma meta-análise quantitativa (KITCHENHAM, 2004). Outra característica relevante da RSL é a validação do protocolo por um especialista da área através da sua leitura ou execução. Caso os resultados não sejam satisfatórios, o protocolo deve ser reformulado (FELIZARDO; MARTINS, 2009).

Biolchini *et al.* (2005) revelam que a condução da revisão sistemática pode ser compreendida como uma abordagem em três etapas. A primeira etapa da pesquisa inicia-se com os conceitos, no qual é apresentado formalmente o assunto em questão, passando por estudos, e por quais materiais potencialmente contém as informações que podem evidenciar o conteúdo específico da investigação. Por sua vez, a segunda fase origina-se a partir destes estudos, que são dissecados em seus conteúdos, comparados entre eles, e às vezes reagrupados, levando a resultados que representam um novo tipo de evidência. E por fim, a terceira fase desdobra-se a partir dos resultados, construídos através de um processo de análise e síntese de novas ordenações possíveis por meio de um método e seguindo para as conclusões, que implicam em adquirir um novo conhecimento sobre o conteúdo em questão, bem como, um apoio a uma tomada de decisão direcionada ao mesmo.

Assim sendo, nesta tese, foi realizada uma revisão sistemática de literatura no intuito de identificar os artefatos existentes nas aplicações de Realidade Aumentada relativas a montagem, manutenção e operação da edificação juntamente com manuais de instrução.

Para esta RSL foram elaboradas as seguintes **questões de pesquisa**: Quais os tipos de artefatos utilizados nas aplicações da RA para a edificação? Que instanciações são produzidas

nas aplicações de RA para a edificação? Quais as técnicas de rastreamento são utilizadas nas aplicações de RA para a edificação?

Primeiramente, como parâmetro inicial, foram selecionados artigos somente de periódicos publicados no **idioma** inglês e com acesso ao texto completo. Após a obtenção dos trabalhos, foi feita uma triagem visando identificar e excluir os artigos repetidos para a obtenção das publicações totais nas quatro bases de dados pesquisadas. O período de coleta das fontes da RSL foi de 14/04/2016 a 20/04/2016.

Para o **período de busca das publicações**, foi definido o intervalo de tempo a partir do ano de 1997 até 20 de abril de 2016. Esta escolha é justificada pois em 1997 foi publicado o artigo *A Survey of Augmented Reality*, por Ronald Azuma, no periódico *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Trata-se de um estudo relevante em Realidade Aumentada, em que o pesquisador Ronald Azuma aborda o conceito de RA e apresenta uma extensa bibliografia neste campo de pesquisa (AZUMA, 1997). Ademais, as inovações tecnológicas transformam-se de forma rápida e 19 anos é considerado um intervalo de tempo satisfatório para a realização de RSL em pesquisas nesta área de conhecimento.

Na fase de **seleção das fontes**, foram elencados um conjunto de dados por meio da obtenção do material através das bases de dados digitais:

- Compendex (www.engineeringvillage.com);
- Scopus (<https://www.scopus.com>);
- *Web of Science* (<https://apps.webofknowledge.com>) e;
- *American Society of Civil Engineers - ASCE* (<http://ascelibrary.org>).

As **palavras-chaves** escolhidas foram: “*augmented reality*” adicionadas aos termos (*building and assembly*), (*building and operation*), (*building and maintenance*) e (*building and manual*).

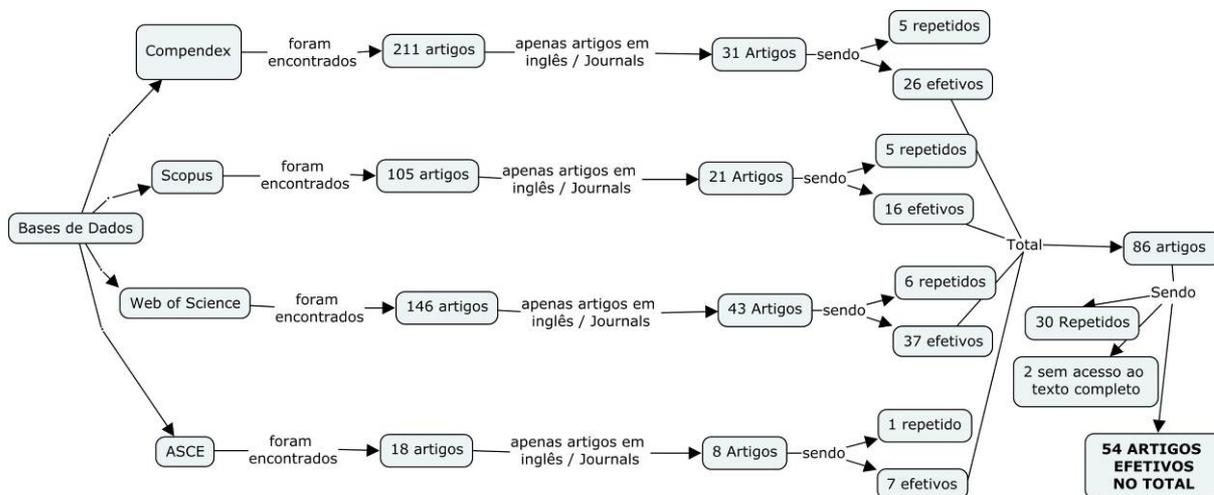
Na base de dados Compendex, a busca dos termos mencionados foi realizada por assunto/título/resumo. Por sua vez, na base de dados Scopus, a busca foi realizada por título/resumo/palavras-chave. Já na base de dados *Web of Science* a pesquisa foi realizada por tópico. E por último, na base de dados ASCE, a procura foi realizada pelo resumo.

Após aplicar os critérios de tempo e idioma definidos para seleção das fontes, foram encontrados 103 artigos. Dentre esses, restaram 86 após exclusão por repetição dentro da

mesma base de dados. Ao unir as bases de dados foram excluídos mais 30 artigos por repetição, restando 56 amostras. Dessas amostras, 2 trabalhos foram excluídos pois o texto não estava disponível em sua totalidade. No resultado final da revisão sistemática de literatura foram encontrados 54 trabalhos.

A Figura 22 esquematiza o processo realizado com a quantidade de artigos encontrados por base de dados, o número de artigos excluídos por repetição nas próprias bases e entre as mesmas, e a quantidade de publicações efetivas no total.

Figura 22 - Estrutura da revisão sistemática



Fonte: A Autora

Após esta análise, passou-se para a etapa de leitura analítica das pesquisas. O objetivo da leitura analítica é ordenar e resumir as informações contidas nas fontes, de forma que as mesmas possibilitem a apreensão de respostas ao problema da pesquisa (GIL, 2010). Nesta etapa foram excluídos 16 artigos, restando 38 estudos após aplicar os critérios de inclusão e exclusão. Os critérios de exclusão adotados foram:

- trabalhos que apresentam essencialmente um algoritmo de aplicação e calibragem de equipamentos;
- trabalhos com abordagens fora do contexto das aplicações para montagem, manutenção e operação ou manual de instrução;
- trabalhos que não estivessem disponíveis ou incompletos;
- trabalhos que não abordavam a realidade virtual e/ou Realidade Aumentada.

De acordo com Mafra e Travassos (2006), uma RSL deve obrigatoriamente conter um protocolo elaborado, de modo a permitir que seja feita uma revisão por outros pesquisadores. Assim sendo, foi elaborado um protocolo de revisão, posteriormente auditado por uma

pesquisadora do Laboratório de Arquitetura, Metodologia de Projeto e Automação (LAMPA), da UNICAMP. As divergências encontradas com relação a exclusão e inclusão dos estudos foram discutidas pelas pesquisadoras até atingir-se um consenso.

A RSL proposta foi desenvolvida seguindo as fases de planejamento, de condução e de extração de informações e de síntese de resultados. A fase de análise dos resultados está evidenciada no **Capítulo 4, subitem 4.3 intitulado - RSL para identificação dos artefatos em aplicações de RA**. Os relatórios de condução¹¹ e protocolo para revisão sistemática integram o **Apêndice A – Documentos da Revisão Sistemática**, desta tese. O passos até aqui apresentados são sumarizados no Quadro 7 do Protocolo da RSL realizada:

Quadro 7 – Síntese de Protocolo da RSL

Intervenção	Produtos da <i>DSR</i> provenientes das aplicações de RA.	
Controle	(HOU et al., 2013), (MÜLLER; ASLAN; KRÜBEN, 2013), (OLBRICH et al., 2013) e SHIRAZI; BEHZADAN (2015).	
População	Realidade Aumentada aplicada a montagem, manutenção e operação da edificação e aplicações com manuais de instrução.	
Resultados	Visão das aplicações e tipo de rastreamento utilizado em montagem, manutenção e operação da edificação juntamente com manual de instrução.	
Aplicação	Pesquisadores da área de RA que desenvolvem pesquisas em AECO.	
Estratégias de Busca para seleção dos estudos	Fonte	<i>Compendex</i> (www.engineeringvillage.com);
		<i>Scopus</i> (https://www.scopus.com);
		<i>Web of Science</i> (https://apps.webofknowledge.com);
		<i>American Society of Civil Engineers (ASCE)</i> - http://ascelibrary.org .
	Idioma	Inglês (pela universalidade do idioma).
	Termos de busca	“ <i>augmented reality</i> ” adicionadas aos termos (<i>building and assembly</i>), (<i>building and operation</i>), (<i>building and maintenance</i>) e (<i>building and manual</i>).
Onde	Título, resumo e palavras-chave.	
Tipos de artigo	Artigos de periódicos científicos.	
Filtros	Critérios de Inclusão	Trabalhos publicados e disponíveis integralmente em bases de dados científicas; Trabalhos publicados a partir de 1997.
	Critérios de Exclusão	Trabalhos que apresentam essencialmente o algoritmo da aplicação e calibragem de equipamentos; Trabalhos com abordagens fora do contexto das aplicações para montagem, manutenção e operação ou manual de instrução; Trabalhos que não se referem a realidade virtual e/ou Realidade Aumentada.
Estratégia de extração de informação	Após aplicação dos filtros de inclusão fez-se a leitura dos trabalhos selecionados e foram preenchidas fichas para cada artigo. Isto permitiu a compreensão dos critérios de exclusão de cada artigo.	
Sumarização dos resultados	A análise quantitativa e qualitativa será elaborada. O período das publicações será analisado e as seguintes informações serão extraídas de cada artigo: (i) tipos de artefatos seguindo a <i>Design Science Research</i> , (ii) método de rastreamento utilizado em RA para as aplicações propostas, (iii) caracterização dos protótipos gerados nas instâncias.	

Fonte: A Autora

¹¹ O protocolo de revisão sistemática de literatura foi embasado nos modelos disponíveis em Biolchini *et al.* (2005).

No momento de **extração de informações e síntese dos resultados** foram aplicados os itens relativos ao protocolo para a sumarização de resultados representada por gráficos e s, bem como pela proporção alcançada para cada fonte. Os tipos de artefatos e os tipos de rastreamento encontrados foram apresentados por meio de percentuais. Ademais, utilizou-se uma categorização hierárquica das atividades em AEC, de acordo com Dunston e Wang (2011). Esta caracterização está apresentada no Quadro 8 e adaptada para o presente escopo de pesquisa.

Assim sendo, por meio de uma tabela síntese foram categorizados os artefatos de acordo com as Atividades Específicas de Operação (AEO) em AEC, transitando pelas Áreas de Aplicação (AA) e Atividades Específicas de Aplicação (AEA). Os níveis apresentados no Quadro 8 originam-se de uma caracterização mais abrangente – Área da Aplicação (nível 1) para uma caracterização mais detalhada onde são identificados os tipos de tarefa – Tarefas primitivas (nível 5).

Quadro 8 – Categorização Hierárquica das Atividades em AEC

Nível	Descrição	Exemplos
1	Área da aplicação (AA)	Arquitetura (A), Engenharia (E), Construção (C), Operação (O), Educação (ED).
2	Área específica da aplicação (AEA)	Segurança, manutenção, reparo, construção, fabricação, inspeção, concepção, coordenação, colaboração, logística, ...
3	Atividades específicas de operação (AEO)	Montagem, visualização, planejamento, monitoramento, robótica, controle de equipamento, ...
4	Tarefas compostas (TC)	Medir, conectar, organizar, selecionar, alinhar, anotar, informar, ...
5	Tarefas primitivas (TP)	Mover, alcançar, pegar, ...

Fonte: Adaptado de Dunston e Wang (2011)

3.2.4 Identificação dos Artefatos e Configuração de Classes de Problemas

Esta fase apoia a pesquisadora a evidenciar os artefatos (constructos, modelos, métodos, instanciações e ou *design propositions*) e as classes de problemas relacionadas à investigação que está se tentando resolver. Estas classes de problemas foram explicitadas baseando-se nas Atividades Específicas de Operação (AEO) de acordo com Dunston e Wang (2011) apresentadas no Quadro 8.

Baseado na RSL realizada, apontou-se padrões/similaridades nos artefatos encontrados e mapeamento de possíveis recursos de RA para serem incorporados no Manual do proprietário. Outro tipo de verificação empregada foi a identificação da técnica de rastreamento utilizada para as instanciações mapeadas.

3.2.5 Proposição de Artefatos para resolução do problema

Conforme explicitado anteriormente, a elaboração de um artefato é parte essencial da *Design Science Research*. Na etapa de proposição do artefato, para solucionar um problema específico, realiza-se o raciocínio sobre a situação atual do problema e possíveis soluções de alteração ou melhoria da situação atual.

A partir da conscientização do problema que envolveram: estudos exploratórios; pesquisa de satisfação; classificação de manuais; e revisão sistemática de literatura, indicou-se dois formatos de manual do proprietário na fase de proposição de artefatos. Neste sentido, foi proposto: (i) acrescentar, ao formato impresso, novas formas de visualização do conteúdo com a tecnologia da RA; e (ii) transferir o conteúdo do manual do proprietário para o ambiente (edificação) por meio da RA. A fase de Proposição do Artefato para resolução do problema está evidenciada no **Capítulo 6**.

3.2.6 Projeto e Desenvolvimento do Artefato

Nesta etapa, são apresentados os requisitos e possíveis soluções para o problema. Este processo, segundo Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015), pode ser dividido em camadas que são: (i) espaço do design, no qual são apresentados os requisitos possíveis e soluções para o problema; (ii) camadas do artefato em construção, que engloba as camadas, viabilidade, utilidade, representação e construção do artefato; e por fim (iii) uso do artefato, cuja camada está subdividida em instanciação piloto e liberação do artefato para a instanciação.

A fase de Projeto e Desenvolvimento do Artefato está evidenciada no **Capítulo 6** onde estão explicitados o processo de criação e desenvolvimento do artefato, assim como as ferramentas e dispositivos utilizados.

3.2.7 Avaliação do Artefato

Esta etapa visa observar e medir o comportamento do artefato na solução do problema. Como resultados tem-se a avaliação do artefato e as heurísticas contingenciais explicitando os limites do artefato e suas condições de utilização. Caso o artefato não atinja os requisitos desejados, é recomendado que seja identificada a etapa onde ocorreu a falha para o mesmo ser reiniciado a partir deste ponto (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015).

Para Dunser e Billinghamurst (2011) o fato da sobreposição digital poder incluir diferentes sentidos (visão, audição, tato, etc.) e apresentar uma variedade de tipos de

dispositivos de entrada e de saída (dispositivos moveis, HMD, *desktop*, etc.) gera uma variedade de técnicas de interação. Quatro tipos de avaliação utilizadas em interações com RA foram identificadas, que são: (i) experimentos que estudam a percepção e cognição humana; (ii) experimentos que examinam o desempenho do usuário em uma tarefa; (iii) experimentos que examinam a colaboração entre usuários; e por fim (iv) sistemas de usabilidade e avaliação do *design* do sistema.

Com relação a esta pesquisa foram realizadas avaliações com os usuários finais do artefato proposto por meio de (ii) experimentos que examinam o desempenho do usuário em uma tarefa. Para isto, no experimento foi adotado o método de mensuração NASA TLX. O *NASA Task Load Index* (TLX) é um procedimento multidimensional de avaliação que fornece um índice geral de carga de trabalho com base em uma média ponderada de classificação em seis fatores: demanda mental, demanda física, demanda temporal, desempenho, esforço e frustração. Três fatores dizem respeito às demandas impostas ao indivíduo (demanda mental, demanda física e demanda temporal) e três à interação do indivíduo com a tarefa (desempenho, esforço e frustração). Cada fator será descrito a seguir:

1. **Demanda mental:** quantidade de atividade mental e de percepção é requerida, por exemplo, pensando, decidindo, calculando, lembrando, olhando, procurando, etc. A tarefa foi fácil ou difícil? Simples ou complexa?

2. **Demanda física:** quantidade de atividade física é requerida, por exemplo, empurrando, puxando, girando, controlando, ativando, etc. A tarefa foi fácil ou difícil? Lenta ou rápida? Vagarosa ou extenuante? Repousante ou trabalhosa?

3. **Demanda temporal:** pressão de tempo que você sentiu devido à taxa ou ritmo em que os elementos de tarefas ou tarefas ocorreram. O ritmo foi lento e vagaroso ou rápido e frenético?

4. **Performance:** quão bem-sucedido você acha que estava cumprindo os objetivos da tarefa? Quão satisfeito você estava com o seu desempenho na realização desses objetivos?

5. **Esforço:** quão difícil foi trabalhar (mental e fisicamente) para atingir o desempenho?

6. **Nível de frustração:** quanto inseguro, desencorajado, irritado, estressado versus seguro, grato, contente, relaxado e complacente você se sentiu durante a realização da tarefa?

O grau em que cada um dos seis fatores contribui para a carga de trabalho de cada tarefa a ser avaliada é determinado pelas comparações dos fatores entre pares, realizada pelos próprios indivíduos avaliadores. As avaliações de magnitude em cada sub escala são obtidas após cada desempenho de uma tarefa. As classificações dos fatores considerados mais importantes na criação da carga de trabalho de uma tarefa recebem um peso maior no cálculo da escala global da carga de trabalho, aumentando assim a sensibilidade da escala (HART, 1986).

O primeiro requisito é que cada indivíduo avalie a contribuição de cada fator (seu peso) para a carga de trabalho de uma tarefa específica. Há 15 possíveis comparações entre pares das seis escalas (1 - esforço x performance, 2 - demanda temporal x frustração, 3 - demanda temporal x esforço, 4 - demanda física x frustração, 5 - performance x frustração, 6 - demanda física x demanda temporal, 7 - demanda física x performance, 8 - demanda temporal x demanda mental, 9 - frustração x esforço, 10 - performance x demanda mental, 11 - performance x demanda temporal, 12 - demanda mental x esforço, 13 - demanda mental x demanda física, 14 - esforço x demanda física, 15 - frustração x demanda mental. Cada par é apresentado ao indivíduo. Os indivíduos escolhem um fator de cada par que contribuiu mais para a carga de trabalho da tarefa realizada. O número de vezes que cada fator é escolhido é computado. A pontuação pode variar de 0 (não relevante) a 5 (mais importante) (HART, 1986).

O segundo requisito é obter as classificações numéricas para cada escala que reflete a magnitude desse fator em uma determinada tarefa. As escalas são apresentadas em uma folha de classificação e o indivíduo responde assinalando no local desejado (classificação bruta). As classificações podem ser obtidas durante uma tarefa ou após segmentos de tarefas. Cada escala é apresentada como uma linha de 12cm dividida em 20 intervalos iguais ancorados por descritores bipolares (alto/baixo). As 21 marcas verticais em cada escala dividem a escala de 0 a 100 em incrementos de 5. A pontuação geral da carga de trabalho de cada indivíduo é calculada, multiplicando cada classificação pelo peso atribuído a esse fator pelo próprio indivíduo (classificação ajustada). A soma das avaliações para cada tarefa é dividida por 15 (a soma dos pesos) para se obter a pontuação de carga de trabalho geral do indivíduo naquela tarefa. O valor da carga de trabalho geral é obtido através da média das cargas de trabalho ponderada por indivíduo (HART, 1986).

O Quadro 9 apresenta o plano experimental fatorial da avaliação com os indivíduos das soluções desenvolvidas.

Quadro 9 – Plano Experimental da Avaliação dos Indivíduos das Soluções Propostas

PROTÓTIPOS DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS	TIPOS DE VISUALIZAÇÃO		
	TABLET	ÓCULOS DE RA	PAPEL
[A] manual do proprietário tradicional	-	-	Avaliação dos indivíduos da solução A (manual selecionado após levantamento de manuais)
[B] manual do proprietário acrescido de RA (aplicativo <i>Manual Augmented Reality - MAR</i>)	Avaliação dos indivíduos da solução B com <i>tablet</i>	Avaliação dos indivíduos da solução B com <i>smartglasses</i> (óculos de RA) (Epson Moverio BT-200)	-
[C] ambiente incorporando o manual do proprietário com RA (aplicativo <i>Living Augmented Reality - LAR</i>)	Avaliação dos indivíduos da solução C com <i>tablet</i>	Avaliação dos indivíduos da solução C com <i>smartglasses</i> (óculos de RA) (Epson Moverio BT-200)	-

Fonte: A Autora

Inicialmente foi realizado um experimento piloto. Posteriormente o experimento foi realizado com alunos, funcionários e professores da UNICAMP, assim como com proprietários e usuários de habitação formado por pessoas voluntárias transitando em uma loja de material de construção. Três manuais foram avaliados: [A] o manual tradicional em papel, [B] o manual do proprietário impresso acrescido de RA (aplicativo MAR) e [C] o manual do proprietário distribuído no ambiente construído incorporando a RA (aplicativo LAR). Duas formas de visualização foram aplicadas sobre os protótipos B e C: [1] a RA visualizada por meio de *tablet* e [2] a RA visualizada por meio de óculos de Realidade Aumentada (*smartglasses*). Em cada um dos cinco cenários de avaliação, o método de mensuração NASA TLX foi aplicado com os participantes.

3.2.8 Explicitação das Aprendizagens

Esta etapa visa a explicitação das aprendizagens adquiridas durante o processo de pesquisa, considerando os resultados observados na etapa de avaliação. Devem ser descritos os pontos de sucesso e insucesso. Esta abordagem visa garantir que a pesquisa possa servir de referência e como base para geração de conhecimento (COLE *et al.*, 2005).

No âmbito desta pesquisa foram verificadas se as soluções propostas poderiam ser aplicadas a qualquer manual do proprietário, seções do manual, e quais as limitações

identificadas para esta aplicação, além do que pode ser melhorado para potencializar o conhecimento nesta temática.

3.2.9 Conclusões e Generalização para uma classe de Problemas

Etapa que permite o avanço do conhecimento em DSR. A generalização faz com que o conhecimento gerado possa ser replicado em outras situações similares. Utilização do raciocínio indutivo (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015).

Verificou-se se os protótipos das soluções propostas para o manual do proprietário podem ser utilizados nas áreas de Engenharia, Construção e Operação, atuando na montagem, manutenção e instrução.

3.2.10 Comunicação dos Resultados

Etapa de disseminação do conhecimento, objetivando alcançar maior número possível de interessados, tanto no meio acadêmico quanto no meio empresarial.

Uma vez que a Realidade Aumentada necessita de conhecimentos técnicos específicos, atividades exploratórias juntamente com o desenvolvimento da pesquisa foram realizadas visando uma melhor compreensão da tecnologia. Desse modo, foram publicados artigos no âmbito nacional e internacional explicitando os estudos e experimentos realizados. Além da publicação de artigos, outros esforços devem ser empreendidos para devolver o aprendizado para a comunidade, por exemplos, distribuir a pesquisa entre os participantes, divulgar os resultados no Jornal veiculado pela CBIC e no Jornal veiculado pela UNICAMP, entre outras ações de divulgação.

4 CONSCIENTIZAÇÃO DO PROBLEMA

Este capítulo apresenta os itens que subsidiam a conscientização do problema que são: (i) pesquisa de satisfação; (ii) classificação de manuais de uso, operação e manutenção da edificação no Brasil e; (iii) Revisão Sistemática de Literatura para identificação dos artefatos em aplicações de RA.

4.1 PESQUISA DE SATISFAÇÃO

Para um melhor entendimento da percepção do manual do proprietário pelos seus usuários, através de um contato prévio realizado por meio de uma construtora, foi aplicada uma pesquisa de satisfação com os proprietários de uma unidade habitacional integrada a um edifício residencial vertical. O empreendimento residencial está situado na cidade de Goiânia, em Goiás, e a pesquisa de satisfação é realizada pela construtora periodicamente. A pesquisa de satisfação continha 25 questões sobre: (i) a utilização do imóvel; (ii) o uso, a satisfação e a percepção do proprietário da edificação com relação ao manual do proprietário¹²; e (iii) a opinião dos proprietários com relação ao serviço prestado pela construtora. Somadas à pesquisa aplicada pela construtora, foram incorporadas 4 questões referentes ao manual do proprietário.

O empreendimento é composto por uma torre com 27 pavimentos, sendo: subsolo 2; subsolo 1; térreo; mezanino garagem; mezanino lazer; 20 pavimentos tipo diferenciados, totalizando 113 unidades residenciais. Apesar do imóvel ser composto por 113 unidades habitacionais, apenas 21 pessoas responderam ao questionário. Isto se deve ao fato de que ainda existiam unidades a serem adquiridas, e pela maioria dos usuários serem inquilinos, não sendo, portanto, o público a que se destinou a pesquisa de satisfação. A pesquisa se destinou exclusivamente aos proprietários do referido imóvel e os mesmos estavam morando há 6 meses no local quando foi aplicada a pesquisa.

Nesta seção, apresentam-se apenas as questões referentes ao item (ii) “o uso, a satisfação e a percepção do manual do proprietário”, pelas pessoas que adquiriram o imóvel.

¹² O manual do proprietário elaborado por esta construtora aos seus clientes encontra-se no formato tradicional (somente textual) e foi entregue na forma impressa para os proprietários do empreendimento.

Quatro questões relacionadas ao manual foram inseridas, especificamente para este fim na pesquisa elaborada pela construtora. As questões encontram-se no Quadro 10.

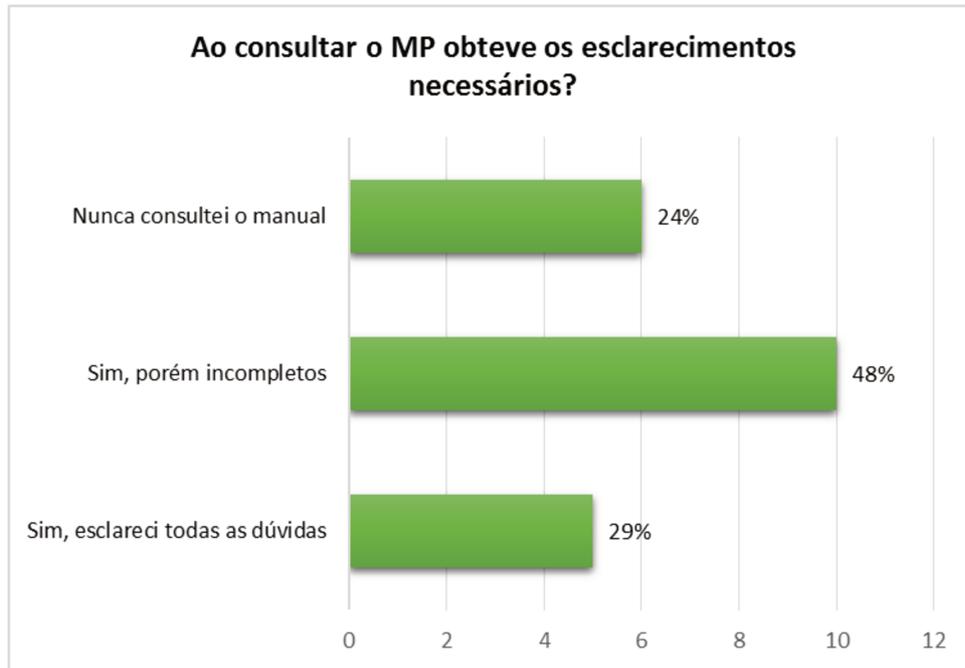
A primeira pergunta elaborada foi: ao consultar o manual do proprietário obteve os esclarecimentos necessários? Para esta questão, 24% das pessoas nunca tinham consultado o manual do proprietário, enquanto que 48% das pessoas o consultaram, porém acharam incompleto e, por fim, 29% das pessoas consultaram e esclareceram todas as suas dúvidas (Figura 23). Pela importância do manual do proprietário, é significativa a porcentagem de pessoas que consultaram o manual de forma incompleta caracterizando 48% do total. Esta afirmação é reforçada também pelos proprietários que nunca consultaram o manual (24%).

Quadro 10 - Pesquisa de Satisfação

Pesquisa de satisfação sobre o Manual do Proprietário
<p>1- Ao consultar o manual do proprietário obteve os esclarecimentos necessários?</p> <p>a) Nunca consultei o manual.</p> <p>b) Sim, porém incompletos.</p> <p>c) Sim, esclareci todas as dúvidas.</p>
<p>2 - Qual o seu grau de satisfação com o manual do proprietário?</p> <p>a) Satisfeito.</p> <p>b) Indiferente.</p>
<p>3 - Caso tenha lido ou consultado o manual do proprietário, marque as opções verdadeiras:</p> <p>a) Consultei o manual para ver procedimentos recomendáveis e obrigatórios para conservação, uso e manutenção da edificação, bem como para operação de equipamentos.</p> <p>b) Consultei o manual para me informar das características técnicas da edificação.</p> <p>c) Consultei pouco, reduziu pouco o tempo de retrabalho.</p> <p>d) Consultei o manual para me prevenir da ocorrência de falhas ou acidentes decorrentes de uso inadequado.</p> <p>e) Consultei o manual para me informar e me orientar quanto a conservação, uso e manutenção da edificação.</p>
<p>4 – Dentre as afirmações abaixo, qual(is) as que melhor se enquadram(m) para você?</p> <p>a) O manual do proprietário também poderia estar em formato de aplicativo de celular com maior interação com a edificação.</p> <p>b) O manual do proprietário em formato de texto atende as minhas expectativas.</p> <p>c) O manual do proprietário poderia ter conteúdo visual sobre o imóvel, como exemplo: plantas e/ou vistas e/ou ilustrações.</p> <p>d) O manual do proprietário poderia ter conteúdo visual sobre o imóvel, como exemplo: modelos em 3D da edificação.</p>

Fonte: A Autora

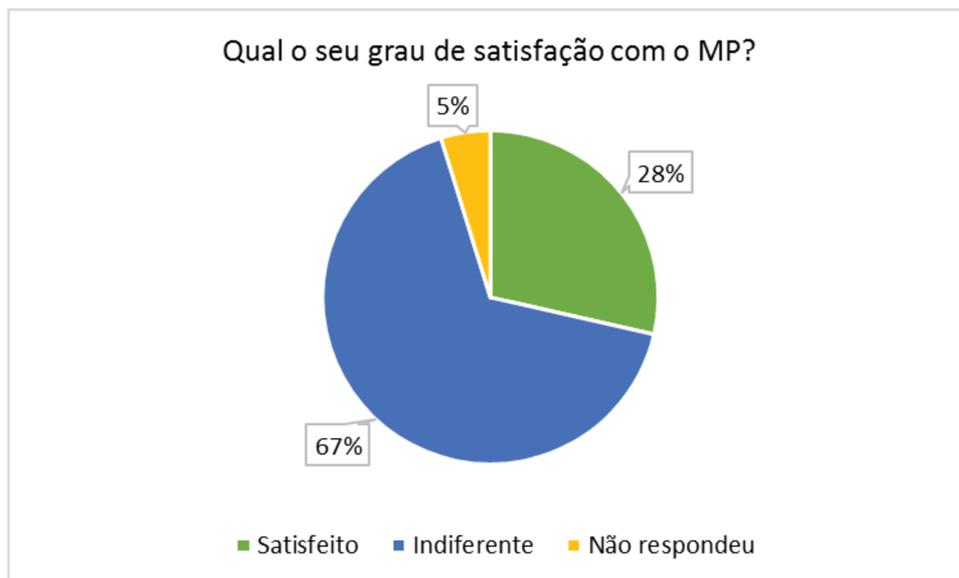
Figura 23 - Pesquisa de satisfação - uso do manual do proprietário (MP)



Fonte: A Autora

A segunda pergunta elaborada foi: qual o seu grau de satisfação com o manual do proprietário? Para esta questão 28% dos entrevistados estavam satisfeitos, enquanto que 67% dos entrevistados se mostraram indiferentes, e por sua vez, 5% dos entrevistados não responderam, conforme Figura 24.

Figura 24 - Pesquisa de Satisfação – grau de contentamento com o manual do proprietário (MP)



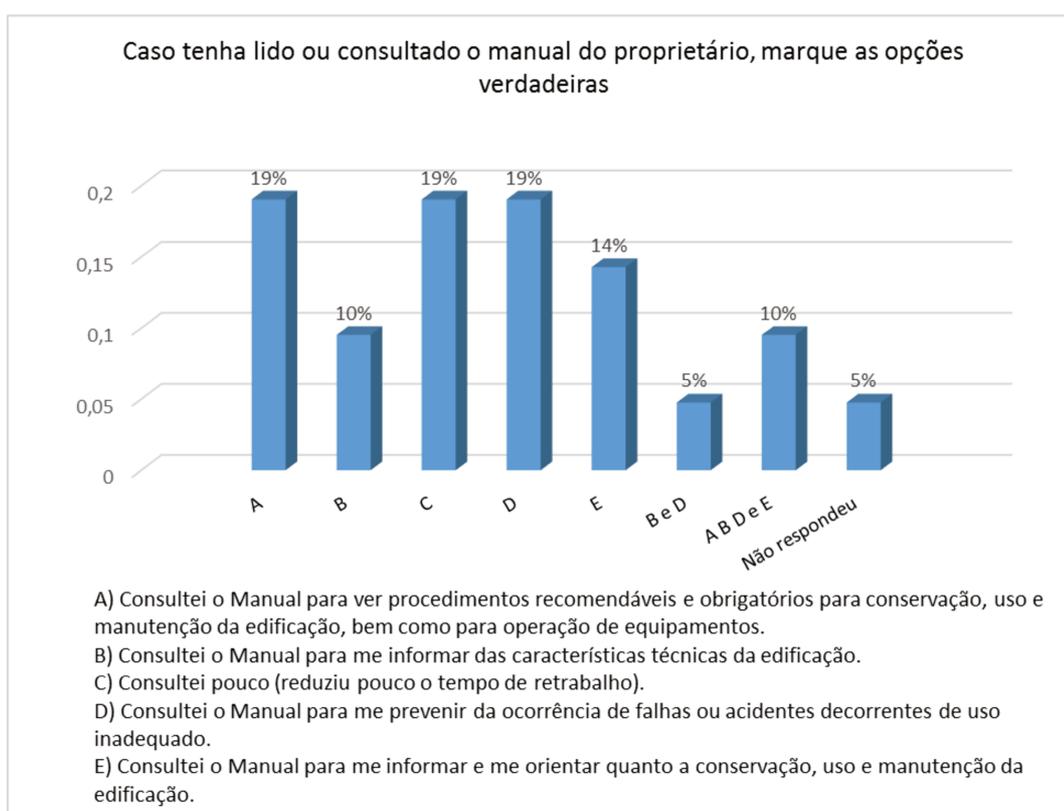
Fonte: A Autora

Observa-se que um número significativo de pessoas se declarou indiferente ao manual, isso revela a falta de interesse no seu uso por parte dos proprietários da edificação. Da mesma

forma, a porcentagem de 28% de satisfação demonstra a pouca atratividade por parte das pessoas que consultam o manual.

A terceira questão elaborada foi: caso tenha lido ou consultado o manual do proprietário, marque as opções verdadeiras (Figura 25). Verifica-se que os motivos dos proprietários terem consultado o manual, para ver procedimentos recomendáveis e obrigatórios para conservação, uso e manutenção da edificação, bem como para operação de equipamentos e para prevenção da ocorrência de falhas ou acidentes, decorrentes de uso inadequado (alternativas (a) e (d) respectivamente) obtiveram 19% das respostas. Da mesma forma, 19% das pessoas consultaram pouco o manual (alternativa c). Em seguida, a consulta ao manual para se informar dos problemas de conservação, uso e manutenção da edificação, alternativa (e), obteve 14% do total. E por sua vez, a consulta ao manual para se informar das características técnicas da edificação (afirmativa (b)), juntamente com o grupo de respostas (a), (b), (d) e (e) obtiveram 10% do total das respostas. Por fim, 5% dos entrevistados responderam as opções (b) e (d), bem como, 5% dos entrevistados optaram por não responder.

Figura 25 - Pesquisa de Satisfação – consulta ao manual do proprietário

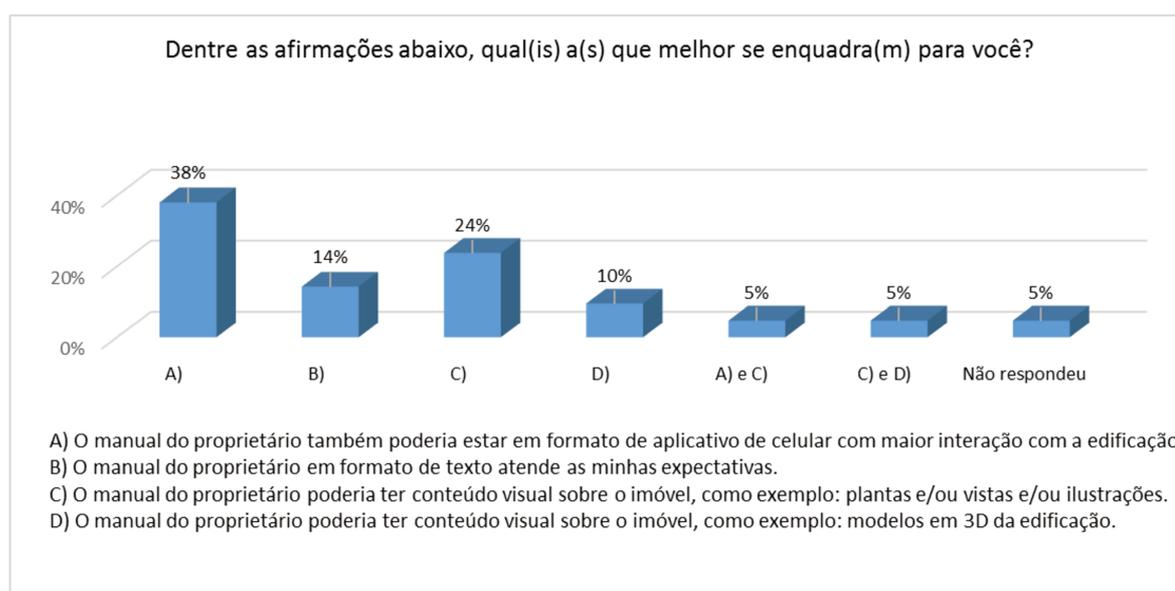


Fonte: A Autora

A quarta pergunta diz respeito a possíveis sugestões para outros formatos do manual do proprietário. Para esta questão, 38% dos entrevistados responderam que o manual do

proprietário poderia estar em formato de aplicativo de celular com maior interação com a edificação, alternativa (a). Seguido da opção (c), em que o manual do proprietário poderia ter conteúdo visual sobre o imóvel, como exemplo: plantas e/ou vistas e/ou ilustrações, com 24% da totalidade. Já a alternativa (b), em que o manual do proprietário em formato de texto atende as expectativas do usuário, atingiu 14% das respostas, enquanto que a opção (d), em que o manual do proprietário poderia ter conteúdo visual sobre o imóvel (como exemplo: modelos em 3D da edificação) atingiu 10% do total. Por sua vez, 5% dos entrevistados optaram pelo agrupamento das respostas (a) e (c), e (c) e (d). E por fim, 5% das pessoas optaram por não responder ao questionamento. Observa-se que a maioria das pessoas são favoráveis a outros formatos de manual do proprietário, principalmente com o acréscimo de conteúdo visual e com a interação com a edificação (Figura 26).

Figura 26 - Pesquisa de satisfação – possíveis formatos do manual



Fonte: A Autora

Apesar da amostra ser restrita, identifica-se que é relativamente significativo o número de pessoas que não consultam o manual do proprietário, mesmo recebendo orientações da construtora. Constata-se também a indiferença das pessoas para com o manual, mostrando o desinteresse em seu uso. Além disso, as mesmas não se interessam pela informação técnica apresentada.

Por sua vez, as pessoas quando fazem uso do manual procuram o conteúdo relativo aos procedimentos de operação, uso e manutenção, bem como, operação de equipamentos e prevenção de acidentes.

No que diz respeito ao manual, observa-se que os proprietários têm consciência da essência do mesmo, entretanto seu manuseio não é expressivo, sua utilização é reduzida, e isso tem consequências diretas na operação, uso e manutenção da edificação. Por outro lado, o empreendimento possui pouco tempo de uso e isto pode ter influenciado na baixa consulta ao manual.

Verifica-se também a aceitação de outros formatos do manual do proprietário por parte dos entrevistados. As pessoas possuem o interesse maior para interagir com a edificação e visualizar a inserção de conteúdo visual incluindo plantas, vistas, ilustrações e modelos 3D da edificação. Esse resultado reforça a afirmação de que o manual do proprietário unicamente em formato textual não estimula o seu uso. Por conseguinte, o manual em formato textual não incentiva os proprietários a acessarem informações relevantes de uso, operação e manutenção da edificação, podendo até mesmo comprometer, a longo prazo, a vida útil da edificação.

Mediante o exposto, o resultado da pesquisa de satisfação reforça a hipótese apresentada nesta tese de que a incorporação da Realidade Aumentada ao Manual de Uso, Operação e Manutenção das Edificações estimula ganhos no que diz respeito à utilização do manual.

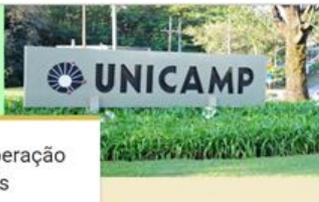
4.2 CLASSIFICAÇÃO DE MANUAIS DE USO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA EDIFICAÇÃO¹³

Nesta seção, é apresentada a classificação dos manuais do proprietário aplicado pelas construtoras no território brasileiro. A abordagem conceitual e as características metodológicas referentes a este levantamento estão dispostas no **Capítulo 3 – Materiais e Métodos** desta tese. A CBIC apoiou institucionalmente a pesquisa e divulgou-a no seu jornal diário CBIC Hoje (Figura 27).

Figura 27 - Divulgação do levantamento no jornal CBIC Hoje de 21/06/2016

Pesquisa inédita da Unicamp sobre Manual do Proprietário – Unicamp

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade



Pesquisa - Manual de Uso, Operação e Manutenção das edificações

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) está apoiando institucionalmente pesquisa inédita de doutorado sobre o Manual do Proprietário da Edificação Incorporando a Realidade Aumentada, realizada pelo Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Uma das etapas da pesquisa visa caracterizar e classificar os manuais do proprietário de habitação em nível nacional. Em função disso, é valiosa a participação do maior número de construtoras/incorporadoras na pesquisa acadêmica e no levantamento da documentação técnica produzida no Brasil relativa ao Manual de operação, uso e manutenção das edificações. Trata-se do primeiro estudo acadêmico/científico no tema, tanto relativo ao manual do proprietário praticado quanto aos caminhos necessários para seu aprimoramento digital. Os dados dos participantes serão mantidos em sigilo e os mesmos terão acesso assegurado aos dados desta pesquisa, assim que a mesma estiver concluída. Divulgue junto às empresas associadas.

Para participar, clique aqui.

Fonte: CBIC Hoje ed. 5728 (2016)

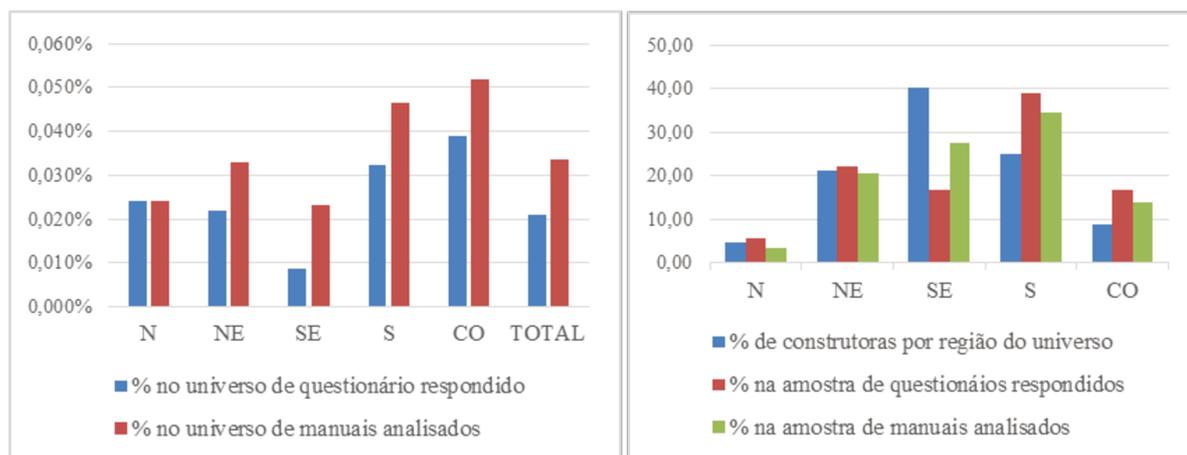
Conforme explicitado anteriormente, a análise e interpretação dos dados foi dividida em etapas: a primeira parte foi direcionada a caracterizar a amostra. A segunda parte avaliou as variáveis (i), (ii), (iii), e (iv) explicitadas no Capítulo 3, subitem 3.22 agrupadas como caracterização do manual, enquanto que a variável (v) determinou a aderência dos manuais à NBR 14037.

¹³ Parte deste capítulo foi submetido em formato de artigo e encontra-se em fase de aprovação pela Revista Gestão e Projeto (USP).

4.2.1 Caracterização do Manual Praticado

A amostra resultante do levantamento foi de 18 questionários respondidos e de 27 manuais praticados analisados. Para a caracterização desta amostra adotou-se o universo de 86.286 empresas da construção civil brasileiras, dados de 2016, descritos na tabela “Número de Estabelecimentos por Grupos de Atividade Econômica da Construção Civil” divulgada pela CBIC (CBIC, 2017). Para este universo de referência com confiabilidade de 90% e tamanho da amostra de 18 questionários aplicados, tem-se uma margem de erro de 19,44% nos resultados. Por sua vez, este cálculo, no mesmo universo e confiabilidade, com o tamanho da amostra de 27 manuais analisados, tem-se uma margem de erro de 15,87% nos resultados. Tal análise leva à reflexão de que as amostras, tanto de questionários respondidos como de manuais analisados, não alcançaram uma representatividade expressiva (Figura 28 à esquerda). Desta forma, os resultados obtidos a partir das análises indicam uma tendência em relação à estratificação. Por um lado, observa-se que na amostra de questionários respondidos não foi alcançado um equilíbrio na distribuição por regiões, por outro lado, verifica-se que na amostra de manuais analisados existe um equilíbrio entre regiões e foi alcançada a estratificação aproximada (Figura 28 à direita).

Figura 28 - Representatividade da amostra nas regiões: relativo ao universo de construtoras (à esquerda) e relativo à sua estratificação (à direita)



Legenda: N = norte, NE – nordeste, SE = sudeste, S = sul e CO = centro-oeste

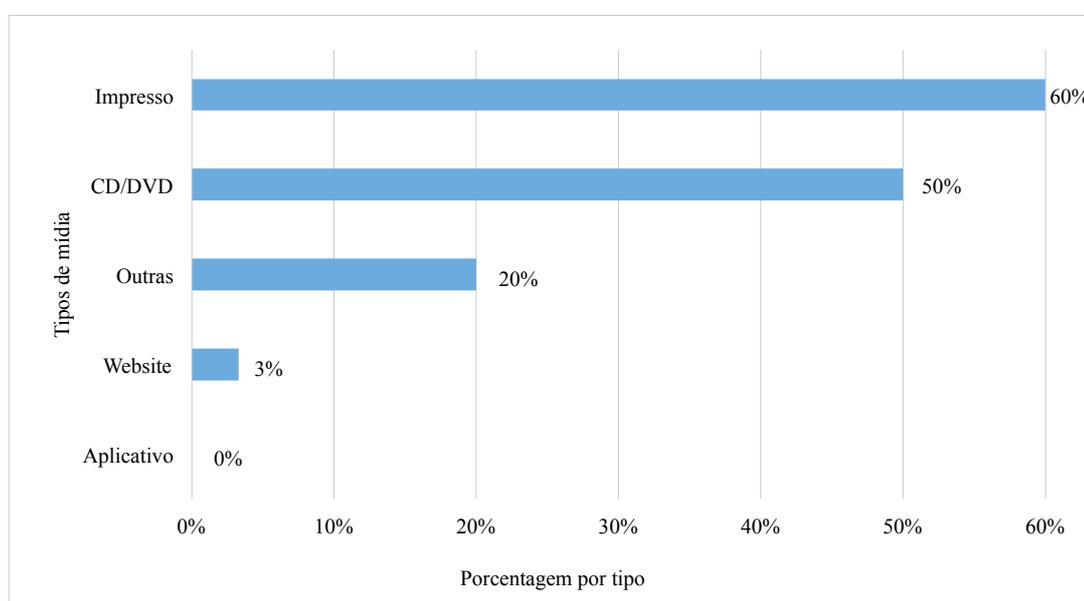
Fonte: A Autora

Quanto à **entrega do manual**, salienta-se que as construtoras reconhecem a importância do fornecimento do manual do proprietário aos seus clientes, pois 100% das mesmas responderam que entregam o manual aos respectivos donos dos imóveis. Justifica-se este resultado pelo fato do manual do proprietário ser um instrumento de base legal. Ou seja,

da mesma forma que um produto, a legislação brasileira estabelece que um imóvel também deve ser acompanhado de um manual.

No que diz respeito ao **formato de entrega**, verifica-se que o meio impresso é o tipo mais utilizado caracterizando 60% da amostra seguido da distribuição das mídias de CD/DVD com 50% do total. Por sua vez, 20% realizam a entrega em outros formatos como: (i) *pen drive*; (ii) arquivo digital; e (iii) através da associação de meios, como exemplo, o formato impresso juntamente com seu respectivo CD. Apenas 3% da amostra disponibilizam o manual por meio de um *website*, enquanto que nenhuma empresa possui um aplicativo associado ao manual do proprietário¹⁴ (Figura 29).

Figura 29 - Tipos de mídia em que é entregue o manual



Fonte: A Autora

Quanto ao **desenvolvimento do manual**, foi questionado se a própria construtora desenvolvia, terceirizava, ou realizava ambas as formas de elaboração do manual do proprietário. Para este questionamento, constatou-se que 63% do total das empresas desenvolvem o próprio manual, enquanto que 17% transferem esta atividade para outra empresa, e, por sua vez, 20% realizam ambas as formas de elaboração do manual do proprietário

No **uso e padrão da edificação** (residencial, comercial, etc.) relacionado ao tipo de manual elaborado, foi constatado que 63% das empresas criam manuais distintos a depender

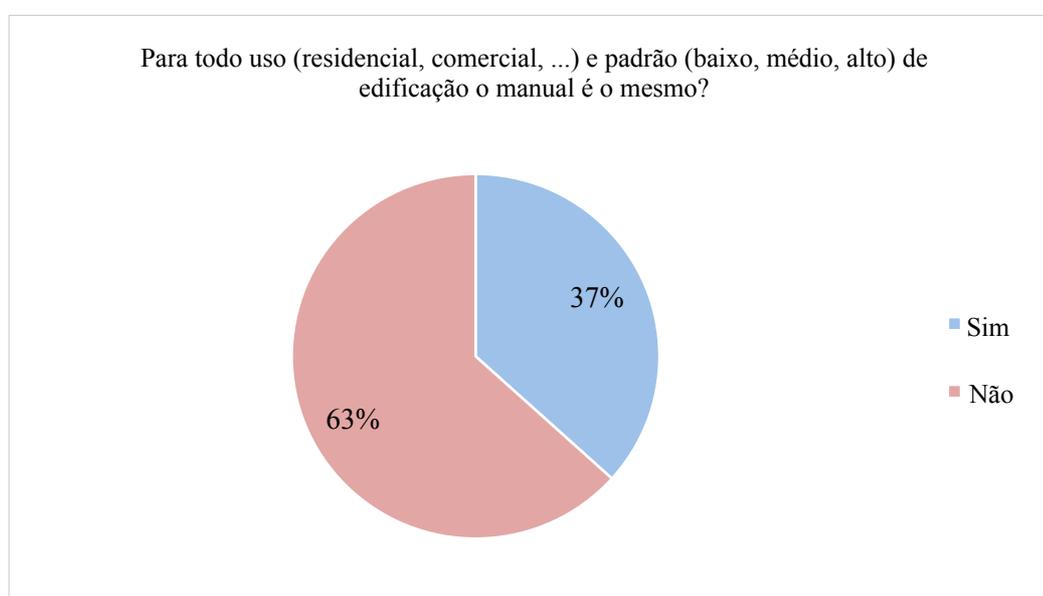
¹⁴ Isto reforça o ineditismo e proposta da presente tese. A solução proposta de inserção de Realidade Aumentada no manual do proprietário ainda não foi contemplada pela amostra pesquisada.

do padrão da edificação e 37% desenvolvem o mesmo padrão de manual para qualquer padrão de edificação (Figura 30).

Neste estudo, utilizou-se como referência os projetos-padrão¹⁵ apresentados pela NBR 12.721 (residencial unifamiliar, residencial multifamiliar, edifício comercial, e galpão industrial) com sua caracterização: baixo, normal e alto.

Observa-se que, entre as empresas pesquisadas, a maioria dos projetos executados é do tipo residencial contemplando 64% do total, seguido do uso comercial com 29% e de outros usos com 7%. Tanto no uso residencial (29%) quanto no uso comercial (15%), os projetos elaborados seguem o Padrão Normal.

Figura 30 - Pesquisa Classificação de Manuais - Construtora



Fonte: A Autora

A Tabela 2 apresenta a distribuição de projetos que compõem a amostra de manuais.

¹⁵ Os projetos-padrão são projetos selecionados para representar os diferentes tipos de edificações, podendo ser objeto de incorporação para construção em condomínio e conjunto de edificações, definidos pelas seguintes características: número de pavimentos, número de dependências por unidade, áreas equivalentes à área de custo-padrão privativa das unidades autônomas, padrão de acabamento da construção, e número total de unidades (ABNT, 2007).

Tabela 2 - Tipos de Projetos-padrão das construtoras da amostra

CONSTRUTORAS	PADRÃO DA EDIFICAÇÃO (segundo a NBR 12.721)																OUTROS USOS					
	RESIDENCIAL									COMERCIAL												
	Padrão Popular RPIQ	Padrão Baixo			Padrão Normal			Padrão Alto			Padrão Normal			Padrão Alto				Educação	Saúde	Industria	Outros	
	R-1	PP-4	R-8	PIS	R-1	PP-4	R-8	R-16	R-1	R-8	R-16	CAL-8	CSL-8	CSL-16	CAL-8	CSL-8	CSL-16					
CONSTRUTORA 1											1						1					
CONSTRUTORA 2					1		1	1	1	1	1						1	1	1			1
CONSTRUTORA 3							1															
CONSTRUTORA 4								1			1						1					
CONSTRUTORA 5								1			1				1			1				
CONSTRUTORA 6					1			1			1						1					
CONSTRUTORA 7				1				1	1		1	1	1	1	1	1	1	1				1
CONSTRUTORA 8	1			1				1														
CONSTRUTORA 9				1				1														
CONSTRUTORA 10											1	1	1			1	1		1	1		
CONSTRUTORA 11											1	1										
CONSTRUTORA 12											1	1										
CONSTRUTORA 13	1	1																				
CONSTRUTORA 14					1						1								1			
CONSTRUTORA 15								1						1								
CONSTRUTORA 16								1														
CONSTRUTORA 17	1			1				1														1
CONSTRUTORA 18								1	1		1	1					1	1				
CONSTRUTORA 19				1				1			1			1								
CONSTRUTORA 20								1	1		1	1			1							
CONSTRUTORA 21				1				1	1				1									
CONSTRUTORA 22				1					1					1								
CONSTRUTORA 23								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1
CONSTRUTORA 24				1				1	1					1								
CONSTRUTORA 25			1		1				1	1												
CONSTRUTORA 26									1					1								
CONSTRUTORA 27								1	1						1							
CONSTRUTORA 28								1						1								1
CONSTRUTORA 29																						
TOTAL	3	2	3	6	2	2	1	15	16	2	8	15	4	4	10	3	6	7	2	1	4	2
TOTAL POR PADRÃO	3			13				34			25			18			16					
TOTAL POR USO								75							34							9
TOTAL GERAL															118							

Fonte: A Autora

Diante dos dados obtidos, concluiu-se que a maioria dos manuais é entregue no formato impresso, desenvolvido pela própria empresa e apresenta-se distinto, conforme o padrão da edificação. Na amostra pesquisada, o uso residencial com o padrão da edificação normal é o mais recorrente.

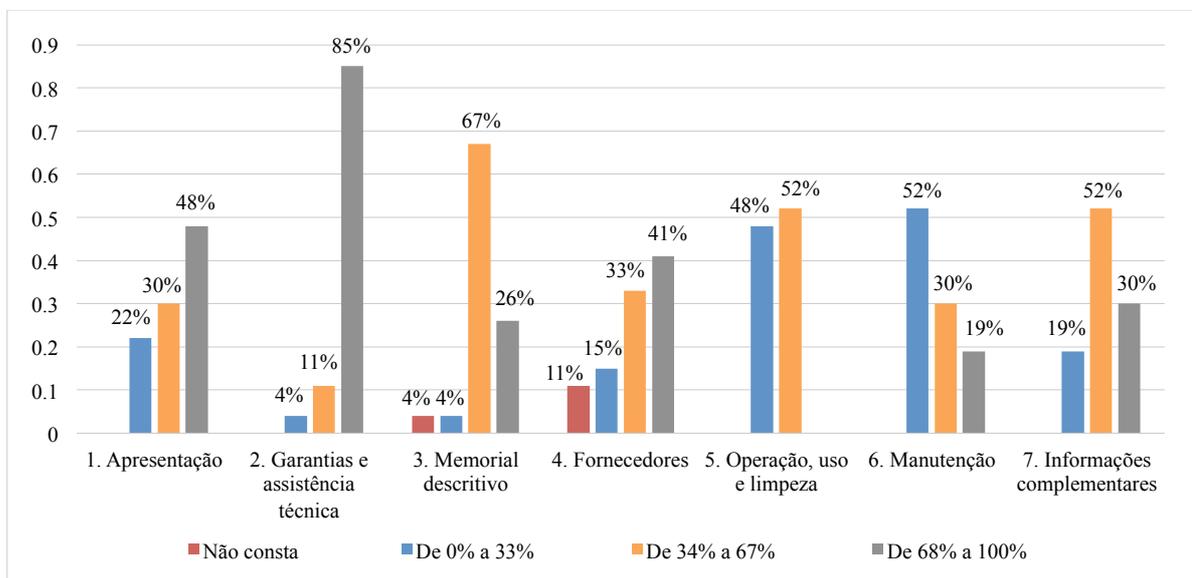
4.2.2 Aderência dos manuais à NBR 14037

Das 29 empresas da construção civil que responderam o formulário via *web*, 18 enviaram manuais do proprietário praticados pelas mesmas. Entre as empresas participantes, 7 construtoras eram da região Sul, 3 construtoras eram da região Sudeste, 3 construtoras eram da região Centro-Oeste, 4 construtoras eram da região Nordeste e 1 construtora era da região Norte.

Na verificação de que forma os manuais praticados incorporavam as recomendações da NBR 14037 foram recebidos 27 manuais do proprietário. Dessa forma, para uma melhor correlação entre o conteúdo explicitado pela norma e o apresentado pelos manuais, foi adotado o critério de pontuação, já explicitado na metodologia do presente trabalho. Em seguida foram analisados os itens recomendados pela NBR 14037 (1 - Apresentação, 2 - Garantias e assistência técnica, 3 - Memorial descritivo, 4 - Fornecedores, 5 - Operação, uso e limpeza, 6 - Manutenção e 7 - Informações Complementares) e estabelecida a sua

classificação: faixas de inclusão dos itens da Norma de 68% a 100%, de 34% a 67% e, de 0% a 33%. O item que não pontuou está apresentado como – não consta (Figura 31).

Figura 31 - Verificação da faixa de Inclusão dos itens da NBR 14037



Fonte: A Autora

O item **2 - Garantias e assistência técnica** é o melhor pontuado, incluindo de 68% a 100% dos subitens da norma, e com maior recorrência entre os manuais avaliados, isto é, 85% dos manuais apresentam esta faixa de pontuação da classificação proposta para este estudo. Este resultado pode ser justificado por este conteúdo ser recomendado pela NBR 14037, pela NBR 15575-1 e principalmente pelo Código de Defesa do Consumidor. Conforme explicitado anteriormente, o artigo 50 da referida lei destaca os parâmetros estabelecidos a serem seguidos pela garantia contratual e as empresas que não cumprirem sofrerão penalidades impostas por lei. Por sua vez, neste item encontram-se os assuntos sobre as garantias, as perdas de garantias, a assistência técnica da edificação e seus sistemas. Ademais, a contagem dos prazos de garantia inicia-se a partir da expedição do “Habite-se” e o não cumprimento pelas empresas e pelos proprietários das recomendações que se referem às garantias pode causar prejuízos financeiros.

Os itens **3 - Memorial descritivo**, **7 - Informações Complementares** e **5 - Operação, uso e limpeza** apresentaram uma pontuação intermediária, incluindo de 34% a 67% dos subitens da norma para os respectivos itens. Este padrão é mais dominante para o item **3 - Memorial descritivo**, onde 67% dos manuais avaliados encaixam-se nesta classificação, e menos dominante para o item **7 - Informações complementares**, onde 52% dos manuais avaliados encaixam-se nesta classificação. Entretanto, o item **5 - Operação, uso e limpeza**,

apresenta a pontuação intermediária de 34% a 67% de inclusão dos subitens da norma em 52% dos manuais analisados, e a pontuação inferior de 0% a 33% de inclusão dos subitens da norma em 48% dos manuais. Avalia-se que isto pode ser justificado pelo detalhamento de cada sistema depender da complexidade da edificação. Um sistema de SPDA¹⁶, por exemplo, não é necessário para todo tipo de edificação.

Por fim, o item **6 – Manutenção** apresenta uma pontuação inferior, incluindo de 0% a 33% dos subitens da norma que engloba: programa de manutenção preventiva, registros e inspeções. Este padrão ocorre em 52% dos manuais analisados. Observou-se que os manuais: (i) não apresentaram um modelo de programa de manutenção preventiva; (ii) não continham orientações para realização de inspeções; e; (iii) não indicaram a obrigatoriedade do registro da manutenção. Estas informações devem estar de acordo com a NBR 5674.

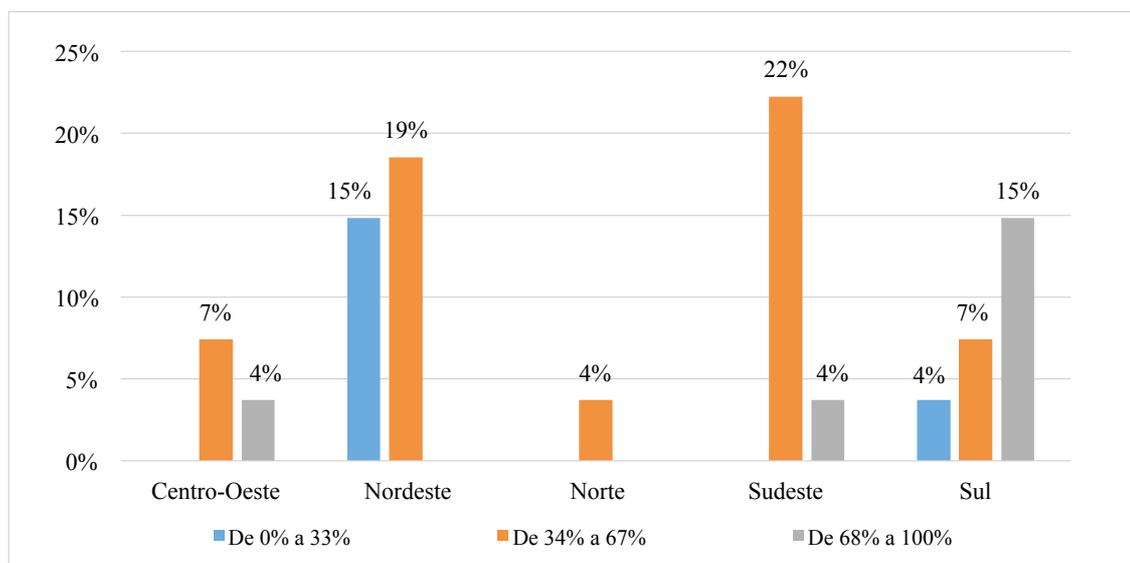
Nos itens **1 - Apresentação** e **4 – Fornecedores**, a classificação inclusão dos itens da Norma de 68% a 100%, de 34% a 67% e, de 0% a 33% foi distribuída de forma crescente com tendência para a melhor classificação.

Entre os itens de 1 a 7 (Figura 31), observou-se que estão sempre presentes nos manuais: (i) 1 – Introdução; (ii) os subitens Perdas de garantia & Prazos de garantia do item 2 – Garantias e assistência técnica; (iii) os componentes Sistemas hidrossanitários, Sistemas eletroeletrônicos, Revestimentos internos e externos do item 5 – Operação, uso e limpeza; e por fim (iv) o subitem Programa de manutenção preventiva do item 6 – Manutenção. Estes itens, subitens e componentes estão presentes em 100% dos manuais da amostra independente do padrão da edificação.

Considerando a totalidade dos manuais, 19% incluíram os itens da Norma de 0% a 33%, 59% dos manuais estão na faixa intermediária de inclusão dos itens da Norma (de 34% a 67%) e, por sua vez, 22% dos manuais estão na faixa superior de inclusão dos itens da Norma (de 68% a 100%). Categorizando as regiões do país juntamente com a classificação: inclusão de 68% a 100%, de 34% a 67% e, de 0% a 33% dos itens da Norma, percebeu-se que a região Sul obteve a melhor pontuação com 15% dos manuais que incluíram de 68% a 100% dos itens da Norma, seguido da região Centro-oeste e Sudeste com 4% cada. As regiões Norte e Nordeste não apresentaram nenhum manual classificado na categoria inclusão de 68% a 100% dos itens da Norma (Figura 32).

¹⁶ Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas.

Figura 32 - Análise do manual do proprietário por região



Fonte: A Autora

Conforme apresentado anteriormente (Quadro 1 do Capítulo 2, subitem 2.1), a NBR 14037 recomenda uma sequência de itens e estrutura dos conteúdos a serem abordados nos manuais dos proprietários. Diante disso, verificou-se que entre os manuais analisados, 19% estavam seguindo a estruturação do manual conforme a norma. Por sua vez, 70% dos manuais inserem os conteúdos de: (i) garantias e assistência técnica; (ii) operação, uso e limpeza; e (iii) manutenção em cada componente e não seguem a estrutura proposta pela norma (os componentes estão listados no item 3 do Quadro 11).

Uma vez que o conteúdo está reunido, observa-se que a informação apresentada por componente facilita a compreensão do manual. Por fim, em 11% dos manuais não foi possível categorizar em alguma forma de classificação pois não seguiam uma organização específica. A estrutura encontrada em 70% dos manuais está apresentada no Quadro 11.

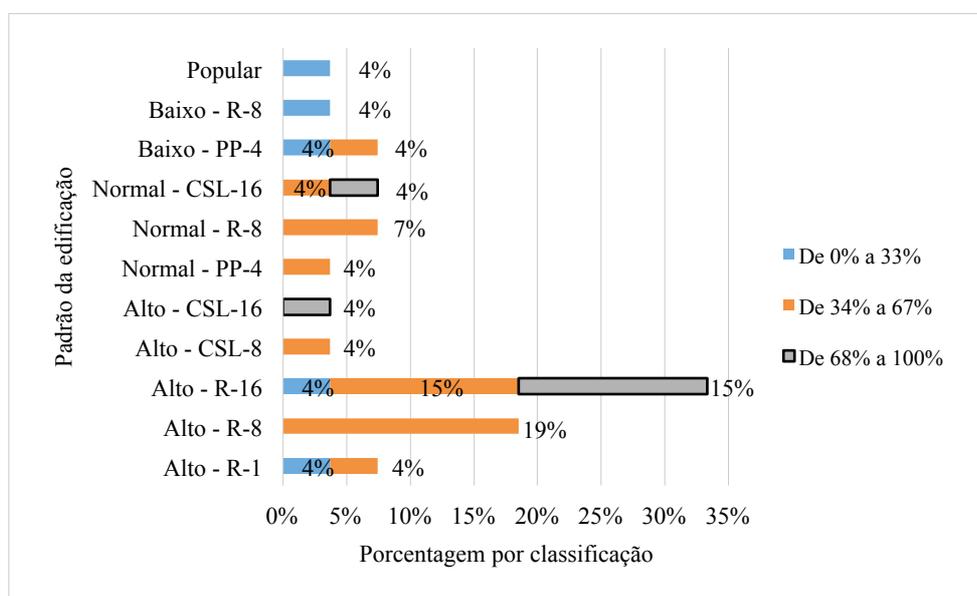
Considerando a **análise por padrão**, observa-se que a verticalização das construções incita um maior cuidado por parte das construtoras/incorporadoras. Justifica-se esta afirmativa pelo resultado da análise por padrão (Figura 33) no qual encontram-se as edificações residenciais e comerciais (padrão alto) com 16 pavimentos contempladas com manuais destacados na categoria: inclusão dos itens da Norma de 68% a 100%.

Quadro 11 - Estrutura dos manuais encontrados em 70% da amostra

Item	Capítulo	Subdivisões	Tópicos
1	Apresentação	Índice Introdução Definições	
2	Memorial descritivo	Descrição da edificação	
3	Sistemas hidrossanitários Sistemas eletroeletrônicos Sistema de proteção contra descargas atmosféricas Sistemas de ar condicionado, ventilação e calefação Sistemas de automação Sistemas de comunicação Sistemas de incêndio Fundações e estruturas Vedações Revestimentos internos e externos Pisos Coberturas Jardins, paisagismo e áreas de lazer Esquadrias e vidros Pedidos de ligações públicas	Garantias e assistência técnica	Garantias e assistência técnica
		Fornecedores	Relação de fornecedores Relação de projetistas Serviços de utilidade pública
		Operação, uso e limpeza	Especificações e orientações
		Manutenção	Programa de manutenção preventiva Registros Inspeções
4	Informações complementares	Meio ambiente e sustentabilidade Segurança Operação dos equipamentos e suas ligações Documentação técnica e legal Elaboração e entrega do manual Atualização do manual	

Fonte: A autora

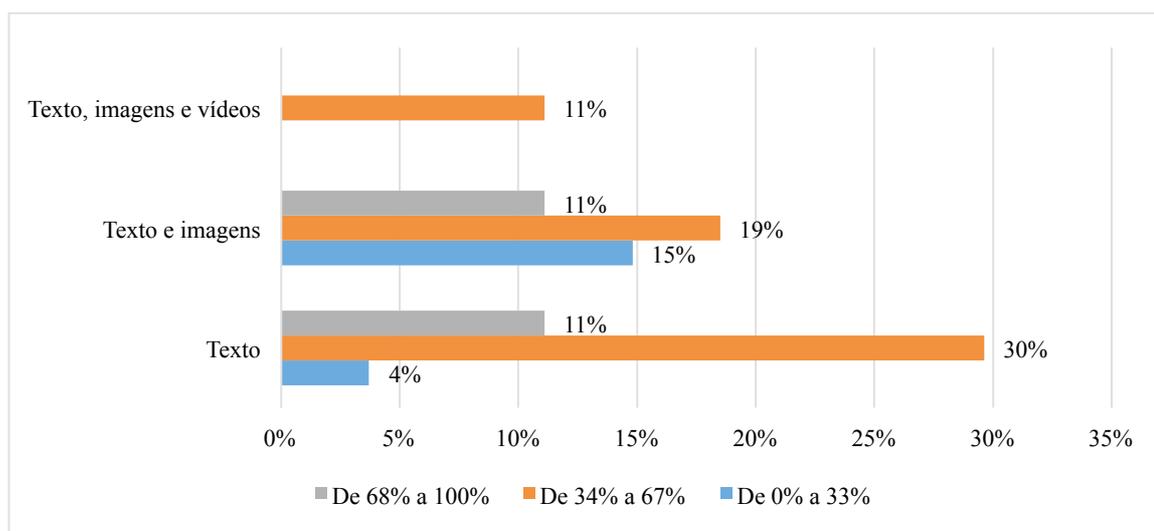
Figura 33 - Análise do manual do proprietário por padrão



Fonte: A autora

A NBR 14037 recomenda que as informações apresentadas no manual devem ser didáticas, com a utilização de recursos como ilustrações, desenhos esquemáticos, fotografias e tabelas. Entretanto, verificou-se que a mídia textual prevalece na maioria dos manuais analisados da amostra. Este dado demonstra a pouca atratividade dos manuais praticados pelas empresas pois apenas em 11% dos manuais estão presentes, simultaneamente, textos, imagens e vídeos como recursos visuais (Figura 34).

Figura 34 - Análise do manual do proprietário por Tipos de Mídia



Fonte: A Autora

O presente capítulo classificou o desenvolvimento de manuais do proprietário praticados e verificou de que forma os manuais elaborados aderiram as recomendações da NBR 14037. De acordo com a caracterização da amostra o resultado da análise indica uma tendência. Da mesma forma, a amostra atingiu uma estratificação aproximada, uma vez que existiu um equilíbrio entre regiões brasileiras nos manuais adquiridos.

Mediante o exposto, na caracterização do manual, verificou-se que 100% das empresas pesquisadas fornecem o manual aos respectivos proprietários dos imóveis e 63% desenvolvem seu próprio manual e criam distinções a depender do padrão da edificação. A maioria das empresas, da amostra, ainda utiliza o meio impresso como principal formato de entrega e poucas utilizam a *web* para disponibilizar a informação.

Comprovou-se que, na verificação de aderência dos manuais à NBR 14037 que o conteúdo que envolve **garantias e assistência técnica** é o mais completo (inclui de 68% a 100% os subitens da Norma) entre os apresentados, pois o mesmo é legislado pelo Código de Defesa do Consumidor. Os itens **memorial descritivo, informações complementares e operação, uso e limpeza** incluem de 34% a 67% dos subitens da Norma, bem como o quesito

que diz respeito a **manutenção** que foi pior classificado incluindo de 0% a 33% dos subitens da Norma.

Diante disso, constatou-se que os itens do manual do proprietário não têm uma abordagem igualitária e, pontualmente, o quesito manutenção requer maior atenção por parte das construtoras e incorporadoras. Por certo, essas empresas devem incluir nos manuais a obrigatoriedade do registro da manutenção, a orientação para inspeções e um modelo de programa de manutenção preventiva. A região Sul se destacou em relação à maioria dos manuais com de 68% a 100% de inclusão dos itens da Norma, embora o baixo índice alcançado demonstre uma necessidade de melhoria. Além disso, observou-se que as edificações residenciais e comerciais, com alto padrão e verticalizadas, obtêm um maior esforço por parte das empresas.

Em relação à estruturação do conteúdo, constatou-se que a maioria dos manuais não segue completamente a estrutura recomendada pela NBR 14037. No entanto, existe uma razão para isso, a estratégia de organização da informação adotada agrega informação por componente e facilita a sua compreensão. Ainda assim, os manuais apresentam pouca atratividade por não utilizar recursos visuais que auxiliem na compreensão do usuário. Esta forma de estruturar o conteúdo se adequa a proposta de incorporação de RA, já que a informação relativa ao componente (sistema ou equipamento) pode ser integrada.

O manual do proprietário deve reunir as informações de orientação das atividades de conservação, uso e manutenção da edificação e operação dos equipamentos. Em suma, o manual do proprietário tanto na forma de apresentação, quanto na mídia e no seu conteúdo apresentam lacunas que demandam melhorias.

4.3 RSL PARA IDENTIFICAÇÃO DOS ARTEFATOS EM APLICAÇÕES DE RA¹⁷

Nesta seção, será apresentada a RSL realizada com objetivo de verificar estudos existentes nas aplicações de Realidade Aumentada empregadas na montagem, manutenção e operação da edificação e/ou manuais de instrução. Adotou-se esta abordagem para identificar se existem pesquisas similares no que diz respeito à edificação, e para verificar os estudos existentes com RA e manuais, independente da área. A abordagem conceitual e características metodológicas referentes a RSL estão apresentadas no **Capítulo 3 – Materiais e Métodos** desta tese.

Para esta RSL foram elaboradas as seguintes **questões de pesquisa**: (a) quais as técnicas de rastreamento são utilizadas nas aplicações de RA empregadas na montagem, manutenção e operação da edificação e/ou, manuais de instrução?; (b) quais os tipos de artefatos são utilizados nas aplicações de RA empregadas na montagem, manutenção e operação da edificação e/ou manuais de instrução?; (c) que instanciações são produzidas nas aplicações de RA empregadas na montagem, manutenção e operação da edificação e/ou manuais de instrução?

4.3.1 Análise dos Resultados

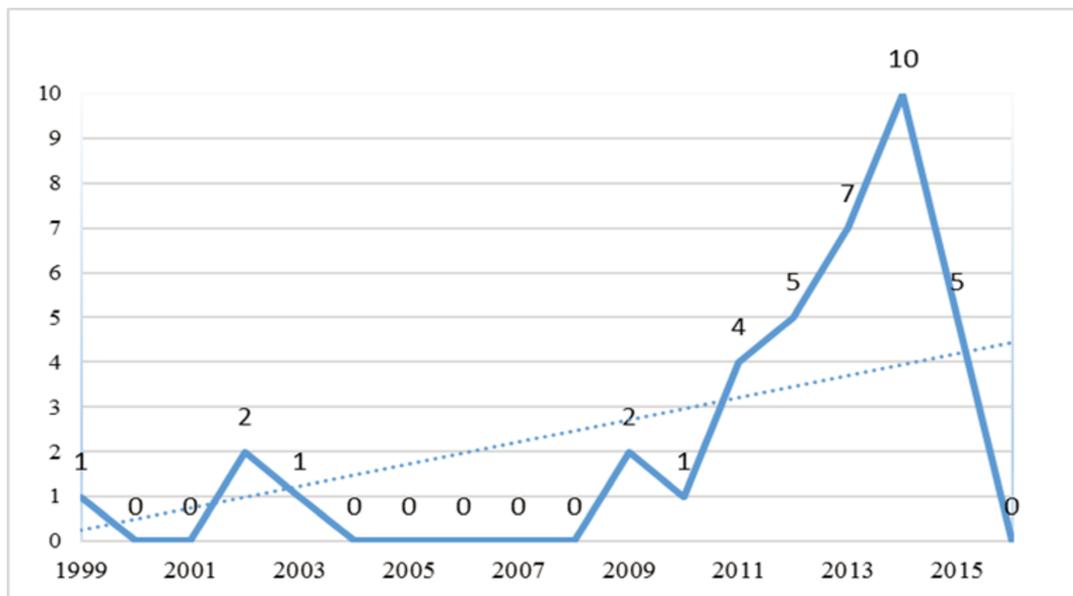
Observa-se, a evolução temporal a partir do gráfico da Figura 35. A aproximação nesta temática iniciou-se em 1999, entretanto nos anos de 2000, 2001, 2004 a 2008 e 2016 não houveram registros. A partir de 2011, houve um crescimento significativo entre os artigos selecionados nesta RSL, sendo que a incidência maior aconteceu a partir de 2013 (7 artigos), atingindo seu ápice em 2014 (10 artigos). A partir de 2015, houve uma redução no número de publicações (5 artigos), e em 2016 não houveram registros. Justifica-se a ausência de publicações em 2016 pelo fato do levantamento ter sido realizado no início do referido ano.

Esta análise quantitativa gerou a reflexão que as aplicações de RA empregadas na montagem, manutenção e operação da edificação fazem parte de uma temática relativamente recente e com crescimento tardio perante a indústria. De acordo com Regenbrecht, Baratoff e

¹⁷ Parte deste capítulo foi publicado em: MOREIRA, Lorena; RUSCHEL, Regina. Realidade Aumentada para a Montagem, Manutenção e Operação da Edificação: Revisão Sistemática de Literatura. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 1., 2017, Fortaleza. *Anais...* Porto Alegre: ANTAC, 2017.

Wilke (2005) áreas como a mecânica e a aeronáutica iniciaram suas aplicações ao mesmo tempo em que o termo Realidade Aumentada foi criado no início dos anos 90.

Figura 35 - Distribuição de artigos encontrados por ano de publicação

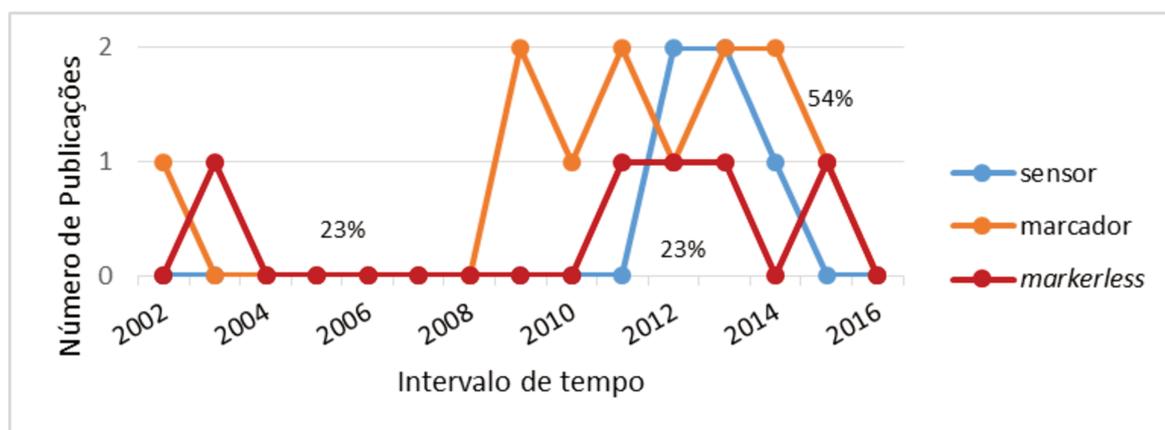


Fonte: A Autora

Ademais, foram identificadas publicações em 30 fontes distintas a partir da RSL realizada. Os periódicos que se destacaram nesta análise foram: o *Automation in Construction* e o *Journal of Computing in Civil Engineering*, com 6 e 4 trabalhos publicados respectivamente. Os demais periódicos da análise obtiveram apenas uma publicação, não caracterizando expressividade nesta abordagem.

O resultado da análise do **tipo de rastreamento** utilizado nas aplicações de RA empregadas na montagem, na manutenção e na operação da edificação e/ou manuais de instrução identificou três diferentes técnicas. As técnicas encontradas foram: (i) uso de marcador; (ii) *markerless – natural feature tracking*; e (iii) uso de sensor. Entre os 38 artigos analisados no total, 22 executaram alguma forma de rastreamento, resultando em 58% da amostra. Verificou-se que o uso de marcador é predominante em 54% dos estudos, seguido do *markerless - natural feature tracking* e uso de sensor, ambos com 23% do total (Figura 36).

Figura 36 - Tipos de rastreamento em intervalo temporal



Fonte: A Autora

Entre os estudos analisados que utilizaram marcadores como técnica de rastreamento destaca-se a publicação dos autores Lee e Akin (2011), que apresenta o desenvolvimento de uma aplicação em RA na área de operação e manutenção de equipamentos. Os autores justificam o uso da técnica de marcadores pela imprecisão dos métodos mencionados, quando posicionados no interior de edificações mais complexas, apesar de existirem métodos que automatizam a identificação dos equipamentos (como exemplo o GPS e o RFID).

Por sua vez, nos estudos que utilizaram a técnica baseada em sensor nas suas aplicações, predomina-se o uso do GPS e do sistema de rastreamento 6 DoF¹⁸ (*six degrees of freedom*). No uso do GPS, destaca-se a publicação dos autores Schall, Zollmann e Reitmayr (2013) sobre um sistema para operação e manutenção que utiliza a RA para diversas tarefas de verificação em instalações urbanas. Nesse estudo, a acurácia conseguida foi menor que 30 cm. Por outro lado, o GPS não foi o único sistema utilizado, sendo adotadas outras técnicas de rastreamento, simultaneamente com o desenvolvimento de técnicas de visualização.

Finalmente, na técnica de rastreamento sem marcador, *markerless – natural feature tracking* - destaca-se a publicação de Olbrich *et al.* (2013). Os autores tratam da visualização de informações, por meio da RA, com base em modelos BIM e utilizam o rastreamento baseado nas características dos pontos (*feature point based*). Neste estudo, é proposto um sistema para a criação de aplicações móveis de RA, no qual os modelos em 3D coexistem com as informações semânticas. A combinação de BIM com RA oferece uma visualização de

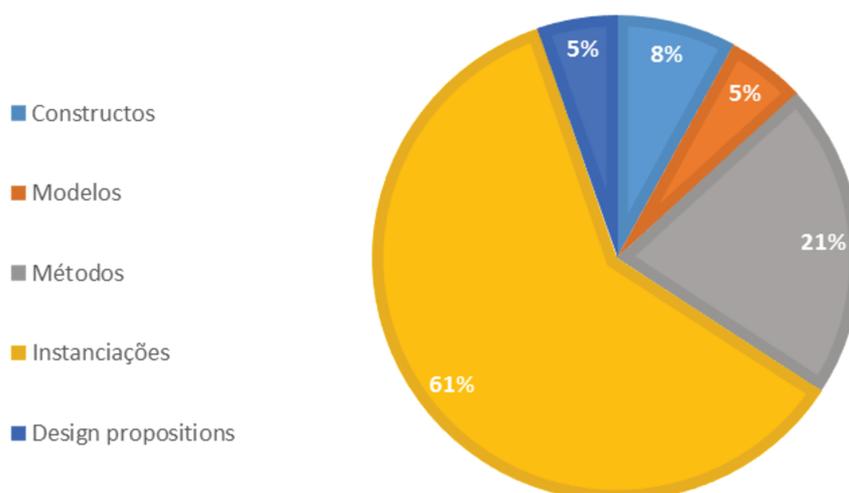
¹⁸ DoF - *degrees of freedom* ou graus de liberdade, se refere à flexibilidade de movimento e/ou observação de algo. Objetos com 6DoF podem se mover no espaço por meio da rotação e da translação ao longo dos eixos x, y e z. (MACHADO, 1995).

dados *in loco* relacionados à construção, além de fornecer um apoio para a documentação de conteúdo por meio de dispositivos móveis.

O resultado dos estudos analisados que **produziram artefatos nas aplicações de RA** é observado a partir do gráfico da Figura 37, que foram encontrados os 5 tipos de artefatos presentes na *Design Science Research*.

Os percentuais dos artefatos (constructos, modelos, métodos, instanciações ou *design propositions*) oriundos da DSR foram identificados na amostra. Verifica-se que os estudos realizados indicam uma maior ênfase no artefato do tipo instanciação com 61% da totalidade. Em seguida, os métodos ocupam a segunda posição com 21% do total. Os constructos, por sua vez, aparecem em 8% da amostra e, por fim as *design propositions* abarcam 5% do total das aplicações.

Figura 37 - Tipos de Artefatos da DSR



Fonte: A Autora

Esses resultados levam a conclusão que as abordagens de uso da RA empregadas na montagem, manutenção e operação da edificação e/ou, manuais de instrução visam os aspectos de funcionamento prático da solução. Além disso, nem toda instanciação analisada teve seu método correspondente mencionado ou apresentado na publicação. Conclui-se que a ênfase nessa temática de pesquisa está na realização de protótipos, e não no desenvolvimento do método.

A análise das instanciações produzidas nas aplicações de RA empregadas na montagem, manutenção e operação da edificação e/ou manuais de instrução estão explicitadas no Capítulo 5.

5 IDENTIFICAÇÃO DOS ARTEFATOS E CONFIGURAÇÃO DE CLASSES DE PROBLEMAS

A análise das instanciações produzidas nas aplicações de RA, fruto da RSL realizada, enquadra-se na etapa de Identificação dos Artefatos e portanto será explicitada nesta seção.

Logo, os estudos da RSL que produziram instanciações nas aplicações de RA empregadas na montagem, manutenção e operação da edificação e/ou manuais de instrução foram elencados e caracterizados. A categorização fundamentou-se na taxonomia de realidade mista para tarefas de operação e manutenção na AEC, conforme Dunston e Wang (2011). Este tipo de categorização pode auxiliar na identificação da tecnologia de realidade mista pertinente para cada tipo de tarefa. No Quadro 12, está apresentada a caracterização das instanciações produzidas referente às 24 publicações da amostra. Optou-se por apresentar até o nível 3 da categorização do Quadro 8 (presente na seção 3.2.3 do capítulo 3 Materiais e Métodos) no intuito de abarcar a totalidade dos estudos da amostra.

Verifica-se que a visualização contempla o maior número de publicações da Área Específica de Aplicação - AEO e abrange todas as áreas de aplicação do Quadro 8. Além disso, as AEO abarcam montagem, monitoramento, e controle de equipamento e encontram-se igualmente distribuídas seguidas das atividades de planejamento e, por fim, fabricação.

Entre as instanciações encontradas é relevante destacar as aplicações referentes aos estudos: Lee e Akin (2011), Olbrich *et al.* (2013) – Monitoramento, Irizarry *et al.* (2013) – Visualização, Hou, Wang e Truijens (2014), Hou *et al.* (2013) - Montagem (Quadro 12) por apresentarem convergências com a presente pesquisa. A seguir serão evidenciadas as contribuições de cada estudo.

O estudo de Lee e Akin (2011) apresenta um protótipo de RA voltado para a manutenção de equipamentos. Destaca-se nesse estudo a categorização do tipo de informação relacionada ao equipamento que é apresentada em três grupos: (i) informações de manutenção, que incluem especificações, subsistemas e componentes, bem como, agentes envolvidos (profissionais) e histórico de manutenção (ordens de serviço); (ii) informações de operação, que incluem dados de desempenho ou fluxo de dados; e (iii) representação geométrica, que auxilia o profissional de manutenção a entender melhor o *status* dos equipamentos e sua localização (Figura 38).

Quadro 12 - Caracterização das Instanciações

AA	AEA	AEO	Caracterização por atividades específicas de operação	Publicações
E	Construção	Controle de equipamento	Sistema que opera um guindaste de forma remota.	Chen et al. (2015)
ED	Teste		Sistema de controle robótico à distância.	Marín, Sanz, e Del Pobil (2003)
ED	Fabricação		Treinamento de controle de máquina de CNC em processo de usinagem.	Zhang, Ong e Nee (2010)
O	Concepção		Utilização de HMD para controlar equipamentos eletrônicos.	Takano, Hata e Kansaku (2011)
C	Concepção	Fabricação	Criação por meio de dispositivos táteis (pinça, faca e martelo) integrados à um sistema virtual.	Arisandi et al. (2014)
C	Manutenção	Monitoramento	Utilização de sensores para obtenção de dados de equipamentos de edificação em tempo real.	Lee e Akin (2011)
O	Inspeção		Sistema de atualização de dados em tempo real por meio do modelo BIM.	Olbrich et al. (2013)
O	Manutenção		Protótipo para guiar a verificação de óleo em aeronaves.	De Crescenzo et al. (2011)
O	Inspeção		Sistema de localização de posicionamento de equipamento.	Ferreira, Vale e Ribeiro (2012)
E	Fabricação	Montagem	Sistema de montagem visando medição de trabalho cognitivo.	Hou et al. (2013)
E	Manutenção		Sistema de montagem de componentes hidráulicos.	Hou, Wang e Truijens (2014)
E	Fabricação		Sistema de controle de peças por meio de objetos virtuais (dispositivos táteis).	Bruns (1999)
ED	Fabricação		Sistema de montagem de cabine de avião (aeronáutica).	Li et al. (2009)
C	Logística	Planejamento	Sistema para transporte de materiais em canteiro de obras.	Chen e Huang (2013)
ED	Concepção		Sistema de localização por meio de fotos georeferenciadas com visualização na web.	Selonen <i>et al.</i> (2012)
O	Construção		Sistema para inspeção, planejamento, captura de dados e levantamento de <i>as-built</i> .	Schall, Zollmann e Reitmayr (2013)
C	Construção	Visualização	Simulação do sistema estrutural da construção em tempo real.	Ge e Kuester (2015)
E	Concepção		Visualização de produtos eletrônicos (protótipos) acrescidos de interação em RA.	Park, Moon e Lee (2009)
ED	Localização		Protótipo de biblioteca virtual para localização de livros em uma biblioteca real.	Reitmayr e Schmalstieg (2002)
ED	Concepção		Sistemas de visualização de informações em RA em superfície plana.	Fujinami et al. (2012)
ED	Concepção		RA inserido em manual de instrução para realização de exames médicos.	Bifulco et. al. (2014)
O	Coordenação		Sistema que permite a visualização de dados de operação e manutenção em tempo real com uso do modelo BIM.	Irizarry et al. (2013)
O	Colaboração		Reconhecimento de objetos específicos em smartphones (ex. extintor de incêndio, tomadas).	Kim e Hwang (2012)

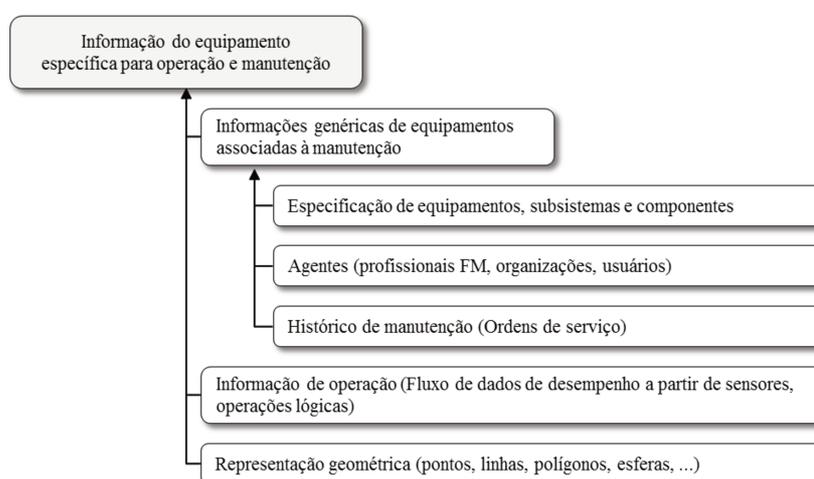
Fonte: A Autora

Já o estudo de Olbrich *et al.* (2013) trata da visualização de informações, por meio da RA, com base em modelos BIM e mecanismo de anotação centrada no usuário. Ressalta-se a importância dessa aplicação na área de FM pela utilização da informação agregada ao modelo

BIM. Por sua vez, o estudo de Irizarry *et al.* (2013) aponta o uso do BIM para FM através da criação de imagens panorâmicas em 360 graus, geradas a partir do modelo, para visualização em RA.

O estudo de Hou *et al.* (2013) apresenta um sistema de montagem visando medição de trabalho cognitivo comparando a montagem tradicional com a montagem por meio da RA. Por fim, o estudo de Hou, Wang e Truijens (2014) apresenta uma aplicação de montagem de instalações hidráulicas assistido pela RA. Uma sequência de peças hidrossanitárias foi montada e posteriormente verificado o tempo de montagem, existência de erros de execução, etc.

Figura 38 - Categorias de informação do equipamento



Fonte: Adaptado de Lee e Akin (2011)

Em suma foram analisadas 38 fontes identificadas em um intervalo temporal de 17 anos. A amostra analisada constatou um surgimento tardio dessas aplicações, especificamente na manutenção e operação da edificação. Entretanto, esta área de pesquisa está em ascensão e possui ênfase na criação de protótipos.

Ademais, foram identificadas similaridades nos artefatos encontrados para mapeamento de possíveis recursos de RA a serem incorporados no manual do proprietário. Verificou-se que a visualização contempla o maior número de publicações das Atividades Específicas de Operação (AEO) e abrange as áreas de aplicação Engenharia, Construção, Operação e Educação. Em seguida, as áreas monitoramento e controle de equipamento abarcaram as publicações. Na caracterização das instanciações observou-se a associação do modelo BIM com a RA para a visualização de dados. Não foram encontrados estudos na área da arquitetura com este escopo de atividades.

Conjectura-se utilizar a técnica de rastreamento e registro por meio do uso de marcador. Justifica-se a escolha por ser a solução mais utilizada e acessível, e pela falta de precisão do rastreamento realizado pela técnica com uso de sensores, sendo necessária a combinação de procedimentos e dispositivos para tal (LEE; AKIN, 2011; SCHALL; ZOLLMANN; REITMAYR, 2013), conforme explanado na RSL.

Diante dos resultados apresentados até o presente momento - de pesquisa de satisfação (Seção 4.1), da classificação de manuais de uso, operação e manutenção no Brasil (Seção 4.2), da RSL para identificação de artefatos em aplicações de RA (Seção 4.3 e início do Capítulo 5) - pode-se observar como os vários agentes lidam com o manual do proprietário.

Do ponto de vista do usuário, a pesquisa de satisfação realizada identificou uma indiferença dos usuários para com o manual do proprietário. O manual é pouco acessado pelas pessoas e, quando isto ocorre, é para a verificação de itens de uso e manutenção, bem como, operação de equipamentos e prevenção de acidentes. Outro fato observado é que os proprietários são favoráveis às novas formas de apresentação do manual, tanto as que apresentam conteúdo visual (como exemplo modelo 3D da edificação), quanto aquelas que apresentam interatividade e uso de dispositivos tecnológicos.

Do ponto de vista das construtoras e incorporadoras, a classificação de manuais verificou que nem todas desenvolvem o seu próprio manual, contratando outros profissionais/empresas para a sua criação e o manual entregue adequa-se ao uso e padrão da edificação. O formato elaborado é, na grande maioria, o textual, seguido do conteúdo inserido em CD ou pen drive. Da mesma forma, poucas empresas investem no manual como *website* e nenhuma construtora da amostra elabora o manual em forma de aplicativo para dispositivos móveis. Na verificação de aderência dos manuais à NBR 14037 foi comprovado que o conteúdo que envolve garantias e assistência técnica é o mais completo entre os apresentados.

Quanto a estruturação do conteúdo dos manuais do proprietário avaliados verificou-se que a maioria não segue a estrutura recomendada pela NBR 14037. Todavia, existe uma razão para isso, a estratégia de organização da informação adotada agrega informação por componente e facilita a sua compreensão. Ainda assim, os manuais apresentam pouca atratividade por não utilizar recursos visuais que auxiliem na compreensão do usuário. A estruturação do conteúdo da maioria dos manuais do proprietário avaliados forneceu indícios para agregar a informação por componente. Esta premissa se adequa a proposta de incorporação de RA e será adotada no artefato proposto.

Com relação às pesquisas acadêmicas analisadas, a RSL elaborada constatou-se que os estudos de Realidade Aumentada da amostra, atuaram no auxílio à instrução e execução de tarefas nas mais diversas áreas como Engenharia, Construção, Operação e Educação comprovando que o uso da RA tem potencial para respaldar o manual do proprietário da edificação. Logo, estas áreas configuram as classes de problemas em que o artefato se enquadra.

Verificou-se também que a amostra analisada comprovou um surgimento tardio dessas aplicações, especificamente na manutenção e operação da edificação. Por sua vez, a visualização alcançou o maior número de publicações seguido das áreas de monitoramento e controle de equipamento. Ademais, os sistemas de montagem também foi uma atividade apresentada na amostra e apresenta similaridades com o artefato proposto. O Quadro 12 identificou os artefatos do tipo instanciações mais próximos do que se pretende desenvolver. Esses estudos foram destacados e abrange as áreas de montagem, visualização e monitoramento.

Portanto, conclui-se que estas comprovações corroboram com a proposição do artefato em que o manual do proprietário será assistido pela RA. Neste sentido, serão propostos dois artefatos do tipo instanciação: (i) manual impresso assistido de novas formas de visualização do conteúdo com a tecnologia da RA; e (ii) manual distribuído na edificação por meio da tecnologia de RA.

Ademais, quanto a RA incorporada ao manual do proprietário: serão atribuídos, ao manual do proprietário impresso, marcadores para que as pessoas interajam tanto com o seu conteúdo textual quanto com a tecnologia de RA. Para a RA incorporada à edificação, a mesma será atribuída à edificação em situações específicas que exijam conhecimento por parte do usuário.

6 PROPOSIÇÃO, PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO

6.1 Proposição e Projeto do artefato

Conforme explicitado anteriormente, a criação do artefato tratou-se de um protótipo que corresponde a dois aplicativos: (i) o *Living Augmented Reality* (LAR) - manual do proprietário incorporado ao ambiente com RA e; (ii) o *Manual Augmented Reality* (MAR) - manual do proprietário, em papel, acrescido de RA. Ambos apresentaram uma atividade de manutenção presente em um dos manuais coletados na etapa de catalogação e classificação.

Conforme apresentado no item 4.2, subitem 4.22 do Capítulo 4, observou-se que estão sempre presentes em 100% dos manuais da amostra os itens **Introdução**; os subitens **Perdas de garantia & Prazos de garantia** do item **Garantias e assistência técnica**; os componentes **Sistemas hidrossanitários, Sistemas eletroeletrônicos, Revestimentos internos e externos** do item de **Operação, uso e limpeza**; e por fim o subitem **Programa de manutenção preventiva** do item de **Manutenção**.

Dessa forma, demonstrar e avaliar a incorporação da RA no manual do proprietário em uma atividade com alta presença nos manuais tem grande chance de impacto sobre os mesmos. O manual escolhido para tal obteve a classificação "atende satisfatoriamente" na categoria manutenção e a atividade escolhida para o protótipo foi a substituição da boia de um vaso sanitário, modelo caixa acoplada.

Portanto, o passo a passo desenvolvido para a aplicação foi baseado nas orientações (que estavam em formato de texto) do manual escolhido, que correspondem a: (i) com cuidado, abra e retire a tampa da caixa acoplada; (ii) desencaixe a boia; (iii) leve-a a um depósito de materiais de construção para que sirva de modelo para a compra de uma nova; (iv) com a boia nova em mãos, encaixe-a exatamente no local de onde a antiga foi retirada. Além disso, definiu-se o desenvolvimento de cada aplicativo em duas versões, uma para ser utilizado em *tablet* e outra para ser utilizado em *smartglasses* (óculos de RA). Para ambas as aplicações o tipo de rastreamento escolhido foi com o uso de marcadores, tal escolha está fundamentada na Revisão Sistemática de Literatura, item 4.3 do Capítulo 4 do presente trabalho.

O LAR incorpora a Realidade Aumentada no ambiente, ou seja, o modelo virtual do vaso sanitário está na escala natural (escala 1:1) sobreposto ao objeto real, onde o marcador está fixado. Estabeleceu-se o passo a passo da substituição da boia por meio de animação em RA, acompanhada das instruções presentes em texto, conforme os passos descritos acima. Por sua vez, o MAR incorpora a Realidade Aumentada no manual impresso em escala reduzida, ou seja, o modelo virtual visualizado em tamanho menor através de seu marcador. Por fim, na etapa de avaliação, definiu-se também a presença do manual tradicional contendo apenas o formato de texto (Quadro 13). Dessa forma, foram previstos os 5 tipos de visualização para avaliação: o LAR para *tablet* e para *smartglasses*, o MAR para *tablet* e para *smartglasses* e o manual tradicional.

Quadro 13 - Aplicações para Avaliação

SOLUÇÕES		APLICAÇÕES		
		TABLET	SMARTGLASSES	PAPEL
Manual do proprietário tradicional	Existente	Não	Não	Sim
Aplicativo <i>Manual Augmented Reality</i> – MAR (Manual do proprietário, em papel, acrescido de RA)	Proposta	Sim	Sim	Sim
Aplicativo <i>Living Augmented Reality</i> – LAR (Manual do proprietário incorporado ao ambiente com RA)	Proposta	Sim	Sim	Não

Fonte: A Autora

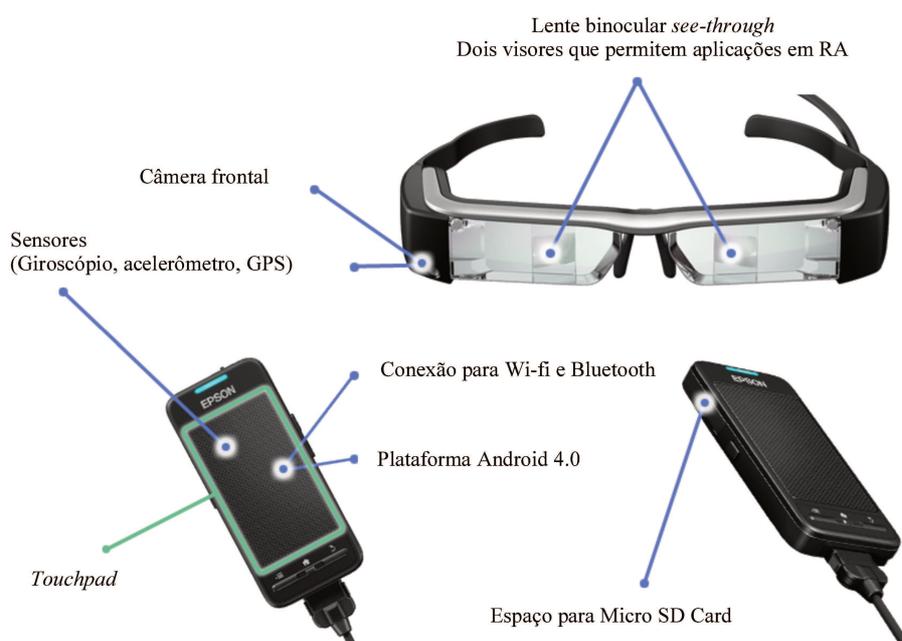
Quanto à configuração dos dispositivos de visualização escolhidos para abarcar as aplicações, definiu-se o emprego do IPAD Air da empresa Apple (Figura 39), com Wi-Fi, capacidade 64 GB, tela de retina de 9,7 polegadas, dotado de giroscópio de três eixos, acelerômetro¹⁹ e sensor de luz ambiente. Possui chip A7 com arquitetura de 64 bits, coprocessador de movimento M7, bateria com duração de aproximadamente 10 horas e funções de *Wireless* e *Bluetooth*. O IPAD Air utiliza o sistema operacional iOS, da Apple.

¹⁹ Acelerômetro é um dispositivo eletromecânico utilizado para medir as forças de aceleração. Estas forças podem ser estáticas (gravidade) ou dinâmicas, causadas pela movimentação ou vibração do mesmo (COELHO, 2013).

Figura 39 – Dispositivo Ipad Air

Fonte: Apple (2017)

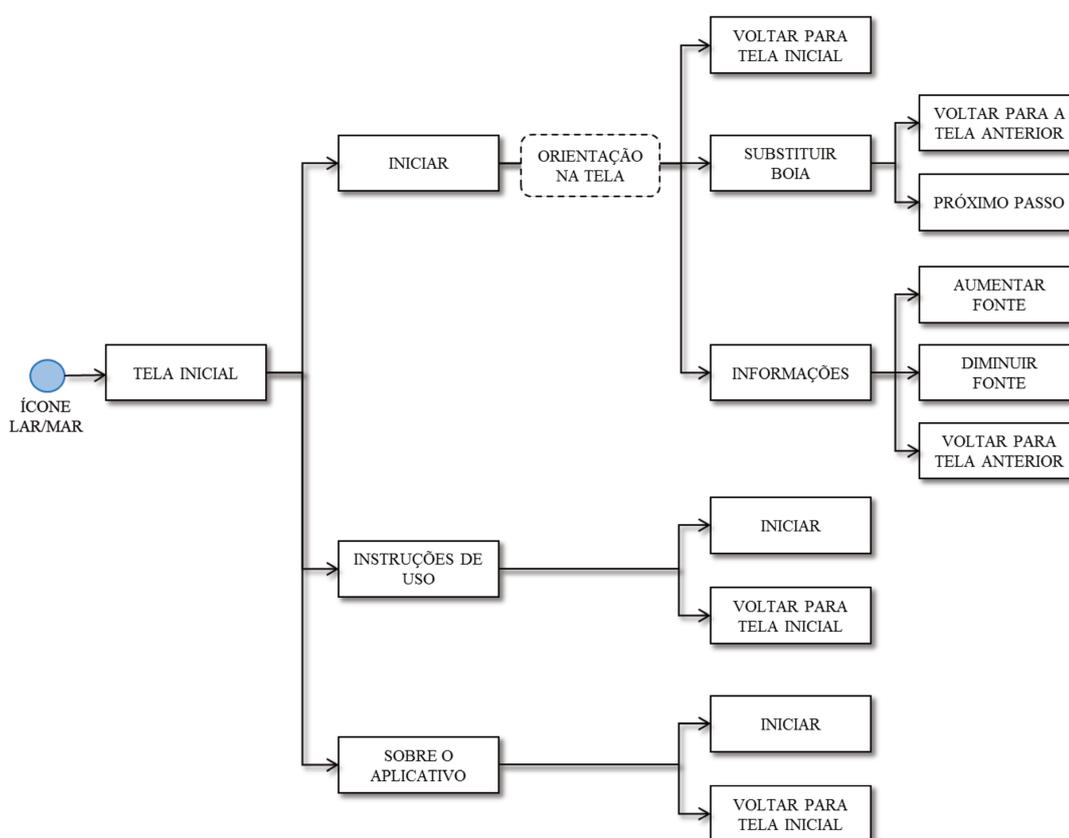
O outro dispositivo de visualização a ser utilizado é o *smartglasses* Moverio BT-200 (Figura 40) da empresa Epson, com funções de *Wireless* e *Bluetooth 3.0*. Possui sensores integrados que incluem câmera VGA, giroscópio, GPS, acelerômetro, bússola e microfone. O *smartglasses* possui processador Dual Core 1.2 GHz e 1 GB RAM e 8 GB de memória interna com capacidade de expansão de até 32 GB com cartão SD. Apresenta bateria com duração de aproximadamente 6 horas. O Moverio BT-200 utiliza o sistema Android versão 4.0 e possui sistema de som Dolby Digital Plus.

Figura 40 - Moverio BT-200 da Epson

Fonte: Epson (2017)

Para a implementação da aplicação foram necessários programas gráficos, de modelagem, de animação e de criação (interface), e programas que possibilitem a visualização em Realidade Aumentada. Inicialmente, foram realizados experimentos exploratórios²⁰ de visualização em Realidade Aumentada na ferramenta Metaio Creator. Porém, a empresa Metaio foi adquirida pela empresa Apple, que descontinuou seu pacote de ferramentas. Quanto à navegação dos aplicativos, foram planejadas as telas conforme a Figura 41.

Figura 41 - Esquema de Navegação dos Aplicativos LAR e MAR



Fonte: A Autora

A partir da tela inicial, o usuário tem a opção de ter conhecimento sobre o aplicativo acessando o botão “Sobre”, obter instruções de impressão e posicionamento do marcador acessando o botão “Instruções”, ou acessar o botão “Iniciar” e dar prosseguimento a aplicação. Para otimizar a navegação do usuário, a partir das telas “Instruções” e “Sobre”, é

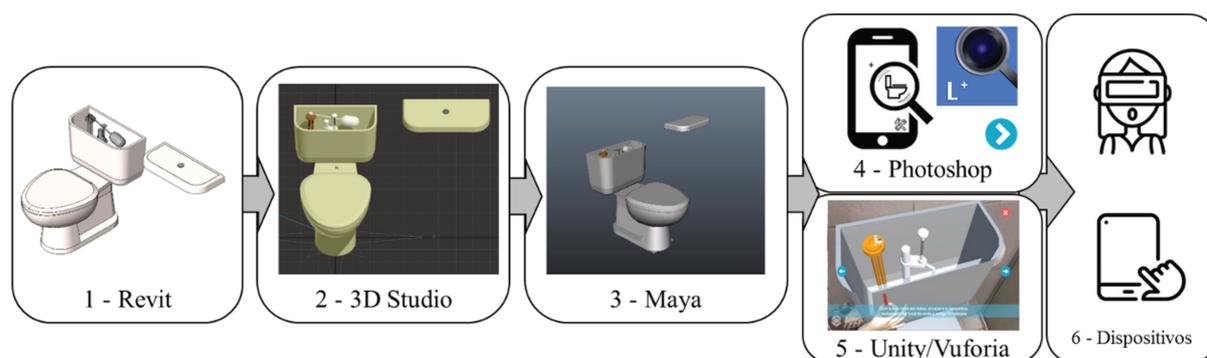
²⁰ Na fase exploratória e de estudo da ferramenta foram publicados os seguintes artigos: MOREIRA, Lorena Claudia de Souza; RUSCHEL, Regina Coeli. Realidade Aumentada na Visualização de Soluções do Projeto de Arquitetura, In: CONGRESSO DA SOCIEDADE IBERO-AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 19., 2015, Florianópolis. *Anais...* São Paulo: Blucher, 2015 e MOREIRA, L. C. S.; RUSCHEL R. C. Augmented Reality Promoting Time Tunnel. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE ASSOCIATION FOR COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN RESEARCH IN ASIA, 20., 2015, Daegu. *Proceedings...* p. 261–270, CAADRIA: Hong Kong, 2015.

possível acessar a tela “Iniciar”. Ao acessar a tela “Iniciar” o aplicativo acionará a câmera do dispositivo e surgirá uma orientação para o usuário mirar a câmera para o marcador e, feito isto, o modelo virtual estará sobreposto à imagem do marcador. Nesta mesma tela, encontram-se os botões “Substituir boia”, “Informações” e um botão com função de retornar à tela inicial. Ao acessar “Substituir boia”, o usuário visualizará o passo a passo da animação em RA por meio de um botão que possibilita seguir adiante, além da possibilidade de retornar ao passo anterior. Por sua vez, ao acessar o botão “Informações” o usuário visualizará especificações técnicas, garantias, contato de fornecedores e conteúdo técnico sobre o modelo do vaso e assuntos relacionados a instalação hidráulica e sistemas de esgoto.

6.2 Desenvolvimento do artefato

Na fase de desenvolvimento do artefato, diversos programas computacionais foram utilizados. As etapas de criação dos aplicativos LAR/MAR (Manual do proprietário incorporado ao ambiente com RA e Manual do proprietário, em papel, acrescido de RA, respectivamente) seguiram a sequência dos programas Revit, 3D Studio, Maya, Adobe Photoshop e Unity / Vuforia. Por fim, os aplicativos foram disponibilizados nas plataformas dos sistemas Android e Apple. A sequência das etapas está ilustrada pela Figura 42.

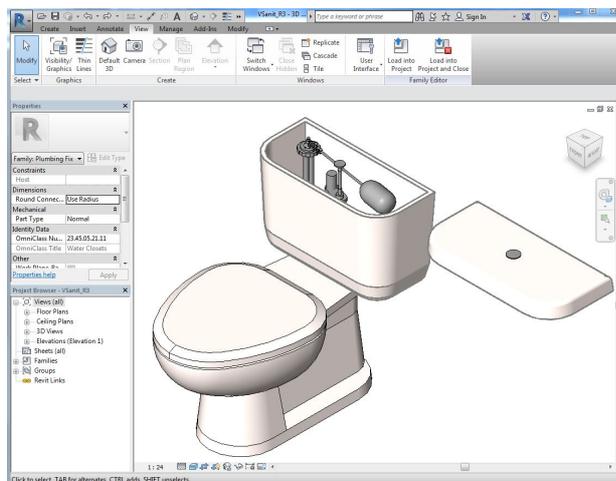
Figura 42 - Etapas do desenvolvimento do artefato



Fonte: A Autora

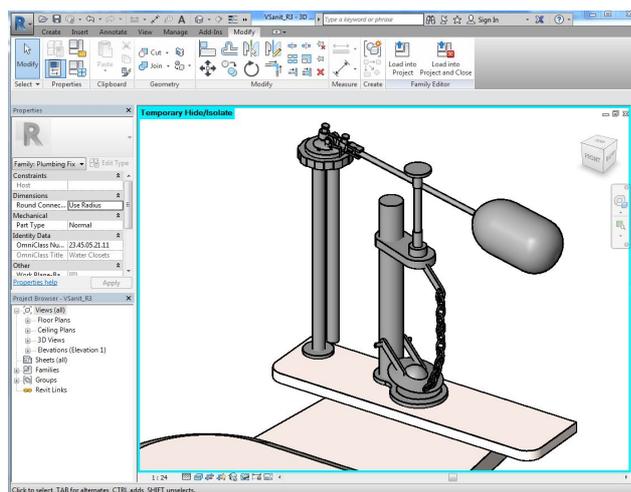
Iniciou-se pela etapa 1 de modelagem do objeto virtual. Um vaso sanitário e seus componentes foram primeiramente modelados na ferramenta BIM, Revit 2017, da empresa Autodesk. O modelo do vaso sanitário foi adquirido na biblioteca de objetos do programa (Figura 43) e o mecanismo interno da caixa acoplada foi modelado conforme um tipo de mecanismo existente no mercado, da empresa Astra (Figura 44 e Figura 45).

Figura 43 - Modelo BIM do vaso sanitário na ferramenta Revit



Fonte: A Autora

Figura 44 - Detalhamento de mecanismo interno na ferramenta Revit



Fonte: A Autora

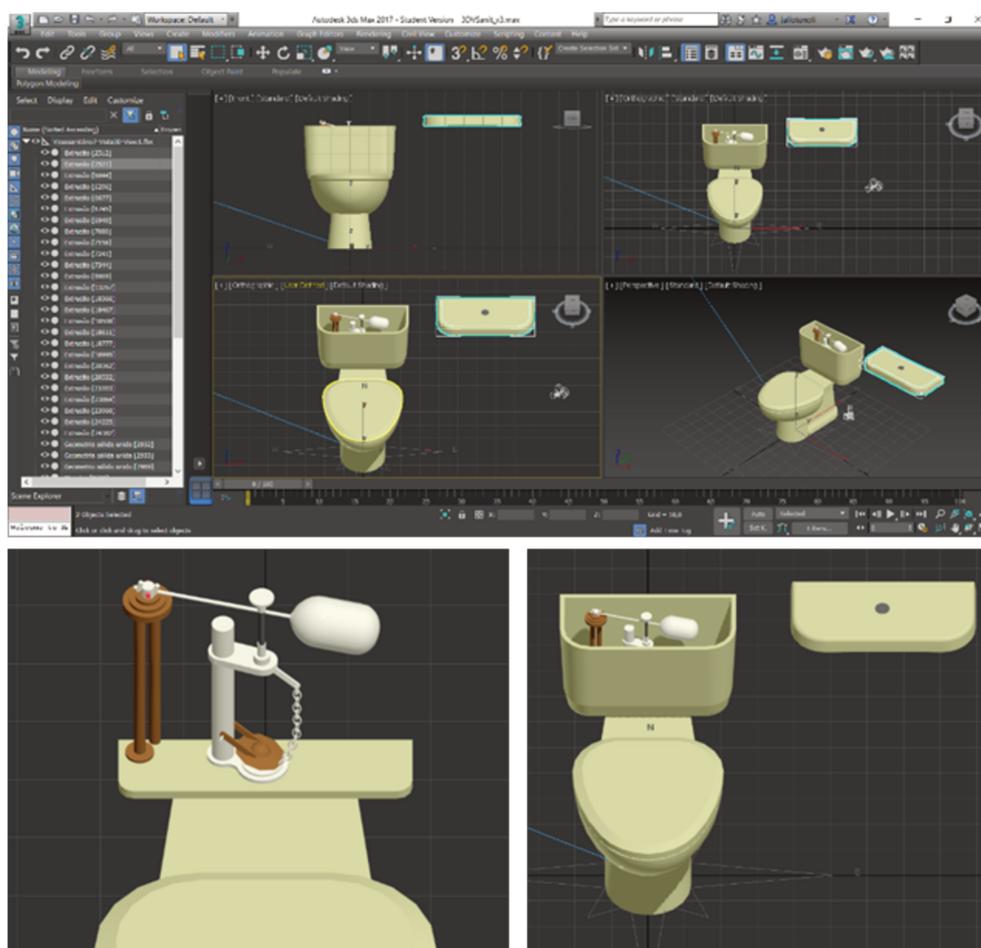
Figura 45 - Referência do mecanismo da boia – Modelo Astra



Fonte: Grupo Astra (2014)

Na etapa 2, o modelo BIM (vaso sanitário mais o mecanismo de caixa acoplada) foi exportado para a ferramenta 3D Studio Max 2017 (formato .fbx) para adição de texturas e materiais mais próximos do objeto real (Figura 43). Vale ressaltar que a partir do momento da exportação do modelo BIM para a ferramenta 3D Studio Max, as informações não geométricas do modelo não estão mais presentes. Após esta etapa, o modelo 3D foi exportado para a ferramenta Maya 2015 (etapa 3) para a criação da animação²¹ de substituição da boia (formato .3ds). A transparência da parte frontal externa da caixa acoplada foi uma característica previamente planejada para o modelo 3D, no intuito de permitir uma melhor visualização do seu mecanismo interno.

Figura 46 - Adição de Textura e Materiais na Ferramenta 3D Studio Max



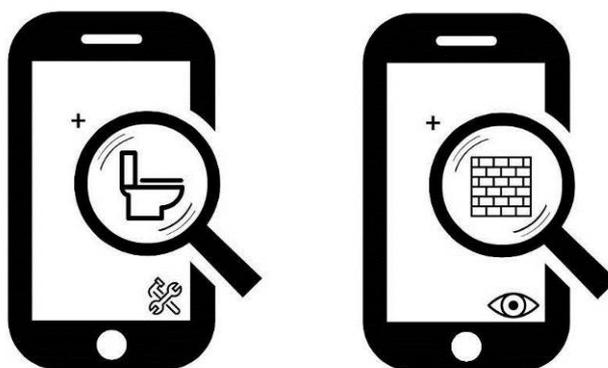
Fonte: A Autora

²¹ A animação do modelo foi realizada durante o período do doutorado sanduíche da autora desta tese na Missouri State University (MSU) no estado do Missouri, EUA, sob a orientação do Prof. Dr. Amir H. Behzadan e obteve o auxílio de seu aluno de mestrado Kandakar Rashid. As fases de modelagem e programação contou com o apoio do Edital MCTI/CNPQ/UNIVERSAL 14/2014 (Projeto N^o. 455188/2014-9) por meio da participação dos bolsistas Julio Tonolli (N^o. 104961/2016-3 e 118635/2017-9) e Gustavo Taufic (N^o. 374494/2016-9).

Na etapa 4, a interface dos aplicativos (botões de interação, imagem da tela “Instruções” e ícones), assim como os marcadores, foram criados na ferramenta Adobe Photoshop CC, versão 14. Esta etapa atuou em paralelo com a etapa 5 de programação e inserção de recursos de RA ao modelo 3D por meio das ferramentas Unity / Vuforia. A animação elaborada foi exportada para a ferramenta Unity, versão 5.5.0f3, juntamente com a ferramenta Vuforia, versão 6.2.6, para a criação da navegação e adição de recursos de Realidade Aumentada (formato .fbx). Ao exportar a animação para o Unity, algumas texturas e materiais do modelo foram perdidas. Diante disso, novas texturas foram inseridas no modelo diretamente na ferramenta Unity/Vuforia.

Quanto ao design do marcador, o mesmo foi elaborado vislumbrando a escalabilidade do protótipo, ou seja, o mesmo poderá ser utilizado para todo o manual do proprietário. Quanto ao rastreamento, as características consideradas foram: assimetria nos desenhos, alto contraste, não ter repetição de padrões e apresentar riqueza de detalhes. Em particular, como mostrado na Figura 47 (a), a imagem no centro da lupa representa o conteúdo virtual que será visualizado em RA. Por outro lado, o símbolo sob a lupa identifica a ação (manutenção, visualização). Por exemplo, a imagem de um martelo e uma chave correspondem a uma atividade de manutenção. A imagem de um olho corresponde apenas a visualização de informações. Da mesma forma, o marcador ilustrado pela Figura 47 (b) foi planejado para visualizar as informações de material ou revestimento de paredes (imagem da parede no centro da lupa e um olho na parte inferior) sem requisitar a realização de nenhuma tarefa ao usuário. Todos os marcadores têm o mesmo contorno como padrão (imagem semelhante a um telefone celular ou *tablet*), indicando que foram planejados para serem visualizados por meio de dispositivos móveis.

Figura 47 - a) Marcador dos Aplicativos LAR/MAR e b) Previsão de Marcador



Fonte: A Autora

Para os aplicativos LAR/MAR, o objeto de interesse é um vaso sanitário e o marcador ilustrado na Figura 47 (a) foi o utilizado. Os ícones ilustram uma lupa posicionada em diagonal na parte superior direita, juntamente com as letras iniciais de cada aplicativo no canto inferior esquerdo, seguido do símbolo “+” (Figura 48).

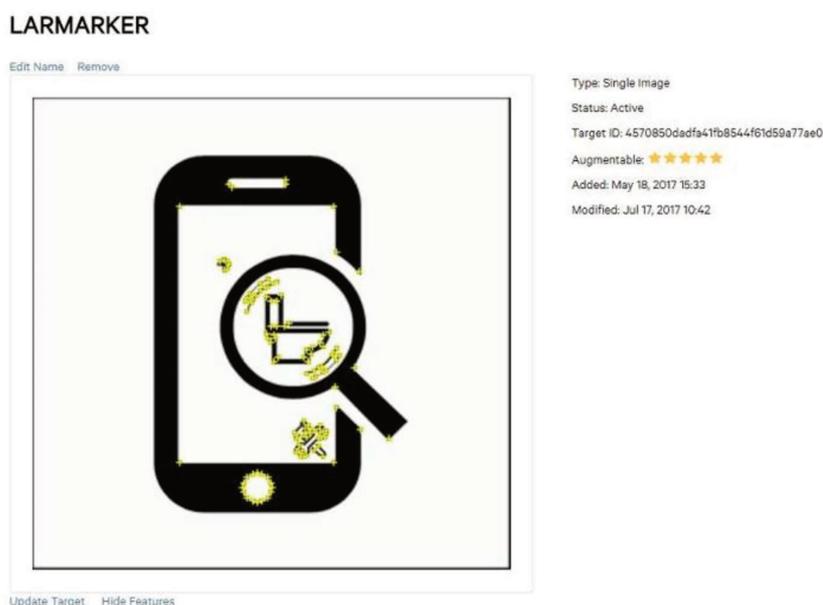
Figura 48 - a) Ícone do LAR e b) Ícone do MAR



Fonte: A Autora

Ademais, foi utilizado o *Target Manager* do *Vuforia Developer Portal* para classificação do marcador. O *Target Manager* está disponível *online* e avalia os marcadores de 1 a 5 estrelas: 1 estrela representa uma baixa qualidade de marcador, enquanto que 5 estrelas representam uma ótima qualidade do marcador. Além disso, os pontos utilizados para o rastreamento (*feature tracking*) são destacados por pequenas marcas na cor amarela. A Figura 49 apresenta o resultado do *Target Manager*, com a avaliação do marcador do LAR/MAR que atingiu 5 estrelas e com os pontos utilizados no rastreamento.

Figura 49 - Avaliação do Marcador do LAR

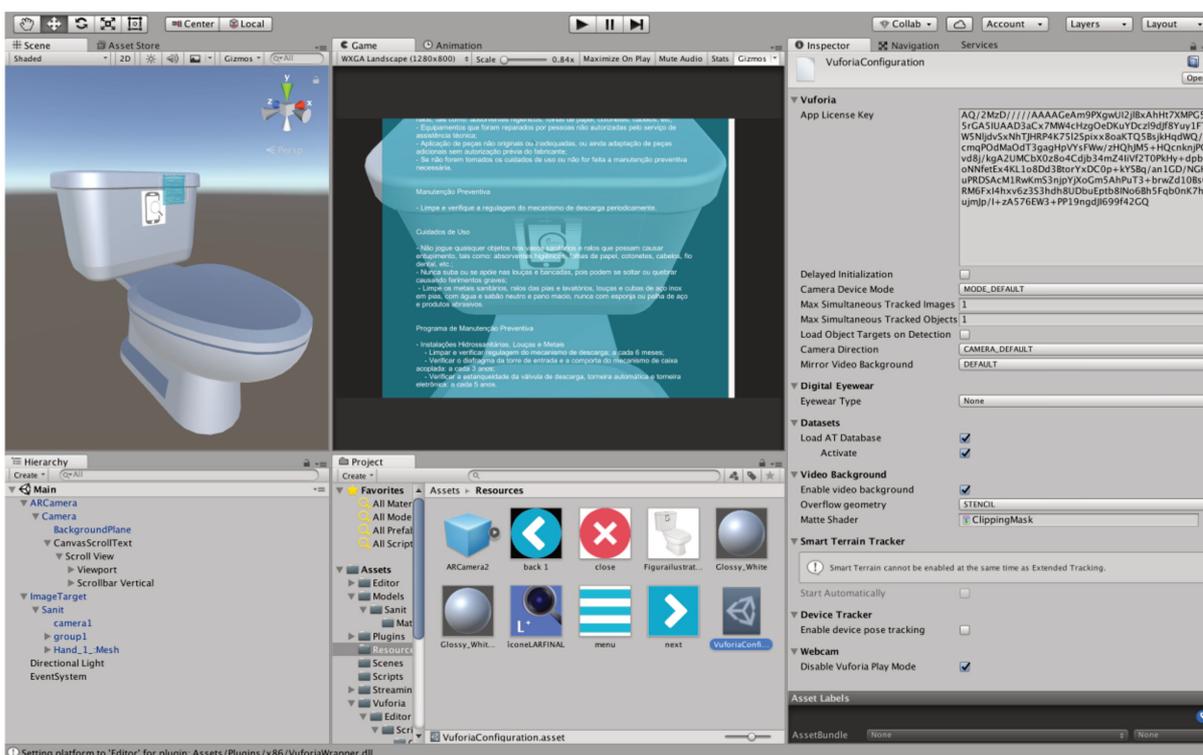


Fonte: Vuforia Developer Portal (2017)

As linguagens de programação da ferramenta Unity são: C Sharp (C#), UnityScript ou Boo (com sintaxe semelhante ao Python). A linguagem adotada para os aplicativos foi a C Sharp (C#). Ademais, nas ferramentas Unity e Vuforia, os aplicativos LAR e MAR foram desenvolvidos com a característica de rastreamento ampliado (*extended tracking*), que utiliza recursos do ambiente para potencializar o desempenho do rastreamento e manter a visualização do objeto virtual, mesmo quando o marcador não está sendo mais visto. Este recurso é recomendado para objetos arquitetônicos que são visualizados em escala e em perspectiva.

A seguir serão apresentadas algumas seqüências de desenvolvimento do aplicativo LAR nas ferramentas Unity e Vuforia. A Figura 50 ilustra a tela do Unity/Vuforia em que do lado esquerdo superior encontra-se o posicionamento do modelo 3D no espaço juntamente com o marcador e a tela de informações, no lado inferior esquerdo estão apresentadas a hierarquia dessas informações (como os objetos se relacionam) no centro superior a simulação da tela de informações no visor do dispositivo, no lado direito uma tela do Vuforia com visualização da chave da aplicação (*App License Key*), e por fim no centro inferior apresentam-se os diretórios e arquivos do Unity com a visualização da pasta dos ícones utilizados na interface gráfica dos aplicativos LAR e MAR.

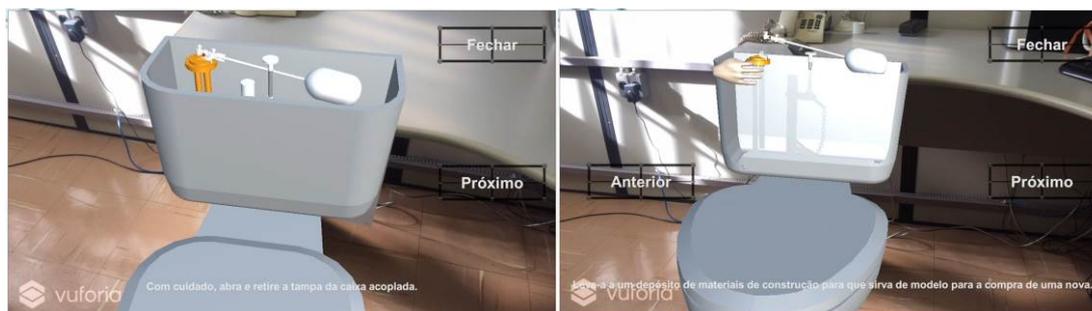
Figura 50 - Tela de desenvolvimento do LAR no Unity/Vuforia



Fonte: A Autora

A Figura 51 apresenta algumas das etapas do primeiro teste de criação do LAR, no laboratório de pesquisa LAMPA, na versão para *tablet*, onde foram realizados: ajustes de material, que correspondem a textura e a transparência na visualização do modelo, verificação de transição de telas, visualização do passo a passo da substituição da boia, correções de posicionamento de botões.

Figura 51 - Testes do LAR, versão para *tablet* – Ajustes de material



Fonte: A Autora

Da mesma forma, a Figura 52 ilustra um outro teste do LAR, na versão para *tablet* em que a visualização do modelo em RA está inserida no ambiente real (sanitário) e foram realizados ajustes de adequação de escala do modelo virtual com o modelo real e verificações de interferência da iluminação do ambiente e posicionamento de marcador.

Figura 52 - Testes do LAR, versão para *tablet* - Ajustes de escala



Fonte: A Autora

Por sua vez, a Figura 53 mostra uma etapa seguinte do LAR, versão para *tablet*, já com interface gráfica e botões de interação implementados inseridos. Ademais, constatou-se a necessidade de melhorar a visibilidade do texto do passo a passo da substituição da boia e acrescentou-se uma faixa azul por trás do texto, com nível de transparência de 70%.

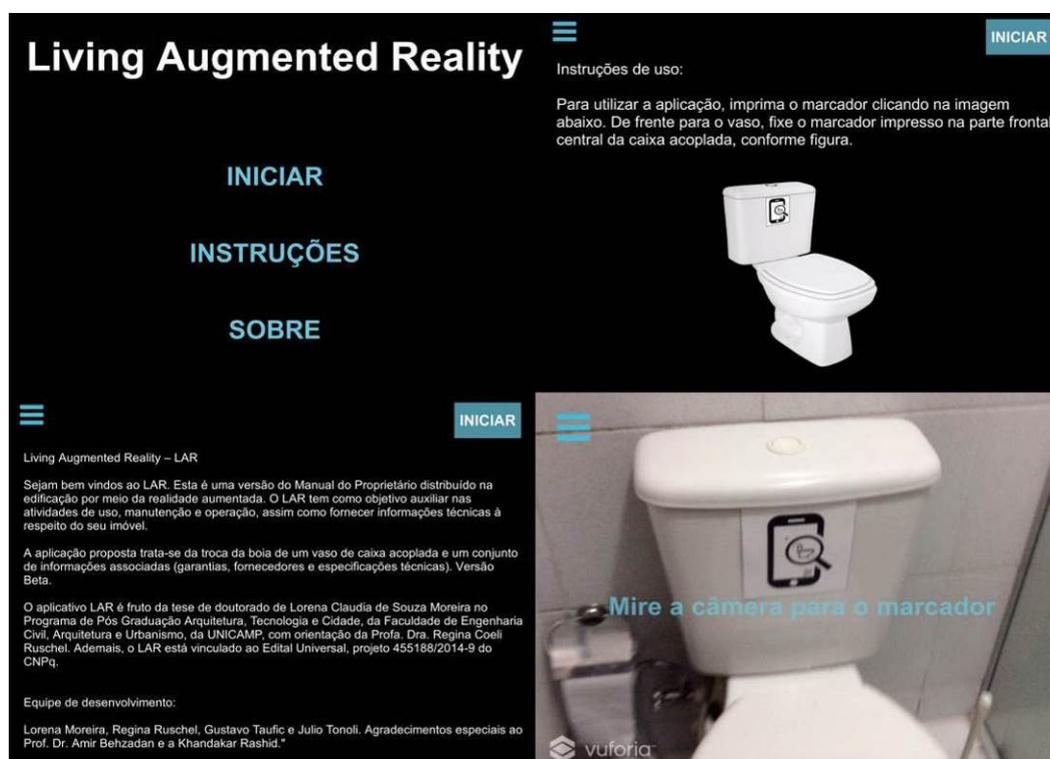
Figura 53 - Testes do LAR, versão para *tablet* - Ajustes de interface gráfica



Fonte: A Autora

Por fim, a versão final do aplicativo LAR (versão *tablet*), está ilustrada pela sequência de imagens das Figura 54 e Figura 55. A navegação do aplicativo foi descrita no Capítulo 6, seção 6.1 Proposição e Projeto do Artefato, do presente trabalho, e na fase de implementação não houve modificações. As imagens mostram as capturas das telas do aplicativo. Vale ressaltar que o passo a passo da substituição da boia é realizado por meio da animação do modelo.

Figura 54 - Aplicativo LAR (versão *tablet*) – Telas iniciais



Fonte: A Autora

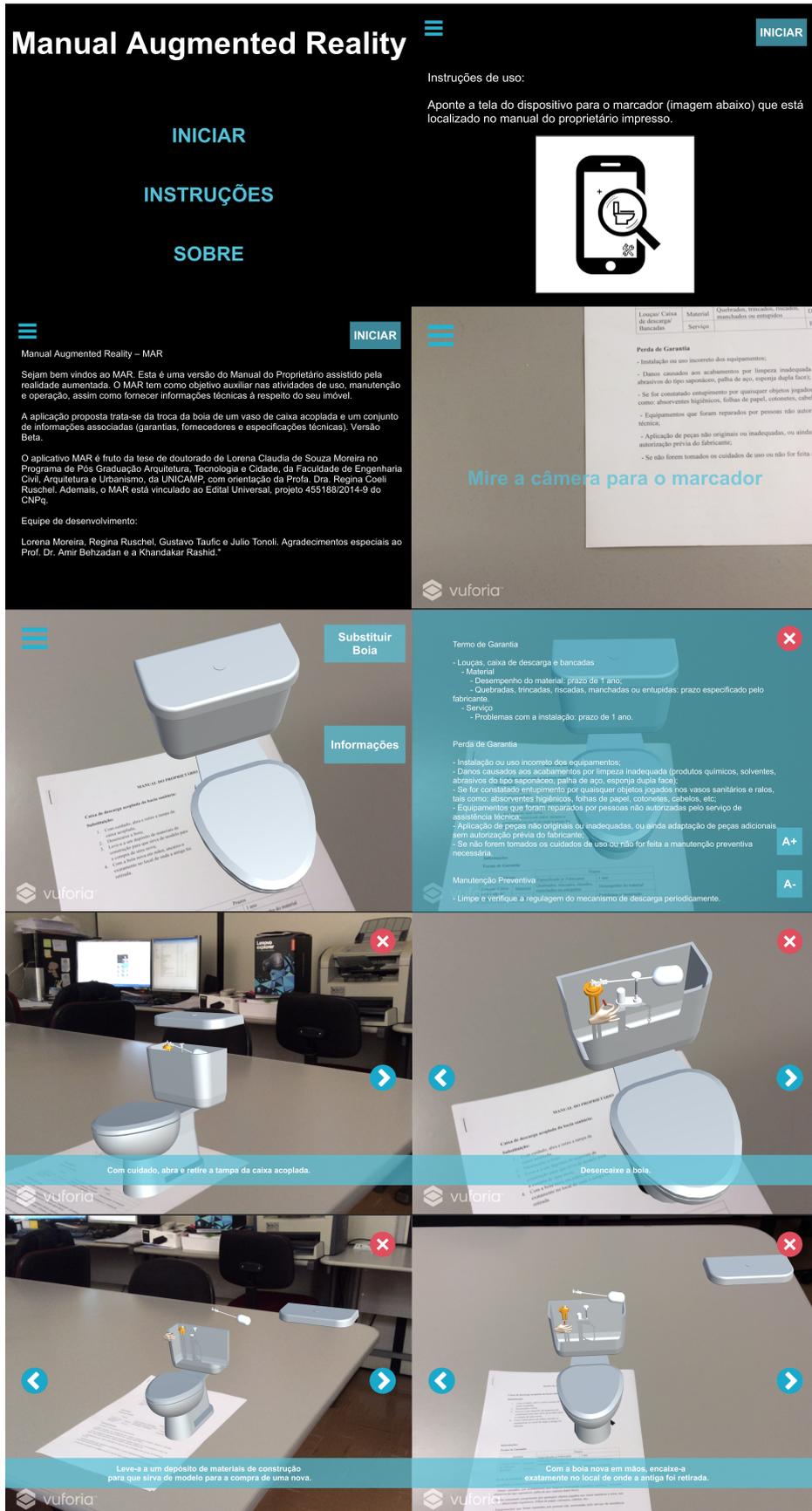
Figura 55 - Aplicativo LAR (versão *tablet*) – Telas com visualização em RA



Fonte: A Autora

Com a conclusão do LAR, todo o projeto foi duplicado para a criação do MAR. Após isso, foram realizados ajustes no texto das telas (Inicial, Sobre e Instruções), na escala e no posicionamento do modelo 3D (rotação do modelo para ajustar com o plano do marcador impresso), e na escala do marcador. A versão final do aplicativo MAR (versão *tablet*), está ilustrada pela sequência de imagens da Figura 56.

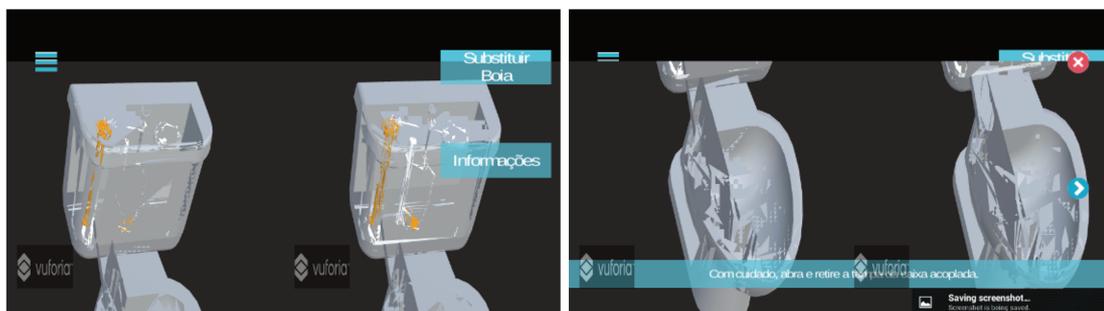
Figura 56 - Aplicativo MAR (versão tablet)



Fonte: A Autora

Apesar do planejamento inicial do projeto prever sistemas similares para o *tablet* e para o *smartglasses*, ao instalar os aplicativos MAR e LAR no Moverio BT-200 surgiram contratempos quanto a qualidade da imagem, a visualização de plano de fundo (*background*) e o alinhamento entre o modelo virtual e o modelo real. Além disso, os óculos possuem visão estéreo 3D gerando uma percepção equivocada que duplica as imagens da tela (Figura 57).

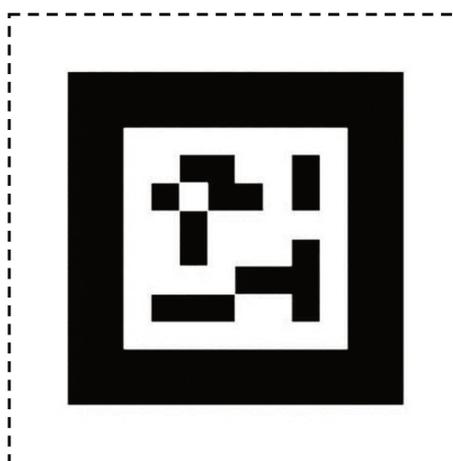
Figura 57 - Problemas de visualização no Moverio BT-200



Fonte: A Autora

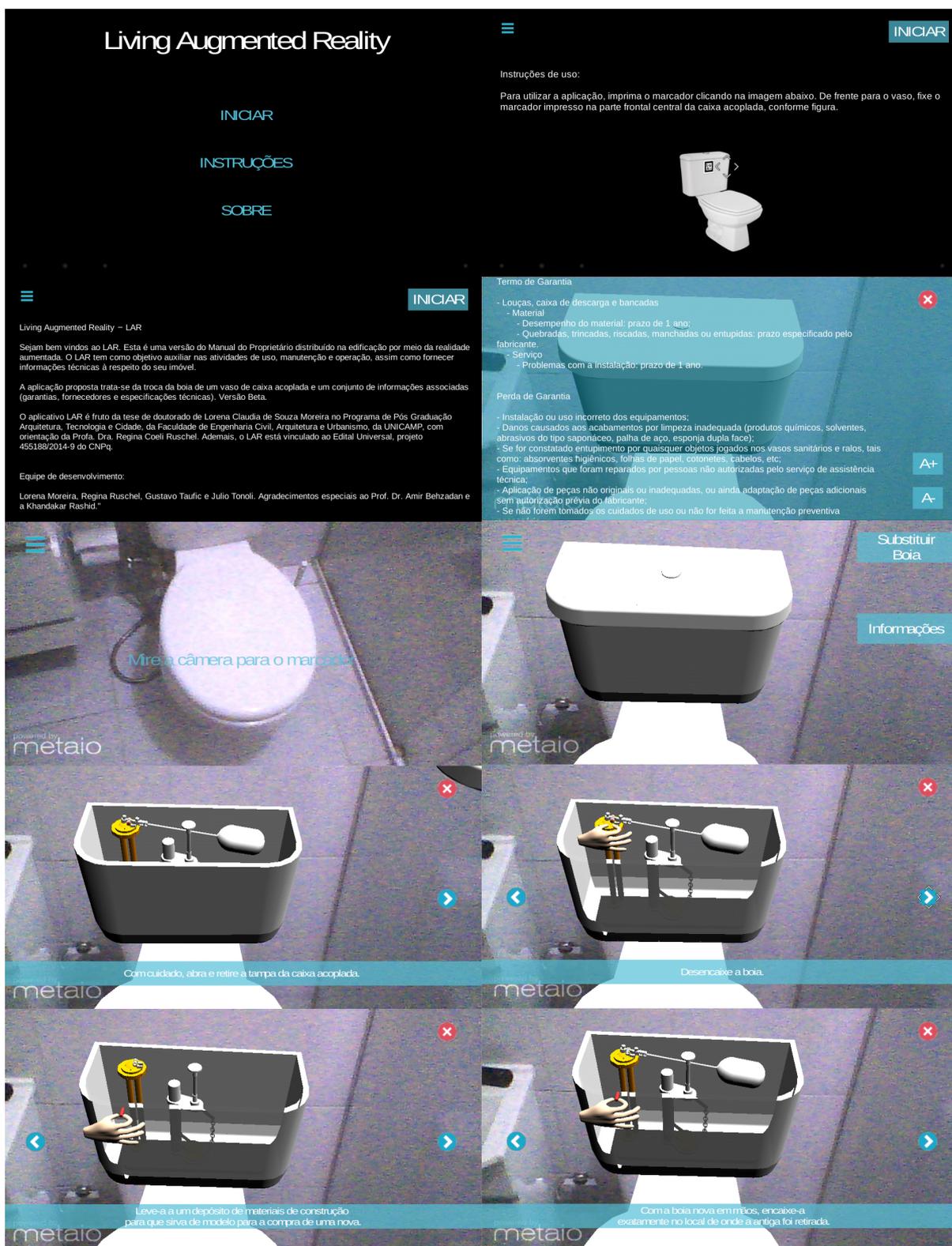
A câmera do *smartglasses* adotado possui uma baixa qualidade da imagem (modelo VGA). Portanto, a solução adotada para que o aplicativo funcionasse com uma qualidade de imagem satisfatória foi utilizar o SDK da Metaio, com seu respectivo marcador (Figura 58). Optou-se por usar o marcador da biblioteca de marcadores da Metaio, pois o marcador criado para o LAR e o MAR não atingiu um bom nível de rastreamento quando utilizado com o SDK da Metaio.

Figura 58 - Marcador do LAR / MAR, versão para o Moverio BT-200



Fonte: Biblioteca de marcadores da Metaio

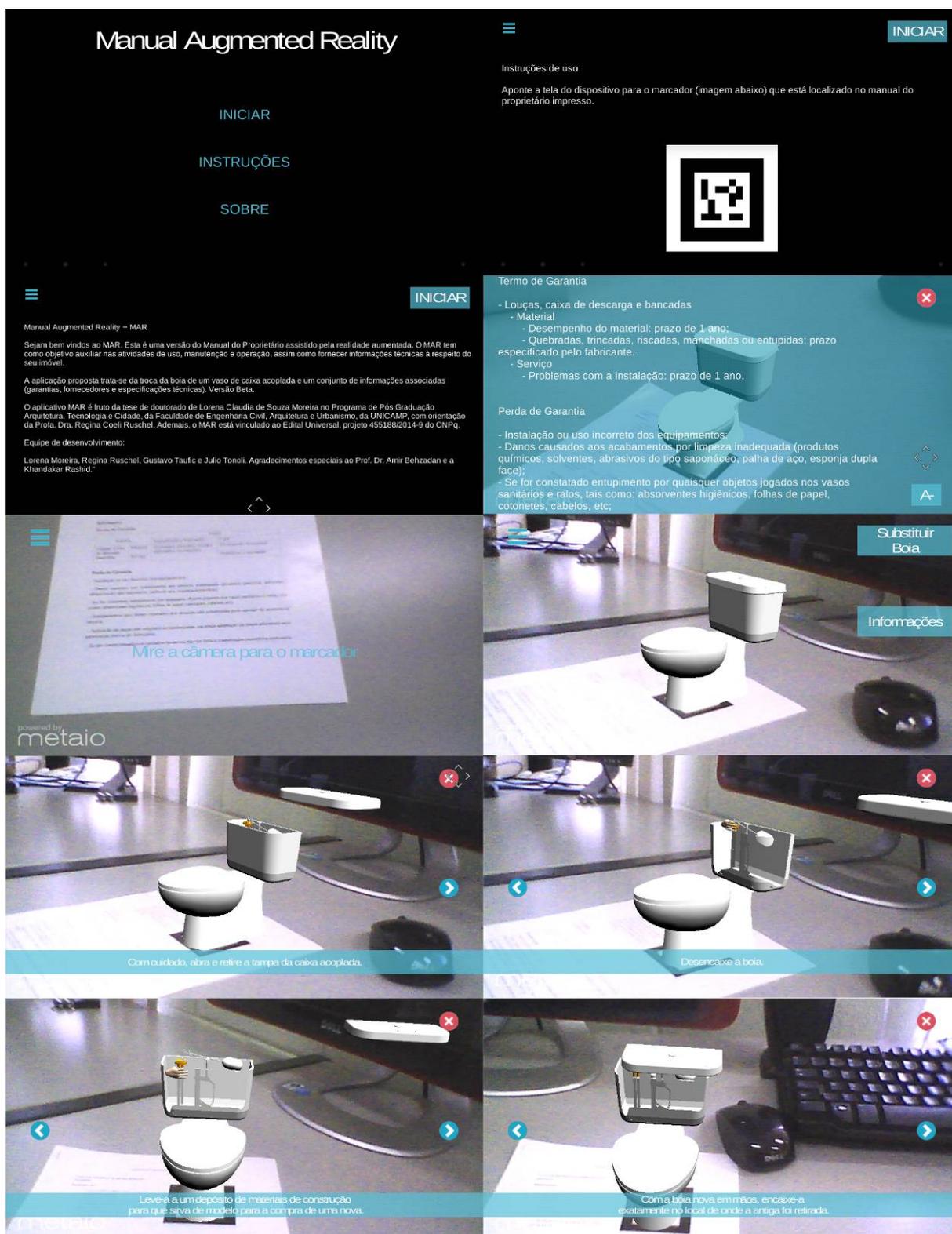
A versão final do aplicativo LAR (versão *smartglasses*), está ilustrada pela sequência de imagens da Figura 59.

Figura 59 - Aplicativo LAR (versão *smartglasses*)

Fonte: A Autora

E, por fim, a versão final do aplicativo MAR (versão *smartglasses*), está ilustrada pela sequência de imagens da Figura 60.

Figura 60 - Aplicativo MAR (versão *smartglasses*)



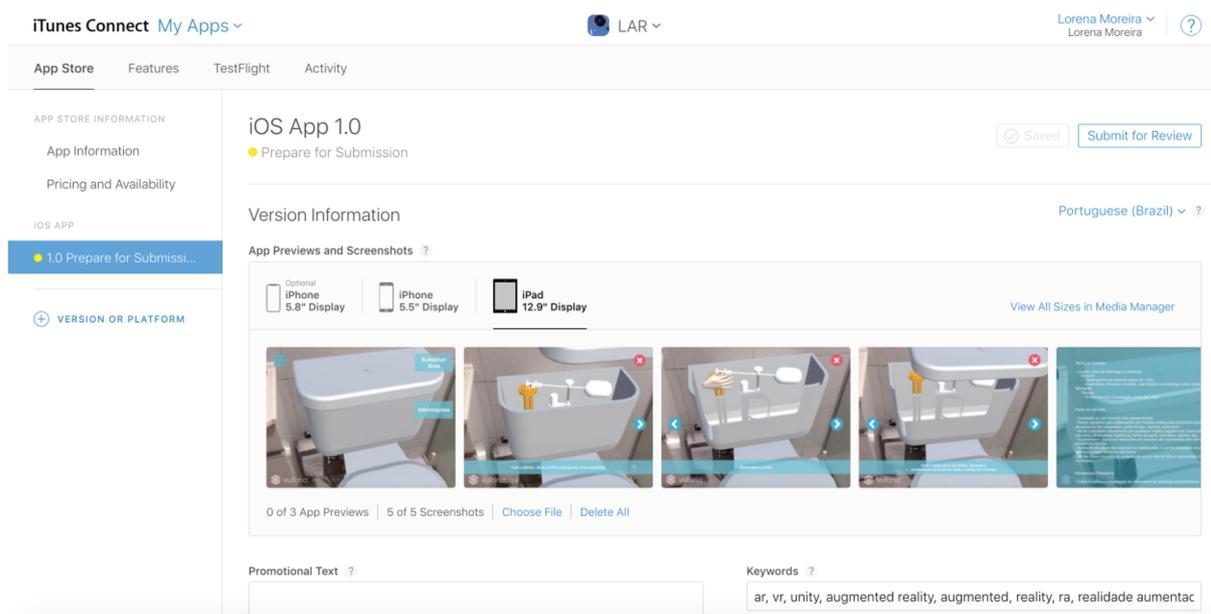
Fonte: A Autora

Na fase de publicação do artefato, foram feitos registros para disponibilização dos mesmos nos sistemas operacionais Android e iOS, das empresas Google e Apple

respectivamente (cada empresa possui um valor estipulado para que o aplicativo possa estar disponível para *download*). Ademais, os aplicativos devem preencher os requisitos desses sistemas (Android e iOS) e, após passar por uma fase de avaliação e aprovação dos mesmos, os aplicativos tornam-se disponíveis para *download* em suas plataformas.

Inicialmente, foi utilizada a ferramenta TestFlight da empresa Apple. Esta ferramenta permite a publicação da versão teste (versão Beta) de aplicativos mediante o convite de usuários por meio de seus e-mails. Ao receber o convite o usuário poderá fazer o *download* e executar o aplicativo. A ferramenta TestFlight está vinculada ao iTunes Connect, gerenciador de conteúdo *online* da mesma empresa (Figura 61). A publicação dos aplicativos na versão beta possibilitou o teste, juntamente com correções e ajustes realizados, antes da publicação oficial dos mesmos. Ademais, o uso dessa ferramenta permitiu a realização da fase de avaliação do artefato, em que os aplicativos foram instalados no dispositivo Ipad planejado para esta fase.

Figura 61 - Fase de publicação do Aplicativo (LAR - versão *tablet*)



Fonte: A Autora

No sistema Android foi utilizada a plataforma Google Play Console, que permite o gerenciamento de aplicativos e teste por meio de *link* enviado para os usuários cadastrados no sistema (Figura 62). Porém, a publicação não permite ser programada previamente como o sistema da Apple. Dessa forma, optou-se por publicar uma versão beta do aplicativo objetivando verificar erros e inconsistências, e após a correção, torná-lo indisponível para uma publicação oficial posterior.

Figura 62 - Fase de publicação dos Aplicativos (LAR e MAR - versão tablet)

Nome do app	Instalações ativas / totais	Aval. média / Total	Última atualização	Status
Living Augmented Reality com.manualdousuario.LAR	-	★ -	10/10/2017	Publicado
Manual Augmented Reality com.manualdousuario.MAR	-	★ -	10/10/2017	Publicado

Fonte: A Autora

Figura 63 - Fase de teste dos Aplicativos (MAR e LAR - versão tablet)

Manual Augmented Reality
Lorena Moreira Educação
Você não possui dispositivos

Adicionar à Lista de desejos **Instalar**

Manual Augmented Reality – MAR

Sejam bem vindos ao MAR. Esta é uma versão do Manual do Proprietário assistido pela realidade aumentada. O MAR tem como objetivo auxiliar nas atividades de uso, manutenção e operação, assim como fornecer informações técnicas à respeito do seu imóvel.

A aplicação proposta trata-se da troca da boia de um vaso de caixa acoplada e um conjunto de informações associadas (garantias, fornecedores e especificações técnicas). Versão Beta.

O aplicativo MAR é fruto da tese de doutorado de Lorena Claudia de Souza Moreira no Programa de Pós Graduação Arquitetura, Tecnologia e Cidade, da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, da UNICAMP, com orientação da Profa. Dra. Regina Coeli Ruschel. Ademais, o MAR está vinculado ao Edital Universal, projeto 455188/2014-9 do CNPq.

Equipe de desenvolvimento:
Lorena Moreira, Regina Ruschel, Gustavo Taufic e Julio Tonoli.

NOVIDADES
Versão beta 1.0v

LAR - Living Augmented Reality
Lorena Moreira Educação
Você não possui dispositivos

Adicionar à Lista de desejos **Instalar**

Com cuidado, abra e retire a tampa da caixa acoplada.

Sejam bem vindos ao LAR. Esta é uma versão do Manual do Proprietário distribuído na edificação por meio da realidade aumentada. O LAR tem como objetivo auxiliar nas atividades de uso, manutenção e operação, assim como fornecer informações técnicas à respeito do seu imóvel.

A aplicação proposta trata-se da troca da boia de um vaso de caixa acoplada e um conjunto de informações associadas (garantias, fornecedores e especificações técnicas). Versão Beta.

O aplicativo LAR é fruto da tese de doutorado de Lorena Claudia de Souza Moreira no Programa de Pós Graduação Arquitetura, Tecnologia e Cidade, da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, da UNICAMP, com orientação da Profa. Dra. Regina Coeli Ruschel. Ademais, o LAR está vinculado ao Edital Universal, projeto 455188/2014-9 do CNPq.

Equipe de desenvolvimento:
Lorena Moreira, Regina Ruschel, Gustavo Taufic e Julio Tonoli.

NOVIDADES
Versão beta 1.0v

Fonte: A Autora

7 AVALIAÇÃO DO ARTEFATO

Conforme descrito na seção 3. Materiais e Métodos, item 3.2 Delineamento da Pesquisa, subitem 3.2.7 do presente trabalho, a fase de avaliação do artefato seguiu o método da pesquisa experimental com a mensuração NASA TLX. Ademais, toda a fase de avaliação com usuários foi cadastrada no sistema da Plataforma Brasil (<http://plataformabrasil.saude.gov.br/login.jsf>) e o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) sob o número 71276417.2.0000.5404. O Parecer Consubstanciado do CEP, os formulários de pesquisa (questionário de caracterização de perfil e questionário de avaliação) e TCLE encontram-se no **Apêndice C** desta tese.

7.1 PESQUISA EXPERIMENTAL

A fase de avaliação do artefato iniciou-se no dia 24 de outubro de 2017 e concluiu-se no dia 9 de novembro de 2017. Esta fase contou com o apoio da loja Leroy Merlin (Figura 64) e da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC (laboratório de pesquisa LAMPA e sala da FEC cedida para realização da avaliação) (Figura 65).

Figura 64 - Fase de Avaliação do Artefato na Loja Leroy Merlin



Fonte: A Autora

Os indivíduos que estavam presente nesses locais foram convidados a participar do experimento e informados que poderiam manusear um manual do proprietário impresso, ou um *tablet*, ou um óculos de Realidade Aumentada.

Figura 65 - Fase de Avaliação do Artefato na FEC – UNICAMP



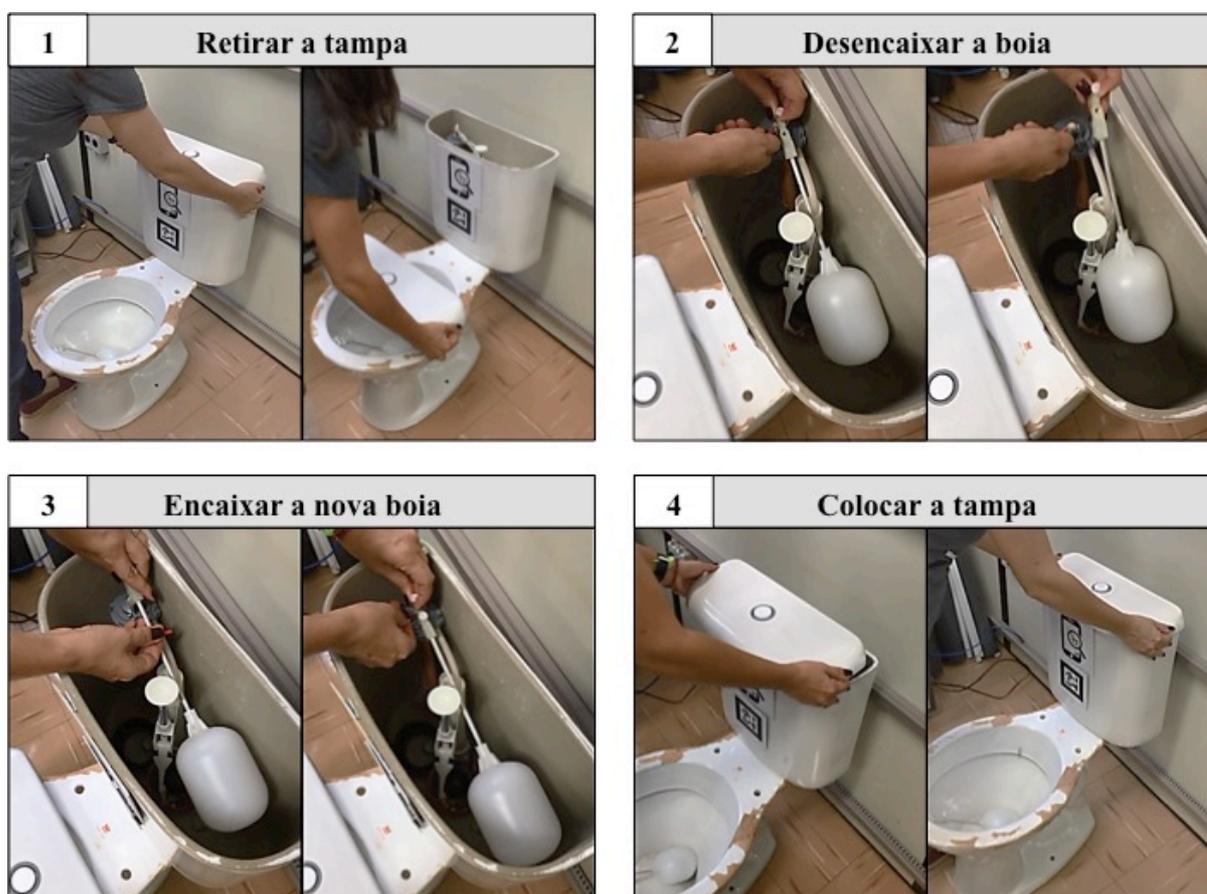
Fonte: A Autora

O experimento abordou uma atividade de manutenção seguindo orientações do manual de uso, operação e manutenção das edificações, ou seja, a troca da boia de um vaso de caixa acoplada e visualização de um conjunto de informações associadas (garantias, fornecedores e especificações técnicas).

As atividades realizadas para avaliação do artefato foram: a assinatura do termo de consentimento de livre participação, o preenchimento de um questionário de caracterização de perfil (idade, gênero, grau de escolaridade, familiarização com a atividade, familiarização com o manual, familiarização com a tecnologia), a visualização das informações de troca da boia por meio de um dos 5 tipos de manual, a execução prática da troca da boia e, finalmente, o preenchimento de um questionário de avaliação (protocolo NASA TLX).

A atividade durou em média de 15 a 20 minutos, incluindo o preenchimento dos questionários. Um cenário hipotético foi criado relatando a necessidade do reparo e troca da boia com indicação do tipo de manual do proprietário que o indivíduo deveria utilizar. Após a leitura / visualização das informações de troca, por meio do manual tradicional ou por meio dos artefatos propostos (aplicativos LAR e MAR), o indivíduo realizou na prática o procedimento de substituição da boia (Figura 66). Cada indivíduo realizou apenas um experimento.

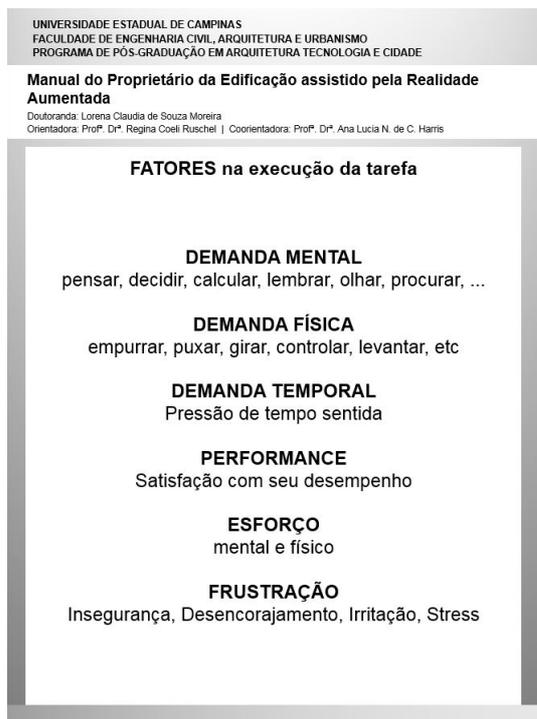
Figura 66 - Etapa prática de substituição da boia



Fonte: A Autora

Houve o acompanhamento presencial do pesquisador durante toda a etapa de avaliação. Para facilitar a compreensão dos fatores descritos no método de mensuração NASA TLX, por parte dos indivíduos, foi elaborado um pôster contendo o resumo explicativo de cada fator: demanda mental, demanda física, demanda temporal, performance, esforço e frustração (Figura 67).

Figura 67 – Pôster Resumo de Fatores – Protocolo NASA TLX



Fonte: A Autora

No total, foram coletados dados de 100 participantes, 20 indivíduos em cada experimento (tipo de manual): [A] manual do proprietário tradicional, [B] Manual do proprietário, em papel, acrescido de RA - aplicativo *Manual Augmented Reality* – MAR (B1 – versão *tablet* e B2 versão *smartglasses*) e [C] Manual do proprietário incorporado ao ambiente com RA - aplicativo *Living Augmented Reality* (C1 – versão *tablet* e C2 versão *smartglasses*). Vale reassertar que todos os indivíduos da amostra conseguiram realizar a tarefa por completo. Após a fase da Pesquisa Experimental os dados foram analisados por meio da **Caracterização da Amostra Total**, da **Análise da Carga de Trabalho e dos Fatores**, da **Análise dos Fatores Considerando a Amostra por Experimento** e da **Análise da Carga de Trabalho considerando Filtros de Percepção**.

7.2 MENSURAÇÃO DA CARGA DE TRABALHO - NASA TLX

Desde o seu surgimento, o método NASA-TLX tem sofrido alterações ao longo do tempo permitindo uma maior flexibilidade. As contínuas modificações e aplicações em novas situações conferem ao método uma modernização constante (HART, 2006). Assim sendo, para a fase da mensuração da carga de trabalho dos experimentos realizados, estão explicitadas as seguintes avaliações: (i) caracterização da amostra total; (ii) análise da carga

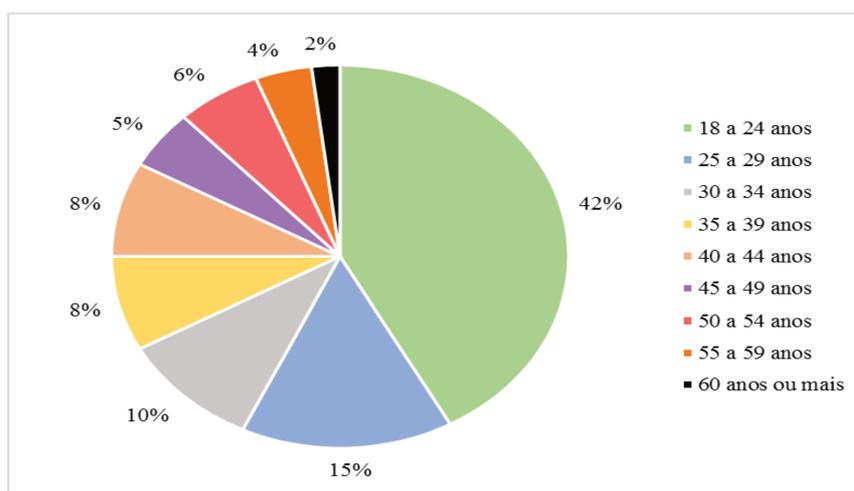
de trabalho e dos fatores; (iii) análise dos fatores considerando a amostra por experimento; e por fim, (iv) a análise da carga de trabalho considerando os filtros de percepção.

7.2.1 Caracterização da Amostra Total (5 experimentos)

A amostra resultante da avaliação do artefato foi de 100 indivíduos. Para a caracterização da amostra adotou-se o questionário – **Identificação de perfil**, que se encontra no **Apêndice C** desta tese.

Considerando o universo de referência sendo a população brasileira - 208.317.492 habitantes²², com tamanho da amostra de 100 indivíduos e confiabilidade de 90%, tem-se uma margem de erro de 8,25% nos resultados²³. A faixa etária da amostra está ilustrada pela Figura 68, e revela que 42% da amostra encontra-se na faixa etária de 18 a 24 anos, 15% dos indivíduos tem entre 25 a 29 anos, 10% tem entre 30 a 34 anos, 8% tem entre 35 a 39 anos e entre 40 a 44 anos. Por sua vez, 5% da amostra tem entre 45 a 49 anos, 6% tem entre 50 a 54 anos, 4% tem entre 55 a 59 anos e, por fim, 2% tem 60 anos ou mais. Apesar de mais da metade da amostra (57%) estar na faixa etária entre 18 a 24 anos e 25 a 29 anos, a amostra analisada atingiu todas as faixas etárias (de 18 a 24 anos até 60 anos ou mais). Ademais, da totalidade da amostra, 42% dos indivíduos são do gênero feminino enquanto que 58% dos indivíduos são do gênero masculino.

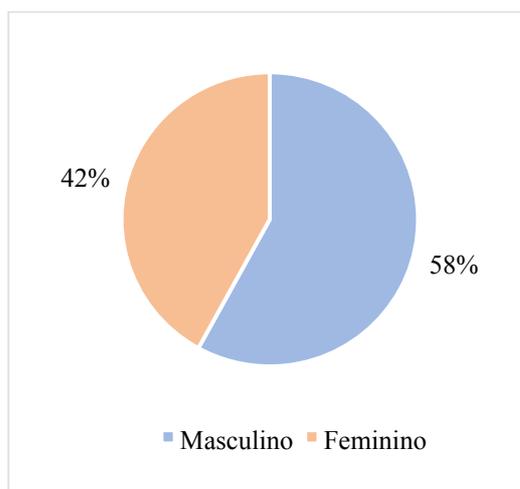
Figura 68 - Perfil da Amostra Total - Faixa etária



Fonte: A Autora

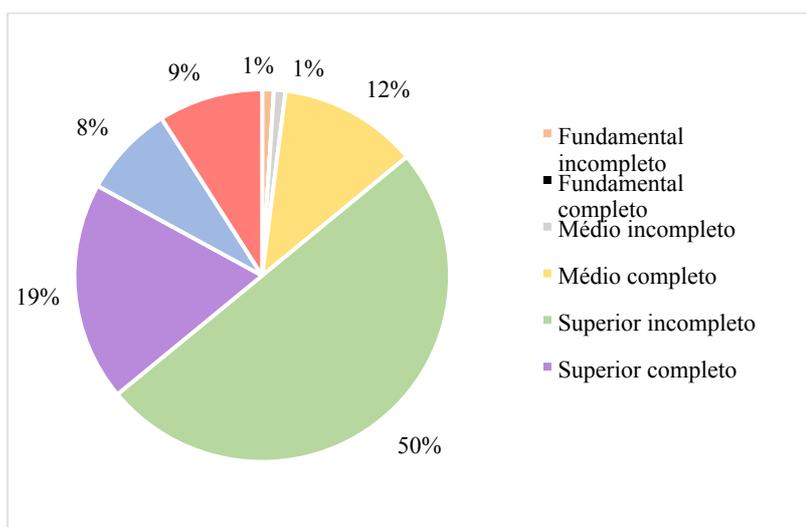
²² Este dado foi extraído do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) - Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação – População do Brasil para 2017. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em: nov. 2017.

²³ Cálculo obtido por meio do acesso a Cálculos de Amostragem. Disponível em: <<http://www.solvis.com.br/calculos-de-amostragem/>>. Acesso em: out. 2017.

Figura 69 - Perfil da Amostra – Gênero

Fonte: A Autora

A análise da escolaridade da amostra revelou que 1% dos indivíduos possuem o nível fundamental incompleto assim como o médio incompleto. Por sua vez, 12% dos indivíduos possuem o nível médio completo. Já o nível superior incompleto atingiu o maior índice da amostra com 50%, enquanto que o nível superior completo alcançou 19% e o nível superior com especialização 8%. Finalmente, o nível superior com pós-graduação atingiu 9% da amostra. Apesar da amostra alcançar a todos os níveis de escolaridade, o nível superior incompleto abarca metade dos participantes.

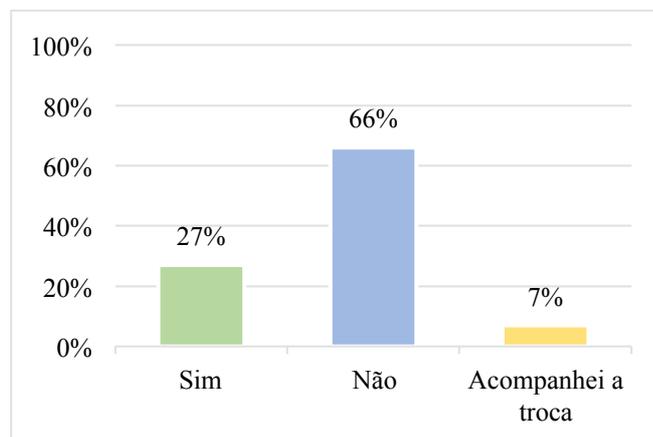
Figura 70 - Perfil da Amostra - Escolaridade

Fonte: A Autora

Ainda no âmbito de caracterização da amostra, os indivíduos responderam se já haviam realizado a troca de uma boia em vaso de caixa acoplada anteriormente. Para esta questão 66% dos indivíduos não haviam realizado tal tarefa, 27% dos indivíduos já tinham

realizado a troca e 7% haviam acompanhado a troca realizada por outra pessoa. Tal dado revela que a maioria dos indivíduos não possuíam familiaridade com a tarefa que foi realizada de substituição da boia.

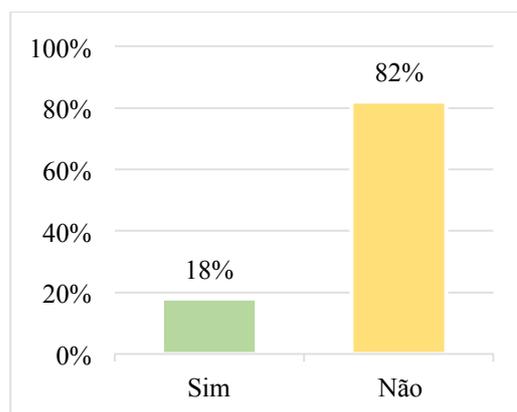
Figura 71 - Perfil da Amostra – Já realizou a troca de uma boia em vaso de caixa acoplada anteriormente?



Fonte: A Autora

Da mesma forma, ao serem questionados se alguma vez haviam consultado o manual do proprietário da edificação, 82% dos indivíduos responderam que não haviam consultado, enquanto que apenas 18% já haviam consultado o manual. Tal dado revela que a grande maioria dos indivíduos não tem familiaridade com o manual do proprietário da edificação.

Figura 72 - Perfil da Amostra – Você alguma vez consultou o manual do proprietário da edificação?

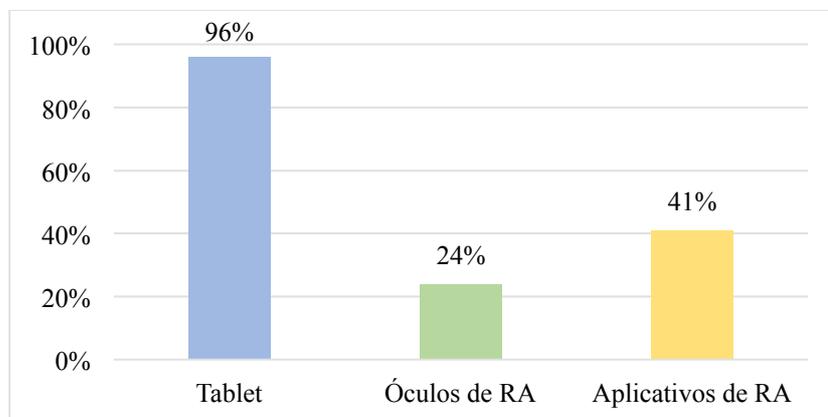


Fonte: A Autora

Por sua vez, ao serem questionados sobre a familiaridade com os dispositivos, 96% dos usuários responderam que possuem familiaridade com *tablet*, enquanto que 41% possuem familiaridade com aplicativos de Realidade Aumentada, e por fim, 24% dos indivíduos possuem familiaridade com óculos de RA. Tal dado revela que a maioria dos participantes

tem conhecimento de apenas um dos dispositivos avaliados, o *tablet*. Verifica-se que o óculos de RA é um dispositivo que os indivíduos ainda não detêm experiência (Figura 73).

Figura 73 - Perfil da Amostra – Tem familiaridade com?



Fonte: A Autora

Em síntese, a maioria da amostra é composta por indivíduos de 18 a 24 anos, do gênero masculino, com a escolaridade no nível superior incompleto e que nunca acompanharam a troca de uma boia de vaso de caixa acoplada. Além disso, não consultam o manual do proprietário, possuem experiência com o dispositivo *tablet*, possuem relativa familiaridade com aplicativos de RA e não possuem domínio dos óculos de RA.

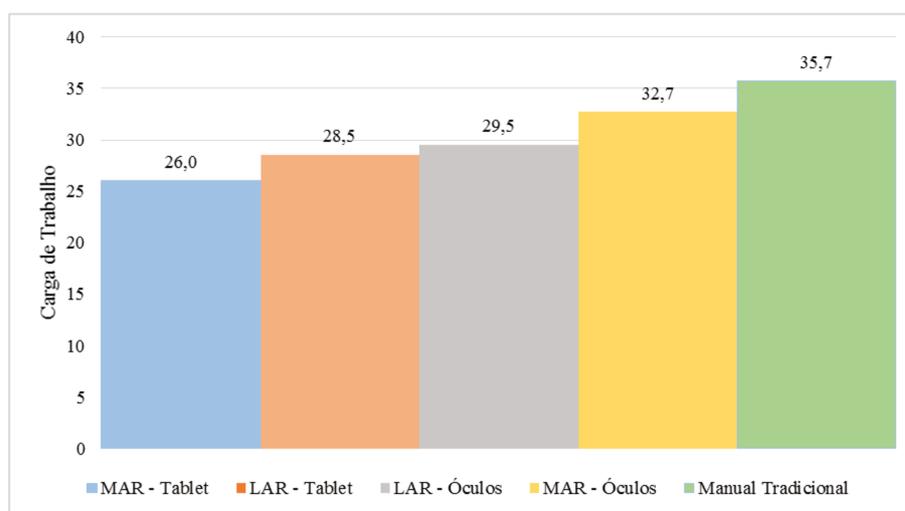
7.2.2 Análise da Carga de Trabalho e dos Fatores (5 experimentos)

Inicialmente, foram consideradas as Cargas de Trabalho (CT) total entre os cinco experimentos (Figura 79). A caracterização dos experimentos está descrita no Quadro 13, apresentado anteriormente no item 6.1 do Capítulo 6. Observa-se que o experimento que alcançou a maior carga de trabalho foi o do manual do proprietário tradicional com 35,7 pontos seguido pelo experimento do manual do proprietário, em papel, acrescido de RA (aplicativo MAR) - versão *smartglasses* - com 32,7 pontos referente a carga de trabalho e o do manual do proprietário, em papel, acrescido de RA (aplicativo MAR) - versão *smartglasses* - com 29,5 pontos. Os experimentos do manual do proprietário incorporado ao ambiente com RA (aplicativo LAR) - versão *tablet* e do manual do proprietário incorporado ao ambiente com RA (aplicativo LAR) - versão *tablet*, alcançaram as cargas de trabalho 28,5 e 26,0, respectivamente.

Estes valores permitem a constatação de que os experimentos que utilizaram os aplicativos LAR e MAR no dispositivo *tablet* obtiveram uma carga de trabalho menor que os experimentos que utilizaram os aplicativos LAR e MAR no dispositivo *smartglasses*.

Verifica-se que ao comparar os dispositivos *tablet* x *smartglasses*, foi apresentada uma melhor atuação dos indivíduos que utilizaram o dispositivo do tipo *tablet*. Isto apresenta-se como um indício que a forma de visualização da RA tem influência sobre o desempenho do usuário ou que a familiarização com o dispositivo de visualização tem influência sobre o desempenho. Pode-se inferir também que na medida em que os óculos de RA for incorporado ao cotidiano das pessoas esta diferença tenda a dissipar.

Figura 74 - Cargas de Trabalho Total



Fonte: A Autora

Por sua vez, os indivíduos que utilizaram o manual do proprietário, em papel, acrescido de RA (aplicativo MAR) e o manual do proprietário incorporado ao ambiente com RA (aplicativo LAR), independentemente do dispositivo manuseado, obtiveram uma carga de trabalho menor que os indivíduos que utilizaram o manual do proprietário tradicional. Isto demonstra uma **melhor performance do manual do proprietário, quando o mesmo é assistido pela tecnologia da Realidade Aumentada.**

Ao comparar os fatores (**demanda mental, demanda física, demanda temporal, performance, esforço e nível de frustração**) de cada experimento, pode-se constatar que a **demanda mental**²⁴ do manual do proprietário, em papel, acrescido de RA (aplicativo MAR) versão *smartglasses*, atingiu o maior índice (175,4 pontos) (Figura 75). Tal análise gera a inferência que a demanda mental alcançou um maior valor neste experimento (aplicativo MAR) pela limitação existente no *smartglasses* utilizado. O *smartglasses* Moverio BT-200

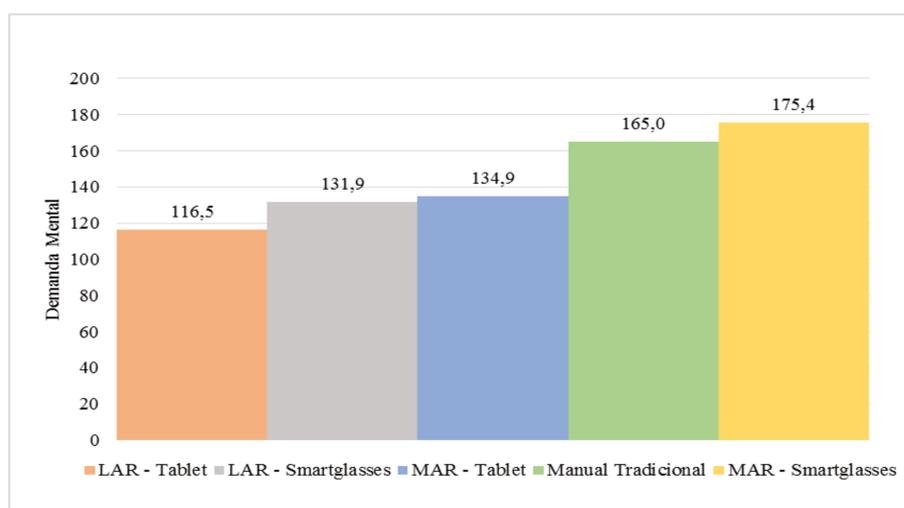
²⁴ No quesito demanda mental o indivíduo pontuou qual a quantidade de atividade mental e de percepção necessária para a realização da tarefa.

não possui uma câmera²⁵ que reproduz uma boa qualidade de imagem e o tamanho reduzido do modelo virtual dificulta a visualização da tarefa da troca da boia²⁶.

Por outro lado, a demanda mental que atingiu o menor valor foi a do grupo do manual do proprietário incorporado ao ambiente com RA (aplicativo LAR) - versão *tablet*. Vislumbra-se que tal grupo atingiu a menor demanda mental, pois a visualização do modelo virtual na escala 1:1 sobreposta ao modelo real, traz uma associação imediata da tarefa que deverá ser realizada pelo usuário, confirmando a influência do tipo de visualização sobre a atuação do indivíduo na tarefa. Ademais, a câmera e a tela do dispositivo *tablet* possui uma boa qualidade. Comparando os 5 fatores observa-se que a demanda mental foi o fator que obteve um maior grau de importância por parte dos usuários.

Ressalta-se que nessa seção (7.2.2) os gráficos dos fatores refletem a classificação ponderada, em que os pesos foram multiplicados pela escala de classificação de cada indivíduo.

Figura 75 - Análise do Fator Demanda Mental



Fonte: A Autora

Com relação a **demanda física**²⁷, observa-se que o manual do proprietário tradicional obteve a melhor e menor pontuação com 46,4, enquanto que o manual do proprietário incorporado ao ambiente com RA (aplicativo LAR) - versão *tablet*, atingiu 77 pontos. Infere-se que o manual tradicional obteve a menor pontuação no quesito demanda física por ser o

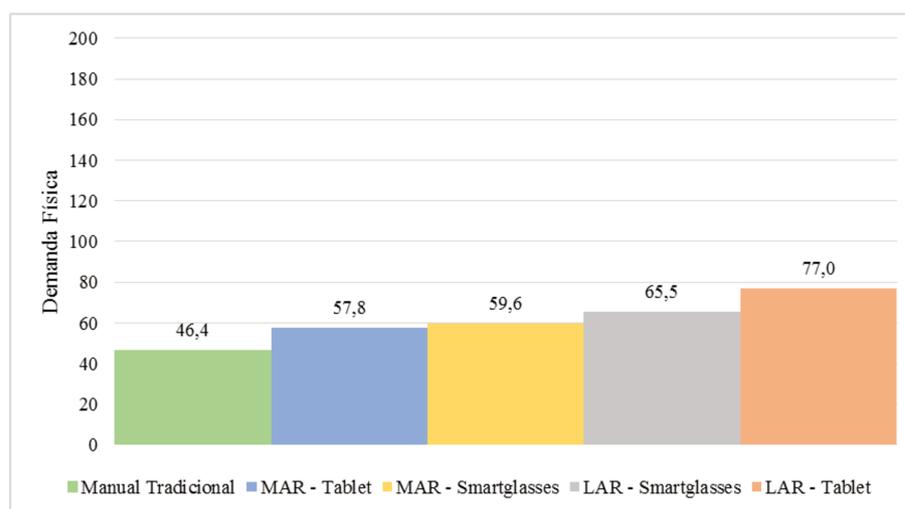
²⁵ O Moverio BT-200 possui uma câmera VGA.

²⁶ Alguns indivíduos solicitaram visualizar novamente a aplicação justificando não ter percebido a forma de encaixe da boia (pino vermelho).

²⁷ No quesito demanda física o indivíduo pontuou qual a quantidade de atividade física necessária para a realização da tarefa.

único grupo em que os usuários não utilizaram/necessitavam de nenhum tipo de dispositivo de visualização. A utilização do *smartglasses* e do *tablet* pode ter influenciado no aumento da pontuação no fator físico, se for considerado pelo usuário o manuseio do dispositivo (Figura 76).

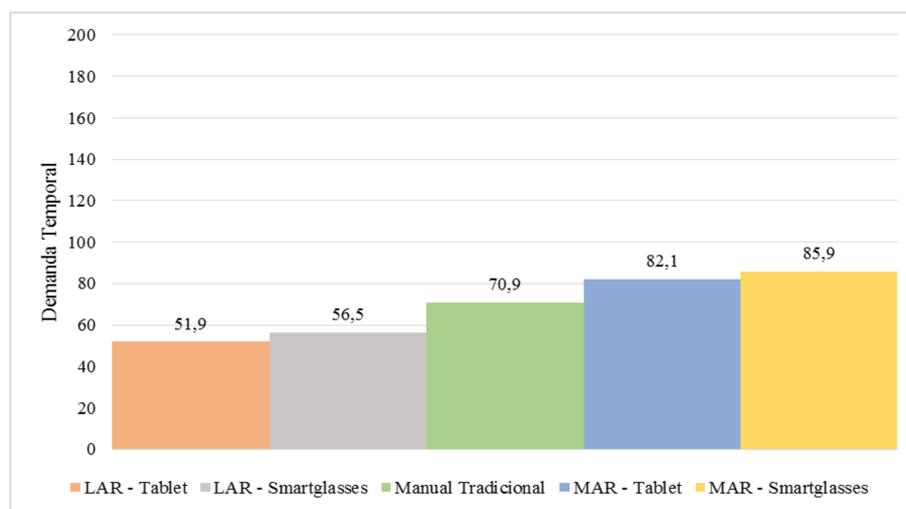
Figura 76 - Análise do Fator Demanda Física



Fonte: A Autora

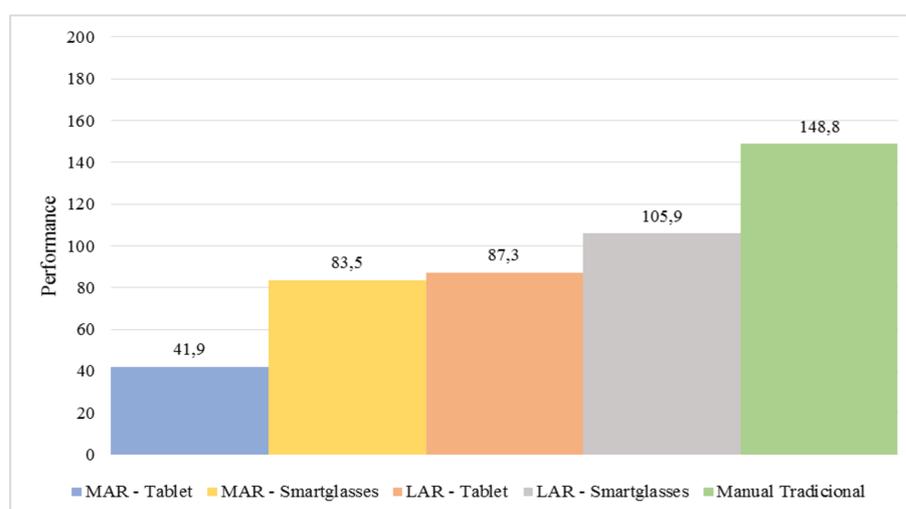
Por sua vez, na análise na **demanda temporal**²⁸, o manual do proprietário incorporado ao ambiente com RA (aplicativo LAR) - versão *tablet*, atingiu o menor índice com 51,9 pontos de carga de trabalho. Isto demonstra uma maior rapidez dos usuários ao visualizar a atividade que será realizada *in loco* (tarefa da troca da boia), por meio do conteúdo virtual sobreposto ao objeto real (característica principal do aplicativo LAR). Já o manual do proprietário, em papel, acrescido de RA (aplicativo MAR) - versão *smartglasses* atingiu a maior demanda temporal (85,9). Pode-se inferir que a visualização do objeto em escala reduzida e fora do local da realização da tarefa interferiu no tempo despendido pelos usuários (Figura 77).

²⁸ No quesito demanda temporal o indivíduo pontuou qual a pressão de tempo sentida para a realização da tarefa.

Figura 77 - Análise do Fator Demanda Temporal

Fonte: A Autora

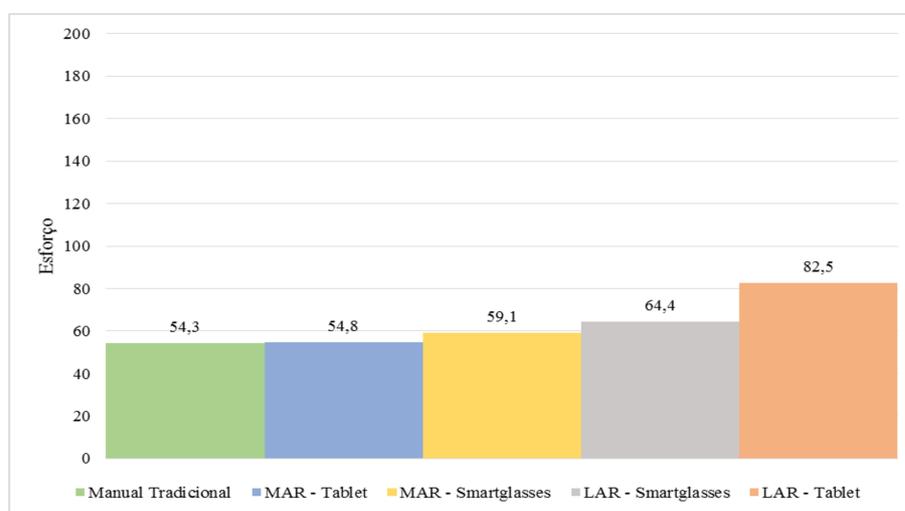
Na análise da **performance**, o indivíduo pontuou qual a sua satisfação ao desempenhar a tarefa. Vale ressaltar que quanto menor a pontuação melhor é a performance e quanto maior a pontuação pior é a performance. Neste quesito o manual do proprietário, em papel, acrescido de RA (aplicativo MAR) - versão *tablet* apresentou a pontuação de 41,9 demonstrando uma melhor atuação. Por sua vez, o manual tradicional atingiu o pior índice de desempenho com 148,8 apresentando uma diferença de mais de 100 pontos do aplicativo MAR – versão *tablet*. O manual do proprietário, em papel, acrescido de RA (aplicativo MAR) - versão *smartglasses* e o manual do proprietário incorporado ao ambiente com RA (aplicativo LAR) - versão *tablet* obtiveram pontuações muito próximas, com 83,5 e 87,3 respectivamente (Figura 78).

Figura 78 - Análise do Fator Performance

Fonte: A Autora

Na análise do fator **esforço**,²⁹ o manual tradicional (54,3), o manual do proprietário, em papel, acrescido de RA (aplicativo MAR) - versão *tablet* (54,8) e *smartglasses* (59,1) e o manual do proprietário incorporado ao ambiente com RA (aplicativo LAR) - versão *smartglasses* (64,4) alcançaram pontuações muito próximas. Já o manual do proprietário incorporado ao ambiente com RA (aplicativo LAR) - versão *tablet* alcançou o maior índice de esforço com 82,5 pontos. Como o manual tradicional não requer o manuseio de dispositivos de visualização, justifica-se o mesmo ter alcançado o menor índice de esforço. Porém, a diferença de pontos para os demais grupos não foi expressiva (Figura 79).

Figura 79 - Análise do Fator Esforço

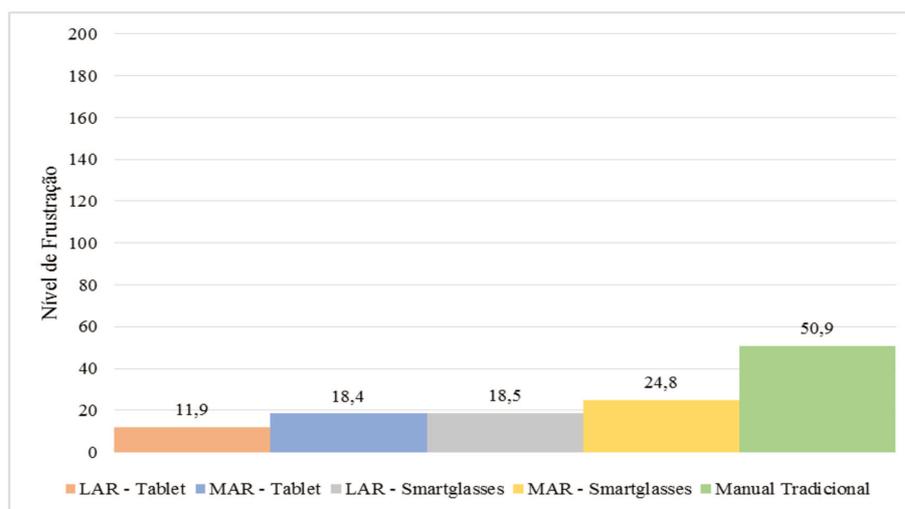


Fonte: A Autora

Na análise do nível de **frustração**,³⁰ o manual tradicional foi o que mais frustrou os indivíduos na realização da tarefa, em contraposição aos indivíduos que utilizaram a tecnologia da RA inserida no manual (Figura 80). Ademais, os grupos que utilizaram a tecnologia da Realidade Aumentada obtiveram uma pontuação significativamente menor do que o grupo que utilizou o manual tradicional. O grupo que utilizou o manual tradicional atingiu o maior índice com 50,9 pontos enquanto que os demais grupos obtiveram índices de frustração abaixo da metade do maior valor.

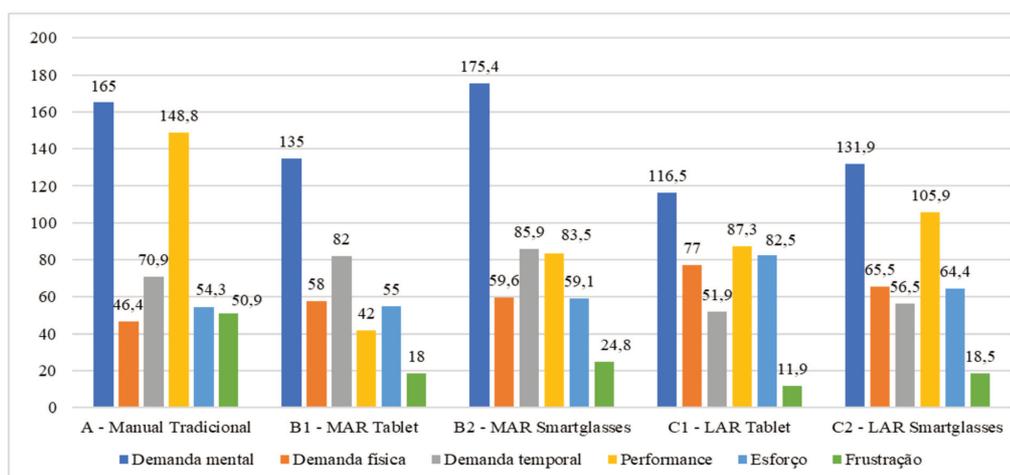
²⁹ No quesito esforço, o indivíduo pontuou sobre o esforço (mental e físico) para atingir o desempenho na realização da tarefa.

³⁰ No quesito nível de frustração, o indivíduo pontuou sobre a sua insegurança / irritação / stress durante a realização da tarefa.

Figura 80 - Análise do Fator Nível de Frustração

Fonte: A Autora

Em suma, na análise da carga de trabalho dos grupos e por fator, considerando a caracterização da amostra apresentada (100 indivíduos), o manual do proprietário em papel acrescido de RA (aplicativo MAR) versão *tablet*, foi a solução que mais se destacou, atingindo o menor índice de carga de trabalho. Entretanto, vale ressaltar que a diferença de pontuação para o segundo e terceiro colocado não é expressiva. Assim, tal análise permite indicar também o potencial do manual do proprietário incorporado ao ambiente com RA. Por sua vez, observa-se que o manual tradicional assumiu o pior rendimento. Para o universo analisado comprova-se que a inserção da Realidade Aumentada no manual do proprietário estimula ganhos quanto a utilização do manual. A Figura 81 apresenta uma síntese dos experimentos agrupados por fator, que pode orientar futuras pesquisas e/ou desenvolvedores que desejam otimizar o desempenho de alguma solução e atuar em cada fator isoladamente.

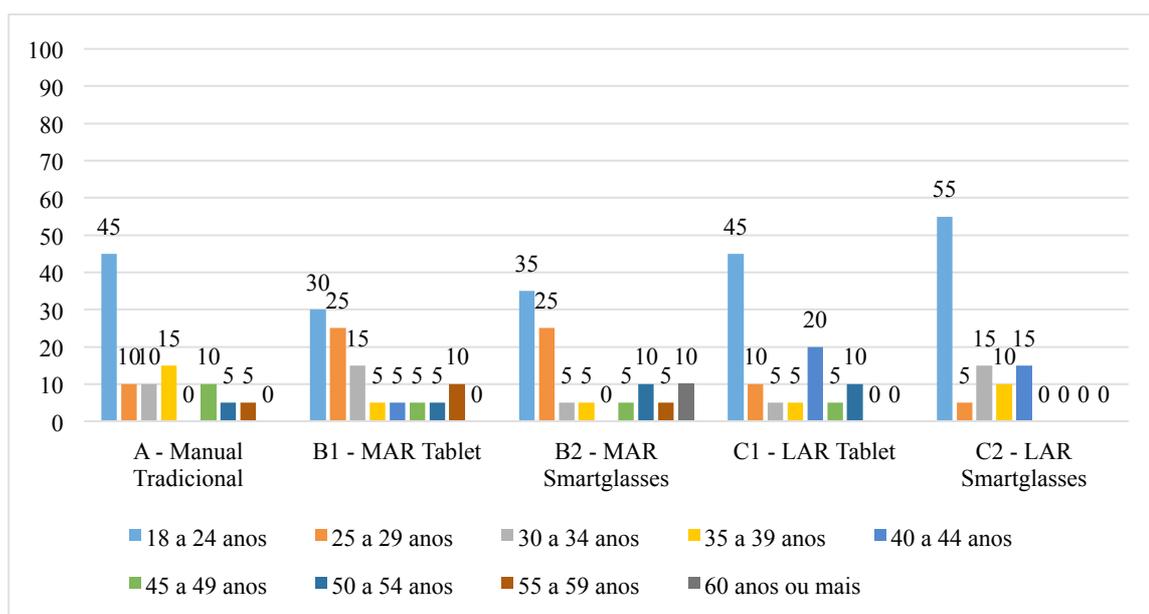
Figura 81 – Síntese dos Experimentos por Fator

Fonte: A Autora

7.2.3 Análise dos Fatores Considerando a Amostra por Experimento

O segundo tipo de análise realizada abrange a amostra de cada experimento. Para a caracterização desta amostra, e considerando o universo de referência sendo a população brasileira - 208.317.492 habitantes, com tamanho da amostra de 20 indivíduos e confiabilidade de 90%, tem-se uma margem de erro de 18,45% nos resultados. A distribuição da faixa etária por experimento não é uniforme, mas em todos os experimentos nota-se a presença de participantes envolvendo as faixas etárias a partir de 18 até 39 anos com destaque para a maioria na faixa etária de 18 a 24 anos. Este dado é positivo, uma vez que, com o aumento da perspectiva de vida dos brasileiros, a opinião deste público é representativa ao longo e médio prazo para os próximos anos. O experimento do Manual do Proprietário, em papel, acrescido de RA - aplicativo MAR (versão *smartglasses*) é o único que possui indivíduos na faixa etária de 60 anos ou mais (Figura 82).

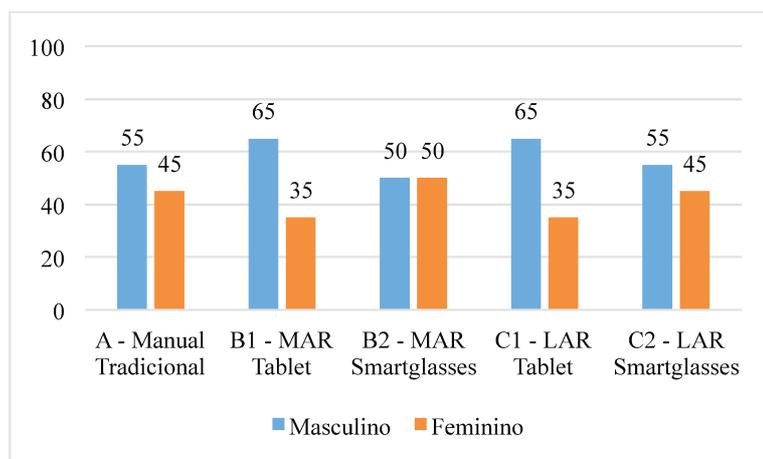
Figura 82 - Perfil da Amostra - Faixa etária



Fonte: A Autora

A distribuição em gênero masculino também se assemelha a amostra total que contém a maioria dos indivíduos do sexo masculino. Apenas o experimento B2 – Manual do proprietário, em papel, acrescido de RA - aplicativo *Manual Augmented Reality* – MAR (versão *smartglasses*) apresenta uma igualdade de gênero nos indivíduos da amostra. Nos demais experimentos existe uma uniformidade com relação à maioria dos indivíduos ser do gênero masculino (Figura 83).

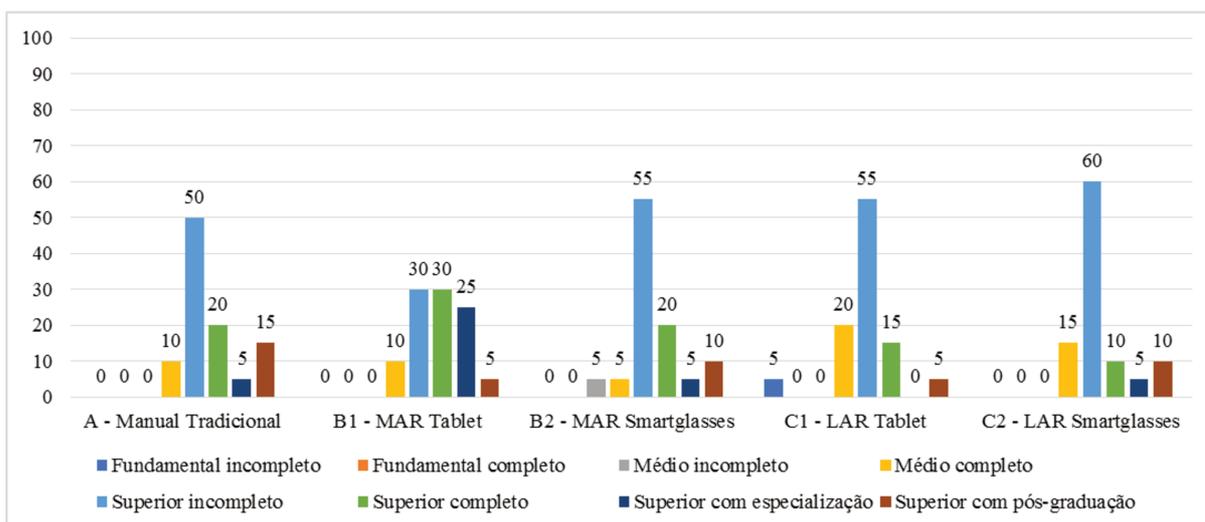
Figura 83 - Perfil da Amostra - Gênero



Fonte: A Autora

Quanto à escolaridade, pode-se afirmar que entre todos os experimentos, foi obtida sempre uma representatividade das seguintes formações: médio completo, superior incompleto, superior completo, e superior com pós graduação. No entanto, o ensino superior incompleto foi o mais representativo com o maior número de indivíduos nesse universo (Figura 84).

Figura 84 - Perfil da Amostra – Escolaridade

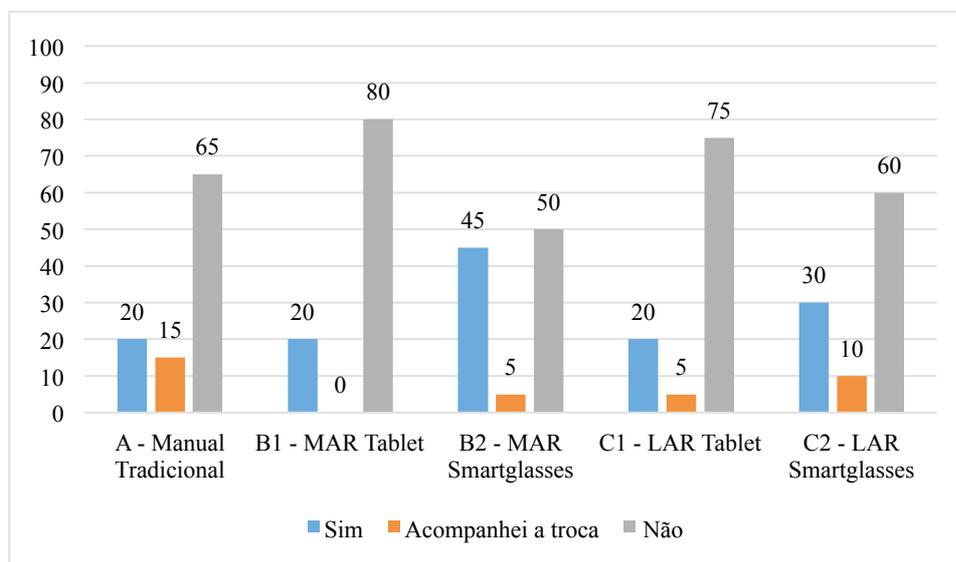


Fonte: A Autora

No âmbito do conhecimento prévio na troca da boia, considerando os 5 experimentos, a maioria dos indivíduos não haviam realizado a tarefa, enquanto que menos da metade já haviam realizado a troca e, poucos haviam acompanhado a troca realizada por outra pessoa (Figura 85). Esta amostra coincide com a amostra total em que a maioria dos indivíduos não tem familiaridade com a tarefa de substituição da boia. Da mesma forma, assemelha-se com a

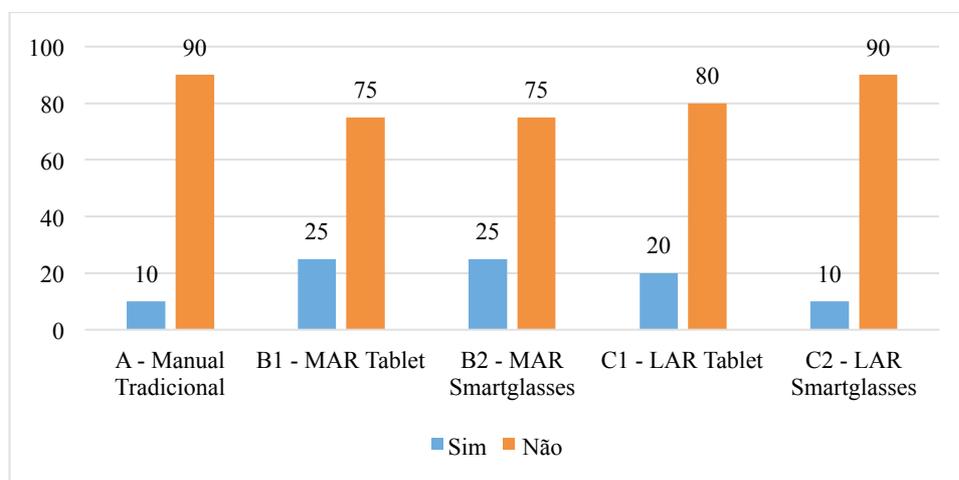
consulta dos manuais do proprietário, em que 75% a 90% não haviam consultado previamente e 10 % a 25% já haviam consultado (Figura 86).

Figura 85 - Perfil da Amostra – Já realizou a troca de uma boia em vaso de caixa acoplada anteriormente?



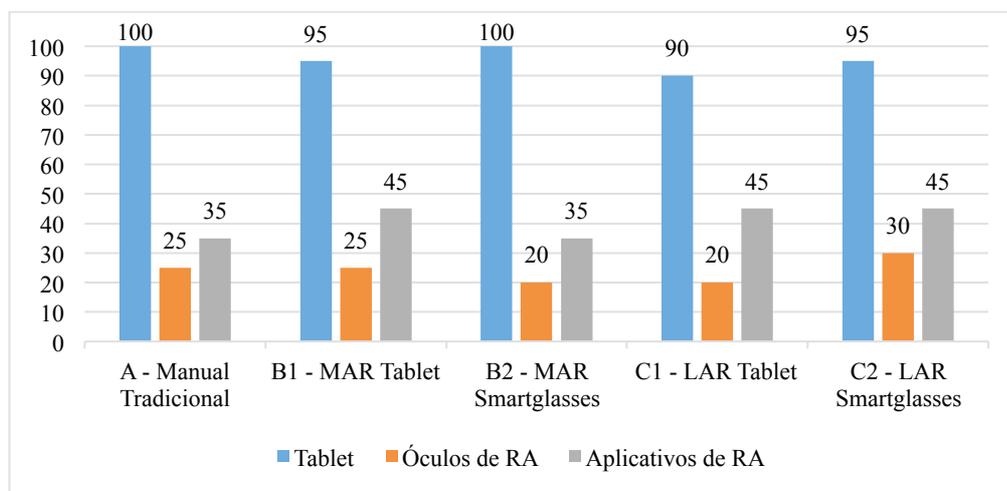
Fonte: A Autora

Figura 86 - Perfil da Amostra – Consulta ao manual do proprietário da edificação



Fonte: A Autora

Na familiaridade com dispositivos, o perfil da amostra dos cinco experimentos é similar ao perfil da amostra total analisada, em que a maioria dos indivíduos possuem experiência com *tablet*, enquanto que quase a metade dos indivíduos possui familiaridade com aplicativos de RA e poucos indivíduos possuem experiência com óculos de RA. Verifica-se uma homogeneidade dos grupos neste âmbito (Figura 87).

Figura 87 - Perfil da Amostra – Familiaridade com Dispositivos

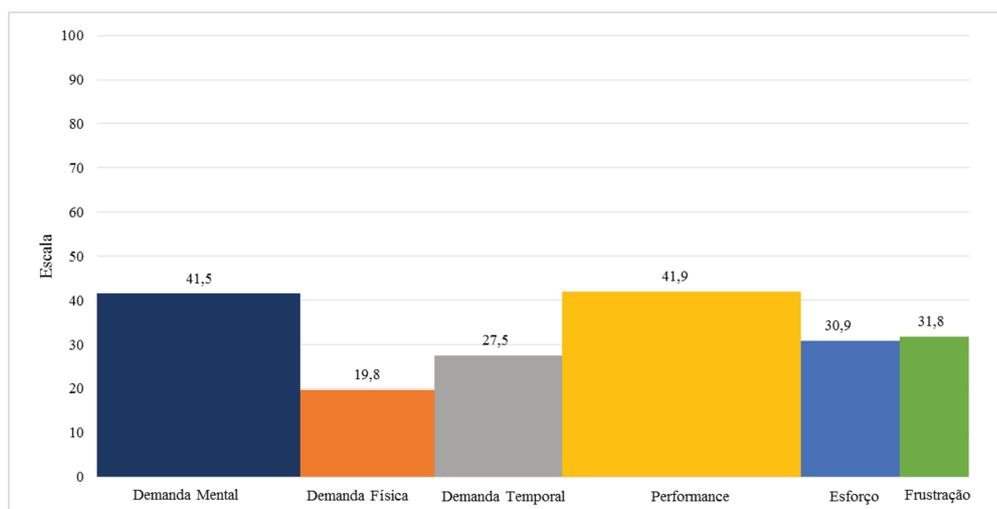
Fonte: A Autora

Manual do proprietário tradicional

Para esta análise, foi considerado o grau de importância (peso) dado pelo indivíduo ao fator avaliado. A largura da coluna reflete o peso dado ao fator, enquanto que a altura da coluna reflete a escala de classificação.

No âmbito do manual do proprietário tradicional, os fatores demanda mental e performance foram os de maior importância (peso) e por sua vez os mais pontuados. Quanto à classificação da performance³¹, uma alta classificação reflete um desempenho ruim na tarefa. Por sua vez, o nível de frustração atingiu a pior colocação do experimento (Figura 88). Verificou-se, no momento do experimento, que pelo fato do indivíduo ter acesso às instruções da tarefa apenas por meio da leitura do texto, várias dúvidas surgiram no quesito desengajamento da boia.

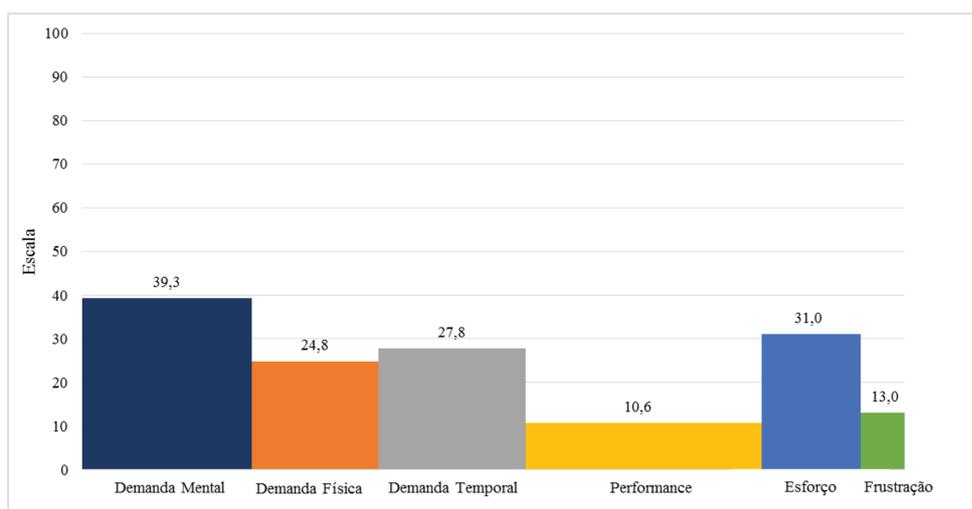
³¹ Ressalta-se que para o fator performance quanto menor a pontuação melhor é o seu desempenho e vice-versa.

Figura 88 - Experimento Manual Tradicional - Fatores

Fonte: A Autora

Manual do proprietário, em papel, acrescido de RA (MAR) - versão *tablet*

No âmbito do manual do proprietário, em papel, acrescido de RA pode-se perceber que o maior peso é dado à performance e a mesma adquiriu a melhor pontuação (10,6). O nível de frustração foi outro fator bem classificado com pontuação mais baixa entre os cinco experimentos (Figura 89).

Figura 89 - Experimento Manual do Proprietário, em papel (MAR *tablet*)

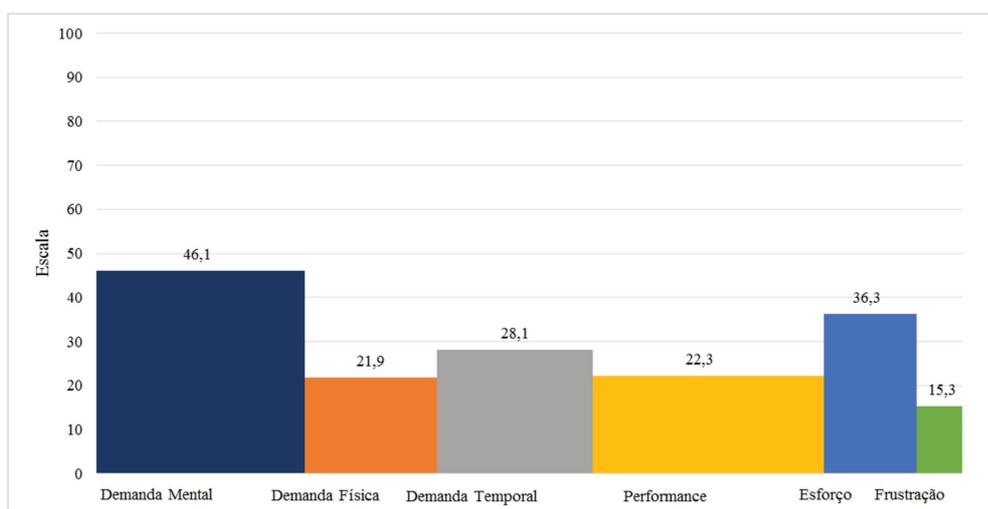
Fonte: A Autora

Manual do proprietário, em papel, acrescido de RA (MAR) - versão *smartglasses*

Com relação ao manual do proprietário em papel, versão *smartglasses*, a demanda mental atingiu a maior classificação entre os fatores. O nível de esforço ocupou o segundo

lugar na pontuação entre os fatores deste experimento e o primeiro lugar com relação ao nível de esforço da totalidade dos experimentos. Observa-se novamente a qualidade da imagem do dispositivo não ser satisfatória e o fato de alguns indivíduos terem solicitado a repetição da etapa de visualização do passo a passo de substituição da boia do experimento (Figura 90).

Figura 90 - Experimento Manual do Proprietário, em papel (MAR óculos)

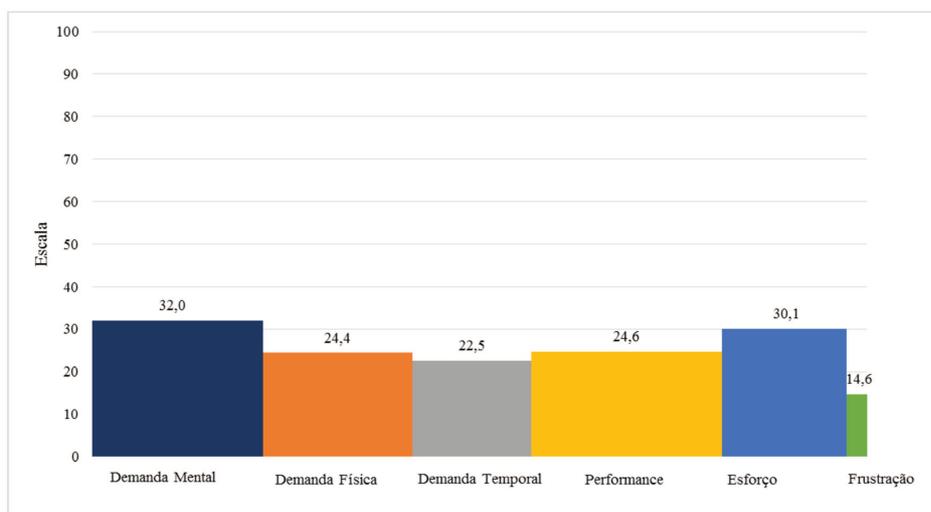


Fonte: A Autora

Manual do proprietário incorporado ao ambiente com RA (LAR) - versão *tablet*

No âmbito do manual do proprietário incorporado ao ambiente, versão *tablet*, houve uma relativa uniformidade entre os fatores. Apenas o fator nível de frustração pontuou um pouco abaixo dos demais fatores deste experimento (Figura 91). Este dado demonstra um equilíbrio na aceitação dos indivíduos para com o LAR, versão *tablet*.

Figura 91 - Experimento manual do proprietário incorporado ao ambiente (LAR *tablet*)

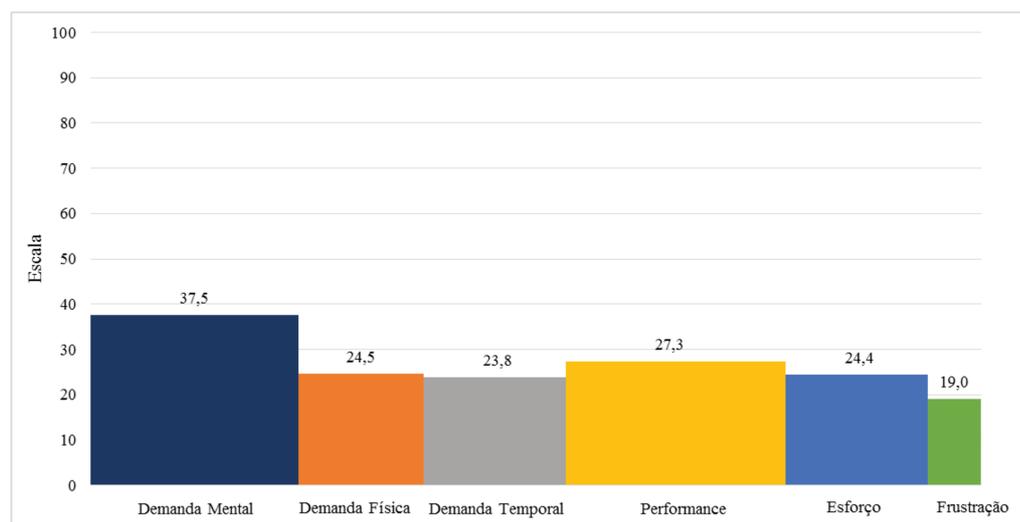


Fonte: A Autora

Manual do Proprietário incorporado ao ambiente com RA (LAR) - versão *smartglasses*

Com relação ao manual do proprietário incorporado ao ambiente, versão *smartglasses*, o fator demanda mental obteve o peso semelhante ao fator performance, porém com uma maior pontuação na classificação. A performance desse experimento não foi bem avaliada, uma vez que, entre os cinco experimentos, foi o segundo pior classificado. O nível de frustração também foi relativamente alto, se comparado com os demais experimentos, e atingiu a segunda pior classificação (Figura 92). No entanto, deve-se considerar a pouca familiaridade dos indivíduos com este dispositivo. Na medida em que os óculos se tornarem mais habitual estas diferenças tendem a diminuir.

Figura 92 - Experimento Manual do Proprietário incorporado ao ambiente (LAR *smartglasses*)



Fonte: A Autora

Na análise dos fatores considerando a amostra por experimento, verifica-se que no âmbito da faixa etária há uma similaridade entre os 5 experimentos, com a participação dos indivíduos na faixa etária entre 18 a 39 anos, do sexo masculino, com maioria no ensino superior incompleto. Da mesma forma, a maioria dos indivíduos não tem familiaridade com a tarefa de substituição da boia e não haviam consultado o manual do proprietário previamente. Por sua vez, a maioria dos indivíduos possuem experiência com o dispositivo *tablet*.

Quanto a análise por fator, o manual do proprietário, em papel, acrescido de RA, versão *tablet*, alcançou as melhores classificações referentes à performance e ao nível de frustração. Por sua vez o manual tradicional alcançou a melhor atuação quanto a demanda física. Já o manual do proprietário incorporado ao ambiente, versão *tablet*, atingiu a melhor classificação quanto a demanda temporal e a demanda mental.

Quanto às piores atuações, o manual tradicional assumiu esta classificação no nível de frustração e na performance. Por sua vez, o manual do proprietário incorporado ao ambiente, versão *tablet* foi o pior na demanda física. Já o manual do proprietário incorporado ao ambiente, versão *smartglasses* atingiu a pior classificação na demanda mental, na demanda temporal e no esforço.

Esta análise aponta onde os esforços de desenvolvimento devem ser empregados para melhorar os desempenhos de cada tipo de solução. Da mesma forma, pesquisas futuras poderão comprovar se estes desempenhos são inerentes à solução, independente da aplicação de Realidade Aumentada desenvolvida.

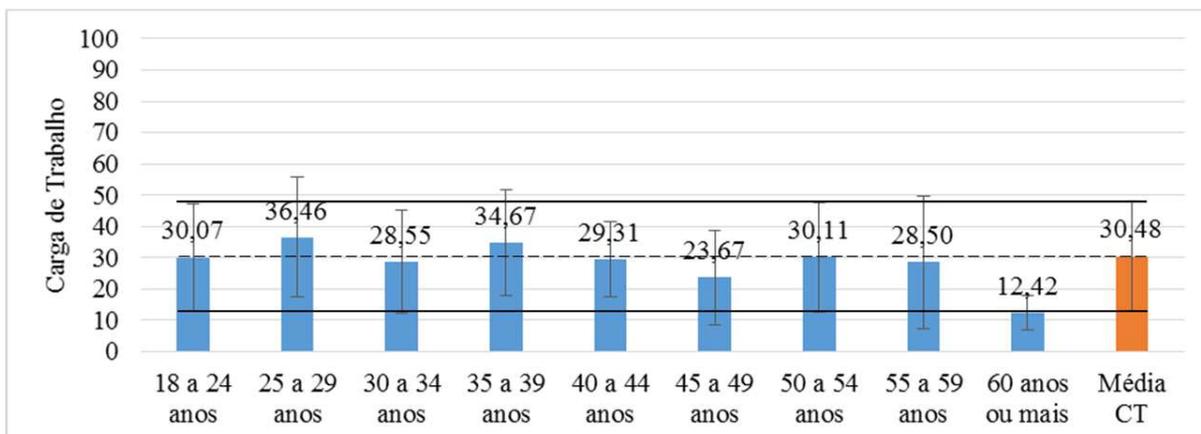
7.2.4 Análise da Carga de Trabalho considerando Filtros de Percepção

O terceiro tipo de análise realizada relaciona a média da carga de trabalho total dos 5 experimentos contendo a amostra de 100 indivíduos. Considerando o universo de referência sendo a população brasileira - 208.317.492 habitantes, com tamanho da amostra de 100 indivíduos e confiabilidade de 90%, tem-se uma margem de erro de 8,25% nos resultados.

No âmbito do filtro da faixa etária, observa-se que existe uma equivalência da média da carga de trabalho dos indivíduos com a média total da carga de trabalho da amostra (30,48) entre os indivíduos com a faixa etária de 18 a 24 anos até indivíduos com a faixa etária de 55 a 59 anos de idade. Por outro lado, para indivíduos na faixa etária de 60 anos ou mais, a média da carga de trabalho (12,42) assume um valor abaixo da metade da média da carga de trabalho total (Média CT - Figura 93³²). Estes dados permitem a constatação que, de uma forma geral, a carga de trabalho por faixa etária nos experimentos se mantém próxima da média total (dentro do desvio padrão), podendo-se inferir que o filtro idade não tem influência sobre a carga de trabalho, exceto para indivíduos da faixa etária 60 anos ou mais.

³² As Figuras da Caracterização da Amostra por Carga de Trabalho apresentam barras horizontais na cor preta que indicam o intervalo do desvio padrão encontrado.

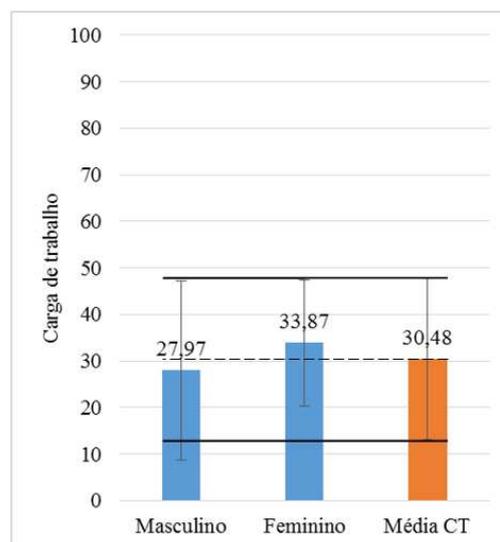
Figura 93 - Média da Carga de trabalho de acordo com filtro de faixa etária



Fonte: A Autora

Quanto ao filtro de gênero, observa-se que as mulheres possuem uma carga de trabalho maior que a média da carga de trabalho total alcançando 33,87 pontos, enquanto que os homens alcançaram 27,97 pontos de média da carga de trabalho. Apesar dos valores estarem próximos, a tarefa da troca da boia nos 5 experimentos analisados apresentou uma facilidade maior para os indivíduos do gênero masculino do que para os indivíduos do gênero feminino (Figura 94).

Figura 94 - Média da Carga de trabalho de acordo com filtro de gênero



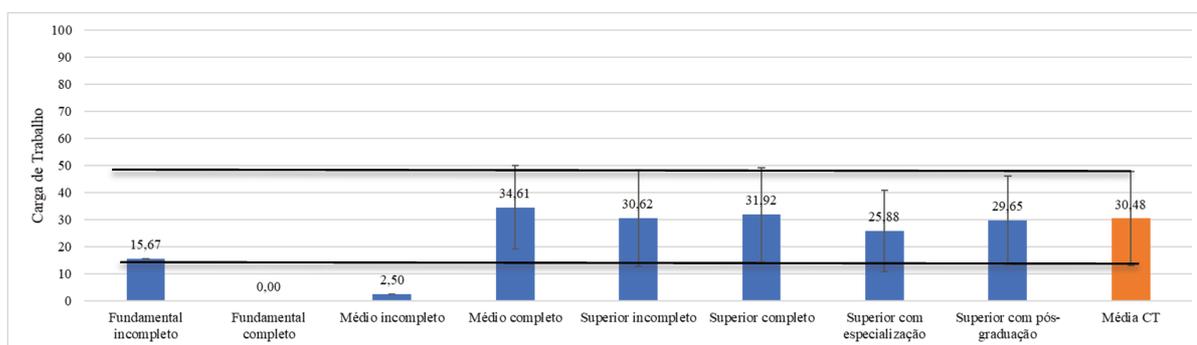
Fonte: A Autora

No âmbito do filtro de escolaridade, os indivíduos do ensino médio completo alcançaram uma média da carga de trabalho (34,61) maior do que a Média CT geral da amostra (30,48). Por sua vez, os indivíduos do ensino médio incompleto (2,50) e do fundamental incompleto (15,67) obtiveram uma média da carga de trabalho menor do que a

Média CT geral da amostra (30,48). Quanto aos demais níveis de escolaridade, os mesmos se mantiveram próximos à Média CT geral (Figura 95).

Dessa forma, tal análise permite inferir que para os indivíduos do ensino médio incompleto e do ensino fundamental incompleto a tarefa apresentou uma facilidade maior que para os demais níveis. Logo, a baixa escolaridade possui uma influência positiva. Entretanto, a representatividade de participantes com este nível de escolaridade não foi uniforme entre experimentos. O nível fundamental completo não foi contemplado no universo da amostra.

Figura 95 - Média da Carga de trabalho de acordo com filtro de escolaridade

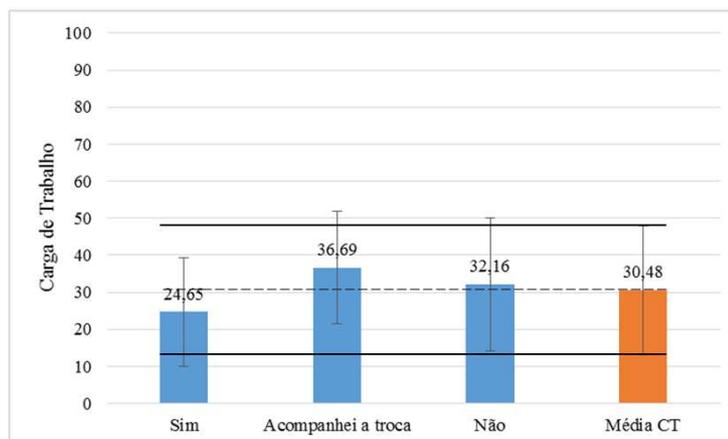


Fonte: A Autora

Quanto ao conhecimento na atividade de troca da boia, observa-se que os indivíduos que possuem o conhecimento prévio nessa atividade apresentam uma carga de trabalho menor (24,65) do que aqueles que nunca tinham realizado a troca de uma boia em vaso de caixa acoplada anteriormente (32,16). Por sua vez, os indivíduos que já haviam acompanhado a troca realizada por outra pessoa pontuaram acima da Média CT (30,48) alcançando 36,69 de carga de trabalho.

Verifica-se que quando o indivíduo já detém um aprendizado prático prévio da atividade a ser realizada, ao executar novamente a tarefa, a mesma torna-se mais simples (24,65) do que para aqueles indivíduos que nunca a haviam realizado (32,16). Por sua vez, para os indivíduos que acompanharam a troca realizada por outra pessoa não houve influência positiva na realização da tarefa (36,69). Logo, o conhecimento prático na atividade apresenta uma influência positiva na carga de trabalho (Figura 96).

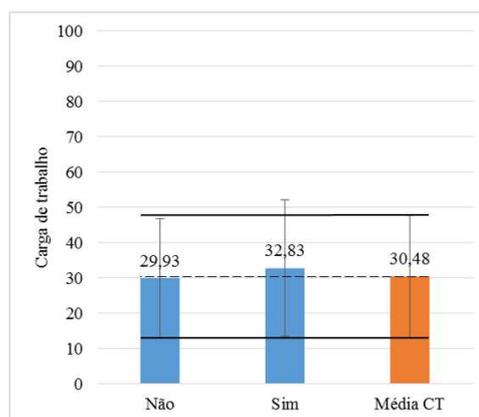
Figura 96 - Média da Carga de trabalho de acordo com filtro de conhecimento na troca da boia



Fonte: A Autora

Com relação a consulta ao manual do proprietário (MP) e sua relação com a Média CT, verifica-se que aqueles indivíduos que nunca consultaram o MP alcançaram uma carga de trabalho (29,93) menor do que aqueles que já haviam consultado o manual anteriormente (32,83). Em suma, observa-se que os valores são muito próximos da Média CT (30,48) e a consulta prévia ao manual do proprietário não tem influência na atuação da realização da tarefa (Figura 97).

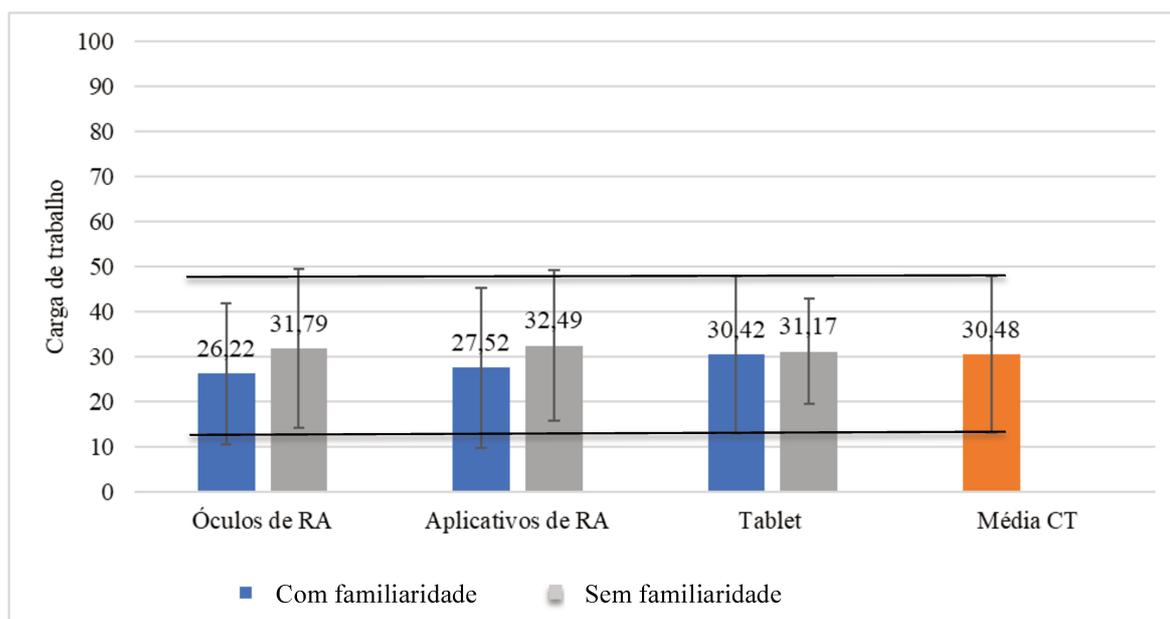
Figura 97 - Média da Carga de trabalho de acordo com a consulta do manual do proprietário



Fonte: A Autora

No âmbito da familiaridade com os dispositivos, verifica-se que os indivíduos que possuem experiência com óculos de RA (26,22) e com aplicativos de RA (27,52) obtiveram uma carga de trabalho menor do que os indivíduos que possuem familiaridade com *tablet* (30,42). Observa-se que apesar dos valores estarem muito próximos da Média CT (30,48), a familiaridade com a tecnologia interfere favoravelmente na diminuição da carga de trabalho dos indivíduos. Aqueles que utilizam óculos de RA e aplicativos de RA tem uma carga de trabalho menor do que aqueles que utilizam o *tablet* (Figura 98).

Figura 98 - Média da Carga de trabalho de acordo com filtro de familiaridade com dispositivos



Fonte: A Autora

A partir da análise apresentada observa-se que, de uma forma geral, a faixa etária se mantém uniforme e próxima da média da carga de trabalho dos experimentos. Por sua vez, a tarefa apresentou uma facilidade um pouco maior para os indivíduos do gênero masculino do que para os do gênero feminino, assim como para indivíduos do ensino médio e fundamental incompleto, demonstrando uma influência positiva quanto a carga de trabalho. Ademais, o conhecimento prático prévio na tarefa da troca da boia e a familiaridade com a tecnologia da RA interfere favoravelmente na diminuição da carga de trabalho. Entretanto, a consulta prévia ao manual do proprietário não influencia na atuação da realização da tarefa.

Considerando as três formas de análise na fase de avaliação do artefato, por meio da mensuração da carga de trabalho apresentadas nessa seção (7.2), conclui-se que o artefato proposto atendeu aos requisitos desejados para a sua aplicação.

Na **análise da carga de trabalho e dos fatores**, o manual do proprietário em papel acrescido de RA versão *tablet*, foi a solução que mais se destacou. Entretanto, vale ressaltar que a análise também permite indicar o potencial do manual do proprietário incorporado ao ambiente com RA. Por sua vez, observa-se que o manual tradicional assumiu o pior rendimento. Para o universo analisado, comprova-se que a inserção da Realidade Aumentada no manual do proprietário estimula ganhos quanto a utilização do manual.

Quanto a **análise dos fatores considerando a amostra por experimento**, o manual do proprietário, em papel, acrescido de RA, versão *tablet*, alcançou as melhores classificações

quanto a performance e ao nível de frustração. Já o manual tradicional alcançou a melhor atuação quanto a demanda física e o manual do proprietário incorporado ao ambiente, versão *tablet*, atingiu a melhor classificação na demanda temporal e a demanda mental. Quanto às piores atuações, o manual tradicional assumiu esta classificação no nível de frustração e na performance e o manual do proprietário incorporado ao ambiente, versão *tablet* foi o pior na demanda física. Já o manual do proprietário incorporado ao ambiente, versão *smartglasses* atingiu a pior classificação na demanda mental, na demanda temporal e no esforço. Esta forma de análise aponta em que fatores os esforços de desenvolvimento, por parte dos agentes envolvidos, devem ser empregados afim de potencializar os desempenhos para cada solução.

No âmbito da **análise da carga de trabalho considerando os filtros de percepção**, a faixa etária se mantém uniforme e a tarefa apresentou uma facilidade maior para os indivíduos do gênero masculino, assim como para indivíduos do ensino médio e fundamental incompleto. Por sua vez, a prática anterior na tarefa da troca da boia e a familiaridade com a tecnologia da RA é assertiva na diminuição da carga de trabalho. Entretanto, a consulta prévia ao manual do proprietário não interfere na atuação da realização da tarefa.

Vale ressaltar que inserções dessa tecnologia podem ser realizadas em outros itens do manual do proprietário juntamente com as etapas de avaliação. A análise apresentada indica uma potencial estruturação de esforços por parte das construtoras que queiram otimizar o seu manual. Os gráficos explicitam os fatores de influência da carga de trabalho para cada tipo de implementação e apontam onde os empenhos devem ser investidos. No âmbito dos dispositivos analisados, entre *tablet* e *smartglasses*, o *tablet* assumiu uma melhor atuação. Entretanto, os valores muito próximos da carga de trabalho, também indicam um grande potencial do manual inserido no ambiente, apontando um direcionamento para a indústria 4.0 da conectividade e internet das coisas. Está afirmação é reforçada por Bock (2015) que revela que já se pode observar que a tecnologia de automação da construção já está se fundindo com o ambiente construído, tornando-se parte de edifícios, componentes e mobiliário.

Em suma, comprova-se que a inserção da tecnologia da RA, independente do formato (distribuído no ambiente ou manual impresso) ou dispositivo empregado (*tablet* ou *smartglasses*) atua favoravelmente integrado ao manual do proprietário.

8 APRENDIZAGENS E GENERALIZAÇÃO

Nessa seção serão apresentadas as aprendizagens adquiridas e a generalização para uma classe de problemas. No âmbito das aprendizagens destacam-se os pontos de sucesso e insucesso do artefato proposto.

8.1 Explicitação das Aprendizagens

Quanto aos pontos favoráveis, destaca-se a potencialidade do uso da Realidade Aumentada para a atividade específica de operação e manutenção de equipamentos sendo a tarefa proposta, de substituição da boia, bem avaliada pelos usuários da habitação. Esta atividade pode ser expandida para outras seções do manual do proprietário, assim como, para demandas inerentes à construção civil. A Realidade Aumentada comprova-se como uma tecnologia aliada das áreas de operação e manutenção da edificação integrada ao *facilities management*.

Ademais, espera-se o mesmo tipo de desempenho para a inserção da RA em situações similares de substituição de equipamentos, agregando informação e diminuindo a carga de trabalho dispendida na tarefa. Na situação corrente, em que os indivíduos possuem grande familiaridade com dispositivos do tipo *tablet*, comprova-se o seu uso como o mais adequado para esta forma de aplicação.

O conhecimento prévio com a tarefa da troca da boia e/ou com o manual do proprietário da edificação não interferiram no uso do manual assistido pela Realidade Aumentada, comprovando o benefício da inserção dessa tecnologia. Seja por meio do dispositivo *tablet*, seja por meio do dispositivo *smartglasses* foi verificada uma melhor atuação se comparado com o manual tradicional, em papel.

O uso de uma **ferramenta BIM** contribuiu favoravelmente na otimização do artefato proposto. O *software* utilizado possui uma biblioteca de objetos da construção civil, auxiliando na diminuição do tempo dispendido na modelagem. Apesar da informação não geométrica não ser exportada para outras ferramentas durante o processo, o uso de objetos previamente criados pelas ferramentas BIM auxilia na fase da modelagem. A informação agregada ao objeto, em alguns tipos de aplicações, também poderá ser absorvida em paralelo, e ser integrada a visualização em RA.

No âmbito das lições aprendidas no contexto geral da **tecnologia**, ressalta-se a constante atualização de *software* e sistemas operacionais dificultando assim a compatibilidade entre os mesmos. Para o artefato proposto foram utilizadas diversas ferramentas e ao migrar de um sistema para o outro houve perda de atributos e a necessidade de recomposição do elemento/atributo perdido. Da mesma forma, durante a pesquisa, iniciou-se uma capacitação em ferramenta de RA que foi descontinuada pelo fabricante.

Do mesmo modo, a limitação dos dispositivos é outro fator de desvantagem. Especificamente no que diz respeito aos óculos para Realidade Aumentada, a tecnologia ainda se encontra em expansão. No quesito *hardware*, as câmeras de alguns modelos de óculos requerem melhorias quanto a qualidade da imagem. No quesito *software*, existem limitações de sistemas operacionais e compartilhamento de informações deficitário entre alguns sistemas. Ademais, foi verificada pouca familiaridade com este tipo de equipamento por parte dos usuários. Entretanto, o uso dos óculos também é considerado um dispositivo adequado para assistir o manual do proprietário e com o seu constante crescimento tecnológico neste setor, tende a ser um equipamento habitual inserido no cotidiano das pessoas.

A escala de visualização é outro fator que deve ser considerado no desenvolvimento de uma aplicação. Deve ser planejado quando será necessário a sobreposição do objeto virtual ao objeto real na escala 1:1, ou quando será necessária a visualização em escala menor ou maior que o tamanho natural. A escolha da escala também deve ser associada ao dispositivo de visualização utilizado e a qualidade da imagem da câmera do mesmo.

Por sua vez, o fator custo deve ser pontuado. Tanto a plataforma do sistema iOS (empresa Apple) quanto a plataforma do sistema Android (empresa Google), em que o artefato foi disponibilizado, são plataformas privadas e requerem um custo anual de manutenção e disponibilização dos aplicativos desenvolvidos nesses sistemas.

Com relação a **edificação**, as atualizações nos componentes hidráulicos e outros equipamentos são fatores que devem ser considerados. Se os componentes estiverem no escopo da modelagem e os mesmos forem descontinuados ou modificados demandarão uma atualização que influenciará nas demais fases do processo. Por sua vez, a atualização de normas e leis que regem a edificação também poderá interferir no conteúdo do manual do proprietário acarretando uma necessidade de alteração.

Quanto aos agentes responsáveis, encontram-se as construtoras, as incorporadoras, os proprietários de edificações, os gerentes de *facilities*, os síndicos, os gestores de edifícios e até

mesmo os prestadores de serviço que poderão usufruir de um manual do proprietário mais assertivo assistido pela tecnologia de RA. Com relação ao custo do investimento, em um primeiro momento, está associado aos construtores e incorporadores que terão que arcar com esse custo de elaboração do manual assistido por RA na fase da entrega do empreendimento. Entretanto, em um segundo momento esse retorno virá com a diminuição dos gastos despendidos na fase de garantia dos equipamentos, quando os usuários da edificação fizerem um bom uso do manual atendendo as instruções de manutenção preventiva apresentadas em RA. E por sua vez, em um terceiro momento quando os prazos de garantia já tiverem concluídos e a responsabilidade da manutenção for exclusiva dos proprietários, os mesmos ao fazerem um bom uso do MP terão seus gastos reduzidos.

No âmbito da atuação mensurada pela carga de trabalho, a ordenação dos desempenhos indica uma potencial estruturação de esforços, por parte dos agentes envolvidos, para otimizar o objetivo do manual do proprietário de informar e orientar os proprietários com relação as atividades de manutenção e de uso da edificação. Com a RA assistindo o manual impresso e visualizado no dispositivo *tablet*, obtém-se um menor esforço de implantação, uma vez que a inserção de marcadores em um manual existente é uma tarefa relativamente simples. O segundo passo é implementar o manual em RA distribuída no ambiente, em que o manual atuará pulverizado na edificação por meio de marcadores, reconhecimento de objetos ou sensores. O uso da RA distribuída por meio de sensores alinha-se com a indústria 4.0, especificamente à Internet das Coisas (IoT), em que os equipamentos estão interconectados permitindo a coleta e troca de dados.

Conforme explicitado na seção 4.3 RSL, foram selecionados estudos convergentes com a presente pesquisa. Avaliando-se a contribuição deste trabalho perante estes estudos e objetivando o avanço do conhecimento, verifica-se que quanto ao tipo de rastreamento houve **similaridades** com o estudo de Lee e Akin (2011) por utilizar a técnica com o uso de marcadores e com os estudos de Olbrich et al. (2013) e Irizarry et al. (2013) por utilizar uma ferramenta BIM para criação do modelo geométrico.

Quanto à tarefa de substituição / montagem de equipamento abarcada nesta tese houve um **aprimoramento** com relação ao estudo de Hou, Wang e Truijens (2015) que discorre sobre uma atividade de montagem de tubulações juntamente com a análise de desempenho de usuários. A presente pesquisa realizou experimentos direcionados ao público original de usuários da habitação divergindo do público geral composto por um grupo de estudantes de graduação do estudo supracitado. Por fim, a RA apresentada no estudo de Hou, Wang e

Truijens (2015) foi por meio de projetor, sem avaliar o uso de *tablets* ou *smartglasses*. Ademais, também houve um aprimoramento se comparado à pesquisa de Hou et al. que avalia uma atividade de montagem de objetos (Lego) com e sem o uso da RA. A pesquisa supracitada tem como usuários um grupo de estudantes e também apresenta a RA por meio de projeção. Quanto ao estudo de Lee e Akin (2011) em que foi destacado a categoria de informação do equipamento, o presente estudo não avançou neste sentido.

No âmbito dos aspectos **inovadores** da presente pesquisa destaca-se a qualificação dos dispositivos óculos de RA e *tablet* e sua análise por fatores; a comprovação da otimização do MP com a inserção da RA e a proposição de formas de incorporação da RA juntamente com a identificação de pontos de inclusão nos itens do MP. E, por fim, a análise por meio de filtros de percepção em que foi verificada que a familiaridade com o equipamento interfere na realização da tarefa.

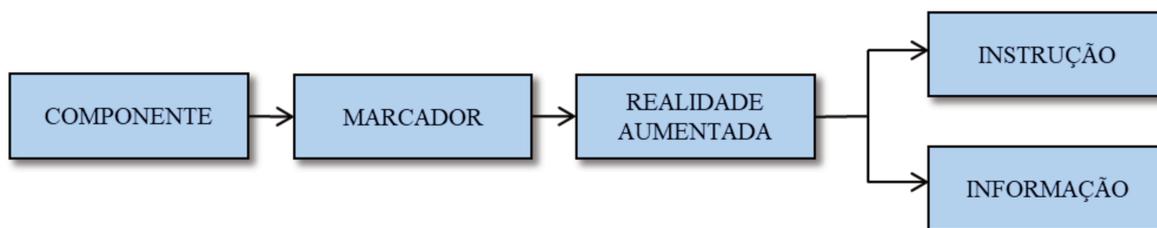
8.2 Generalização para uma Classe de Problemas

No âmbito da classe de problemas em que o artefato proposto se enquadra, apresentam-se, de uma forma geral, as áreas de Engenharia, Construção e Operação. Partindo para uma classificação mais detalhada, observa-se que as classes de montagem, manutenção e instrução são fortemente recomendadas para implantação de aplicações em RA nestas áreas.

Inserido neste contexto, os artefatos criados nesta tese, oriundos do método da *Design Science Research*, apresentam-se como constructo, modelo, método e instanciação. Pode-se estabelecer como constructo que a Realidade Aumentada associada a uma tarefa de instrução, inserida no manual do proprietário da edificação, atua como um facilitador do manual do proprietário quanto ao seu uso.

Quanto ao modelo do artefato proposto, é apresentado pelo componente com inserção da Realidade Aumentada, por meio de marcadores, nas tarefas de instrução e visualização da informação (Figura 99). Dessa forma, o modelo pode ser expandido para outras tarefas da edificação que contemplem o mesmo tipo de atividade.

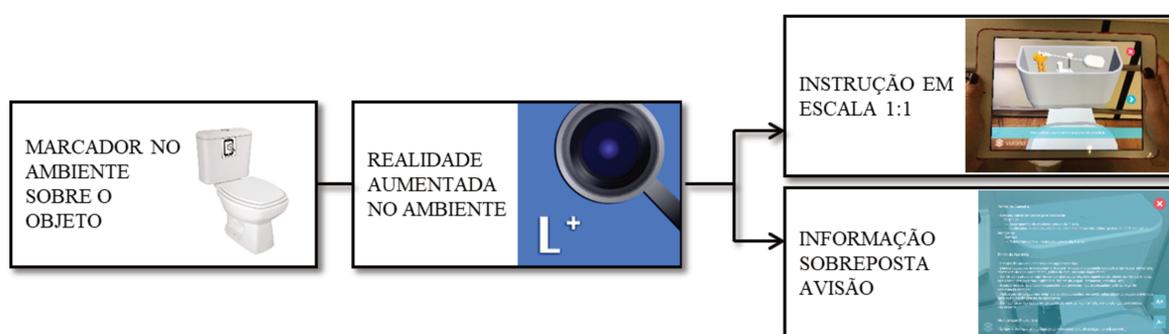
Figura 99 – Modelo Geral Proposto por atividade



Fonte: A Autora

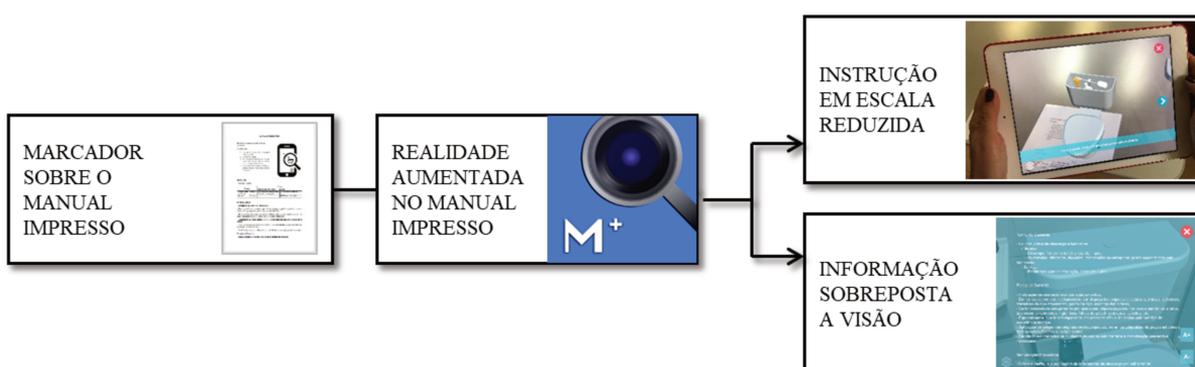
Logo, alcançando uma configuração mais específica, apresenta-se o modelo da substituição de um componente hidrossanitário, em escala 1:1 ou escala reduzida, por meio da Realidade Aumentada (Figura 100 e Figura 101).

Figura 100 – Modelo de inserção da RA aplicado à instanciação LAR



Fonte: A Autora

Figura 101 – Modelo de Inserção da RA aplicado à instanciação MAR



Fonte: A Autora

Os aplicativos desenvolvidos *Manual Augmented Reality* e o *Living Augmented Reality* abarcam a categoria de instanciação. As instanciações mencionadas abarcam a operacionalização do artefato visando resolver o problema de pesquisa e demonstrar a viabilidade e a eficácia da solução proposta.

Ademais, o formato do manual do proprietário praticado pela maioria das construtoras pesquisadas na amostra, apresenta a informação agregada por componente favorecendo a inserção da Realidade Aumentada. Dessa forma, o mercado está apto a receber esse novo formato de manual assistido pela RA, sem demandar mudanças substanciais no documento existente.

Inserido nesse contexto, a Figura 102 apresenta a identificação de possíveis pontos de incorporação da RA atuando como facilitadora na estrutura do manual do proprietário praticado pelas construtoras/incorporadoras. Os itens que estão com o símbolo da lupa na cor azul significam que a inserção da RA poderá ser atrelada a um objeto virtual e terá uma influência positiva maior que o símbolo da lupa na cor cinza que significa que a inserção da RA será por meio de informações textuais, sem a necessidade de incorporar objetos virtuais. Sempre que o componente demandar uma tarefa de instrução já está comprovado o benefício na realização daquela tarefa por meio da inserção da tecnologia da Realidade Aumentada. Logo, as instruções de operação e manutenção de cada componente estará associada a sua visualização correspondente em RA.

Figura 102 – Inserção da RA no Manual do Proprietário

1	Apresentação Índice, Introdução, Definições																
2	 Memorial Descritivo Descrição da edificação																
3	<table border="0"> <tr> <td> Sistemas hidrossanitários Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção</td> <td> Vedações Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção</td> </tr> <tr> <td> Sistemas eletroeletrônicos Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção</td> <td> Revestimentos internos e externos Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção</td> </tr> <tr> <td> Sistema de proteção contra descargas atmosféricas Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção</td> <td> Pisos Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção</td> </tr> <tr> <td> Sistemas de ar condicionado, ventilação e calefação Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção</td> <td> Coberturas Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção</td> </tr> <tr> <td> Sistemas de automação Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção</td> <td> Jardins, paisagismo e áreas de lazer Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção</td> </tr> <tr> <td> Sistemas de comunicação Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção</td> <td> Esquadrias e vidros Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção</td> </tr> <tr> <td> Sistemas de incêndio Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção</td> <td> Pedidos de ligações públicas Relação de fornecedores, Relação de projetistas, Serviços de utilidade pública.</td> </tr> <tr> <td> Fundações e estruturas Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção</td> <td></td> </tr> </table>	 Sistemas hidrossanitários Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	 Vedações Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	 Sistemas eletroeletrônicos Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	 Revestimentos internos e externos Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	 Sistema de proteção contra descargas atmosféricas Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	 Pisos Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	 Sistemas de ar condicionado, ventilação e calefação Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	 Coberturas Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	 Sistemas de automação Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	 Jardins, paisagismo e áreas de lazer Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	 Sistemas de comunicação Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	 Esquadrias e vidros Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	 Sistemas de incêndio Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	 Pedidos de ligações públicas Relação de fornecedores, Relação de projetistas, Serviços de utilidade pública.	 Fundações e estruturas Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	
 Sistemas hidrossanitários Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	 Vedações Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção																
 Sistemas eletroeletrônicos Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	 Revestimentos internos e externos Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção																
 Sistema de proteção contra descargas atmosféricas Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	 Pisos Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção																
 Sistemas de ar condicionado, ventilação e calefação Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	 Coberturas Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção																
 Sistemas de automação Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	 Jardins, paisagismo e áreas de lazer Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção																
 Sistemas de comunicação Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	 Esquadrias e vidros Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção																
 Sistemas de incêndio Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção	 Pedidos de ligações públicas Relação de fornecedores, Relação de projetistas, Serviços de utilidade pública.																
 Fundações e estruturas Garantias e assistência técnica, Fornecedores, Operação, uso e limpeza, Manutenção																	
4	 Informações Complementares Meio ambiente e sustentabilidade, Segurança, Operação dos equipamentos e suas ligações, Documentação técnica e legal, Elaboração, entrega e atualização do manual.																

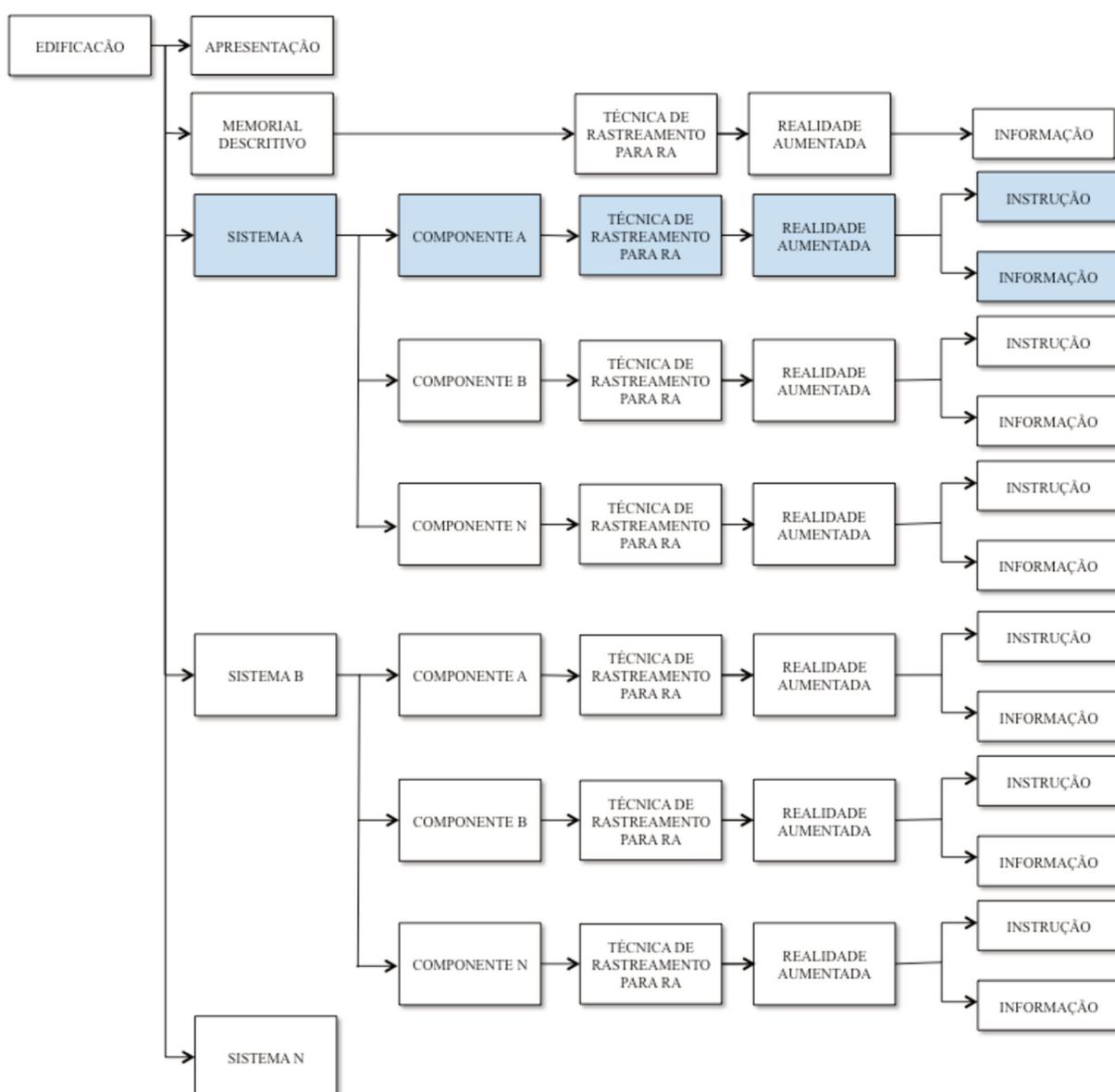
Fonte: A Autora

O modelo geral proposto para a incorporação da RA em uma tarefa do manual (Figura 98) após análise, foi refeito abarcando a incorporação da RA considerando todo o manual do proprietário (Figura 103). Esta contribuição poderá ser utilizada posteriormente pelos agentes que queiram implementar a RA no manual do proprietário praticado.

A edificação juntamente com as informações de **apresentação** (índice, introdução e definições), poderá ter na sequência o **memorial descritivo** informativo: com a apresentação do modelo 3D da edificação em RA. Posteriormente, os **sistemas** por meio dos seus diversos **componentes** da edificação podem ser otimizados com a inserção da RA. Cada componente ao ser identificado por uma técnica de rastreamento (marcador, sensor ou reconhecimento do objeto) terá uma tarefa de instrução ou visualização de informações assistidas pela RA.

Quanto aos tipos de manutenção explicitados na fundamentação do presente trabalho, a incorporação da tecnologia de RA pode atuar com uma maior contribuição à manutenção corretiva e à manutenção preventiva, descritas na NBR 5674:2012.

Figura 103 – Modelo de Inserção da RA em todo o Manual do Proprietário



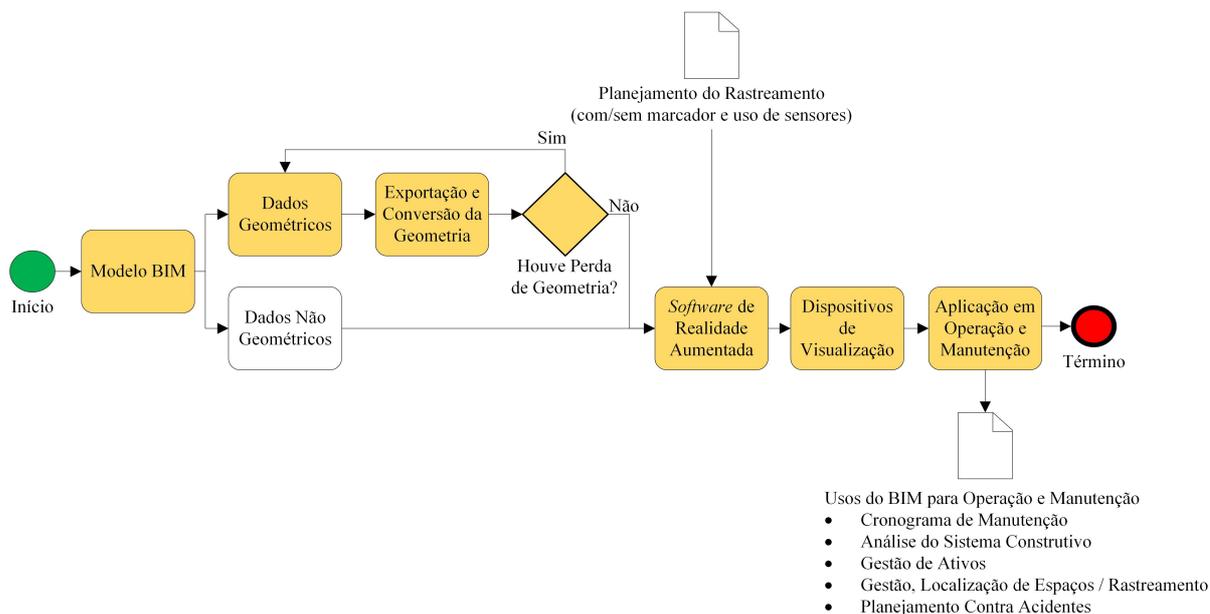
Fonte: A Autora

Retomando a discussão do Capítulo 2, subitem 2.2.3 Adoção do BIM em FM, no que diz respeito aos usos do BIM³³ para atividades de operação e manutenção, observa-se que a atividade da troca da boia, apresentada nesta tese, enquadra-se parcialmente no **Uso do Modelo BIM como fonte de informações e registros sobre ações de manutenção**. As etapas realizadas na pesquisa estão destacadas, em amarelo, no processo ilustrado na Figura 104. O enquadramento é parcial pois não foi realizado o registro da tarefa. A ligação com o modelo BIM foi unidirecional com ênfase na geometria. Entretanto, apesar da modelagem BIM do artefato proposto (aplicativos LAR e MAR) ter utilizado um componente de vaso sanitário de caixa acoplada genérico, já existe a preocupação e estudo para um uso mais assertivo do modelo, com cumprimento das normas da construção, viabilizando uma padronização futura (COSTA; ILHA, 2017). Após a manutenção poderiam ser inseridas informações do componente como exemplo a data da manutenção e código de troca do equipamento juntamente com a atualização do modelo.

Ademais, a tecnologia da RA pode ser integrada aos cinco usos relativos a esta demanda (1 - cronograma de manutenção, 2 - análise do sistema construtivo, 3 - gestão de ativos, 4 - gestão e localização de espaços e 5 - planejamento contra acidentes). Pode-se afirmar que o modelo BIM associado a RA pode ser utilizado para avaliar o desempenho de um sistema construtivo específico, onde o modelo BIM poderá apresentar informações detalhadas em RA sobre determinado sistema. Na gestão de ativos o Modelo BIM assistido pela RA poderá apresentar registros de ativos, subsistemas construtivos e equipamentos, com foco de uso na operação e manutenção. Na gestão e localização de espaços, a RA associada ao Modelo BIM poderá ser empregada na alocação, gerenciamento e mapeamento de espaços de trabalho, em que *layouts* e múltiplos cenários poderão ser visualizados *in loco* agregando otimização nas tomadas de decisão. No planejamento contra acidentes, o Modelo BIM assistido pela RA poderá informar procedimentos específicos de uso em situações emergenciais.

³³ O Guia de Implementação BIM apresenta 25 usos do BIM distribuídos em: planejamento, projeto, construção e operação (COMPUTER, 2011).

Figura 104 – Processo do Modelo BIM e RA aplicado a Operação e Manutenção



Fonte: A Autora

Na etapa de **Comunicação dos Resultados**, última fase do método delineado, dois artigos nacionais (um de periódico e um de congresso), e três artigos internacionais foram publicados, assim como, um artigo de periódico está em fase de submissão no momento e um artigo internacional foi aprovado e será publicado em abril de 2018. As publicações fruto da tese, no momento, totalizam sete artigos. Por sua vez, a veiculação dos aplicativos nas plataformas Apple e Android são outras formas de disseminação do conhecimento. Ademais, outros esforços serão apreendidos para divulgar o aprendizado para a comunidade neste campo de conhecimento, como exemplo, a publicação do processo de toda a pesquisa em uma revista internacional, a divulgação dos resultados no Jornal CBIC Hoje, Jornal da UNICAMP, veiculação em mídia social (página RA Tecnologia³⁴ da autora desta tese), assim como outros tipos de mídia.

³⁴ <https://www.facebook.com/RA3DTEC/>

9 CONCLUSÕES

Este trabalho partiu da hipótese que a incorporação de recursos de Realidade Aumentada no Manual de Uso, Operação e Manutenção das edificações estimula ganhos quanto ao uso do manual. Para isso, apoiou-se nas normas referentes ao manual do proprietário da edificação, nos fundamentos de *facility management* e da Realidade Aumentada. Ademais, a etapa de conscientização do problema embasou a formalização do problema de pesquisa.

Retomando as questões de pesquisa explicitadas na Introdução (Seção 1) do presente trabalho, inicialmente foi questionado se os proprietários da edificação estão receptivos a novos formatos de manual. Constatou-se que, a partir da etapa de conscientização do problema, foi identificado o grau de satisfação sobre o manual do proprietário impresso sob a ótica dos proprietários de habitação. Para um empreendimento específico, comprovou-se que a maioria das pessoas não tem o hábito de consultar o manual do proprietário e observou-se uma indiferença para com o mesmo. Além disso, as pessoas não se interessam pela informação técnica apresentada e são favoráveis a outros formatos de manual do proprietário. Observou-se que os proprietários possuem um interesse maior em interagir com a edificação.

Na questão de pesquisa seguinte indagou-se se o manual do proprietário praticado pelas construtoras segue as recomendações da NBR 14037. Realizou-se a classificação de manuais do proprietário a nível nacional, a qual foi possível indicar tendências e comprovou-se que os manuais do proprietário não apresentam uma abordagem uniforme e, pontualmente, o quesito manutenção requer um maior cuidado por parte das construtoras e das incorporadoras. Além disso, observou-se que as edificações residenciais e comerciais, com alto padrão e verticalizadas, obtêm um maior esforço por parte das empresas, no que diz respeito ao desenvolvimento do manual. Quanto a estruturação do conteúdo, constatou-se que a maioria dos manuais não segue a estrutura apresentada na NBR 14037, pois o formato adotado agrega a informação por componente facilitando a sua compreensão. Ainda assim, os manuais apresentam pouca atratividade por não utilizar recursos visuais que auxiliem os proprietários da edificação.

Inserido neste contexto, a etapa de Revisão Sistemática de Literatura foi fundamental para identificar os estudos que produziram instanciações nas aplicações de RA empregadas na

montagem, manutenção e operação da edificação e/ou manuais de instrução. Por fim, foram analisados estudos em um intervalo temporal de 17 anos. Logo, constatou-se que as aplicações na área de operação e manutenção da edificação apresentaram um surgimento tardio e encontram-se em fase de ascensão.

Ademais, foram identificadas similaridades nos artefatos encontrados para mapeamento de possíveis recursos de RA a serem incorporados no manual do proprietário. Verificou-se que a visualização contempla o maior número de publicações seguido das áreas de monitoramento e controle de equipamento. Por fim, observou-se uma maior utilização da técnica de registro por meio de marcadores e uma associação do modelo BIM com a tecnologia da Realidade Aumentada.

Estas comprovações apoiaram a proposição do artefato em Realidade Aumentada inserido no manual do proprietário. Foram desenvolvidas propostas de incorporação de RA no manual e também propostas de incorporação do manual no ambiente, por meio da RA. O processo de elaboração das ferramentas abarcou as fases de modelagem, de animação de modelos 3D, de inserção de materiais e texturas, da criação de marcadores, da criação da interface gráfica e de desenvolvimento de rotinas de programação. Vale ressaltar que o modelo BIM atuou como ponto de partida para as fases posteriores e o caminho realizado contou com a expertise dos envolvidos no processo.

Inserido neste contexto, observou-se que, de uma forma geral, a tarefa apresentou uma facilidade maior para os indivíduos do sexo masculino do que para os indivíduos do sexo feminino. Por sua vez, o indivíduo que tem o conhecimento prévio na tarefa da troca da boia e familiaridade com a tecnologia da RA tem uma menor carga de trabalho. Por fim, a consulta prévia ao manual do proprietário não tem influência na atuação da realização da tarefa.

Retomando a questão de pesquisa sobre as formas de inserção, questionou-se qual o formato de incorporação da RA no manual do proprietário seria mais otimizado, avaliando-se entre a RA distribuída no ambiente ou a incorporada ao manual impresso. Por meio dos experimentos realizados, foi possível verificar o potencial do uso do manual do proprietário assistido pela tecnologia da Realidade Aumentada, assim como identificar suas limitações. O manual do proprietário impresso, assistido pela RA e visualizado em *tablet* comprovou ser a solução de maior aceitação pelos indivíduos da amostra (aplicativo MAR). Em seguida, o ambiente real assistido pela tecnologia da RA, visualizado em *tablet* atingiu uma melhor atuação (aplicativo LAR). Por fim, o manual tradicional impresso limitou-se a última

colocação comprovando que a inserção da tecnologia da RA, independente do formato (distribuído no ambiente ou por meio do manual impresso) ou dispositivo empregado (*tablet* ou *smartglasses*), atua favoravelmente integrado ao manual do proprietário. O método de mensuração NASA TLX abarcando os fatores demanda mental, demanda física, demanda temporal, performance, esforço e frustração, contribuiu para a qualificação dos artefatos envolvidos, tornando este estudo único e inovador.

Para a questão de pesquisa sobre os dispositivos *tablet* e o óculos de RA, foi questionado qual dispositivo seria o mais apropriado em termos de desempenho do usuário na realização de determinada tarefa. Os experimentos realizados com o uso do óculos de RA apresentaram resultados muito próximos dos resultados dos experimentos com o uso do *tablet*. Por sua vez, os perfis de familiaridade demonstraram que a familiaridade com o equipamento interfere em seu uso. Logo, quando o uso do óculos de RA tornar-se habitual esta diferença não irá existir.

Comprovou-se que, com a RA, a carga de trabalho da atividade orientada pelo manual é diminuída e o desempenho do usuário é otimizado. Pode-se então deduzir que a finalidade de orientar os usuários foi aprimorada e o manual apresentou um maior potencial de cumprir o seu papel de orientar os usuários da edificação, recomendar procedimentos para um melhor uso da edificação, propor atividades de manutenção e precaver o surgimento de acidentes decorrentes do mau uso, contribuindo para a longevidade da edificação.

Ademais, o manual tradicional, na forma como está sendo praticado pelo mercado (informação agregada por componentes), não sofrerá grandes alterações se a indústria da construção realizar esta mudança incremental de adoção da tecnologia da Realidade Aumentada. A adoção poderá ser realizada de forma escalonada, onde a RA poderá inicialmente ser inserida no manual tradicional em papel, solicitando um esforço mais simples, ou poderá ser distribuída pelo ambiente, requerendo um esforço maior. Ainda nesse contexto, verificou-se que na prática a maioria dos manuais apresentam a informação agregada por componente, tal fato gera uma reflexão e sugestão de alteração da Norma NBR 14037.

Quanto ao **impacto científico, social e econômico**, os agentes envolvidos no processo (construtores, incorporadores, síndicos, gestores de *facilities management* e proprietários) ao aprenderem a lidar melhor com os aspectos inerentes a operação e a manutenção da edificação, por meio do manual assistido pela RA, colaborarão para a um melhor desempenho

da edificação com redução de reparos e custos gastos com a manutenção propiciando uma diminuição de custos despendidos para com a edificação.

Quanto aos **trabalhos futuros**, recomenda-se a continuação do estudo com a inserção da tecnologia da Realidade Aumentada em outros itens/componentes do manual do proprietário. Pontua-se a integração da RA com componentes de maior uso na edificação e de necessidade de curto intervalo de tempo para a manutenção (componentes elétricos, componentes hidráulicos, esquadrias, pisos, cobertura). Ademais, sugere-se a realização de convênios com empresas da construção e incorporadoras no intuito de implementar um manual do proprietário assistido pela RA em seus diversos itens e inseri-lo no mercado.

Quanto às formas de rastreamento, a área de reconhecimento de imagens (visão computacional) avança nos estudos das técnicas de Inteligência Artificial para o reconhecimento semântico do objeto. Estes avanços aproximam a RA da compreensão do ambiente real potencializando uma variedade de pesquisas e aplicações.

Quanto ao método de mensuração adotado (NASA TLX), sugere-se confrontar com outros métodos que não sejam centrados no usuário, inserindo a mensuração do tempo de execução da tarefa e da qualidade da atividade realizada.

Quanto ao problema de atualizações recorrentes de manuais do proprietário e de sistemas recomenda-se o uso de framework³⁵ de forma a otimizar a construção de aplicações nessa temática.

Recomenda-se também associar a RA distribuída no ambiente com a indústria 4.0 em que os equipamentos estão interconectados permitindo uma troca de dados otimizada, com atualizações automáticas. Ademais, recomenda-se integrar a RA com sistemas FM, permitindo a atualização automática dos registros em conjunto com a visualização em RA de determinadas rotinas de operação e manutenção.

³⁵ Considerado uma forma de reuso de software. Arquitetura representada por classes abstratas e concretas utilizadas para o desenvolvimento de uma aplicação com domínio específico. Esqueleto de aplicação ou aplicação semicompleta que pode gerar um conjunto de aplicações (OLIVEIRA, 2007).

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14037**: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações - Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. Rio de Janeiro, 2011. 5 p.

_____. **NBR 14037**: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações - Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. Rio de Janeiro, 2014. 16 p.

_____. **NBR 5674**: Manutenção de edificações - Requisitos para o sistema de gestão da manutenção. Rio de Janeiro, 2012. 25 p.

_____. **NBR 5674**: Manutenção de edificações - Procedimento. Rio de Janeiro, 1999. 6 p.

_____. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013. 60 p.

_____. **NBR 12721**: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios - Procedimento. Rio de Janeiro, 2007. 91 p.

ABRAFAC. Estudo Traça Perfil do Facilities no Brasil e Projeta Crescimento para o Setor. 2016. Disponível em: <http://www.abrafac.org.br/noticia-detalle.asp?id=2674&t=estudo-traca-perfil-do-facilities-no-brasil-e-projeta-crescimento-para-o-setor>. Acesso em: set. 2016.

ABREU, W. G. **Identificação de Práticas Sustentáveis Aplicadas às Edificações**. 2012. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

AGUILERA, C. G. **Uma contribuição para formulação de diretrizes para elaboração do Manual do Usuário de Edifícios**. 2005. 216p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

AHN, Y. H.; CHO, C. S.; LEE, N. Building Information Modeling: systematic course development for undergraduate construction students. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**. v. 139, n. 4, p. 290-300. 2013.

ALEXANDER, K. **Facilities Management: Theory and Practice**, London: E & F N Spon, 1996. 164 p.

AMIN, R. R. **Realidade Aumentada aplicada à arquitetura e urbanismo**. 2007. 128 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

AMORIM, Gláucia Maria. **Gestão de Qualidade e Acreditação em Serviços de Manutenção Predial em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde: uma Análise Situacional**. 2012. 91 f. Dissertação (Mestrado em Cuidado Primário em Saúde) - Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros, 2012.

AMORIM, Gláucia Maria *et al.* Prestação de serviços de manutenção predial em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde. **Ciênc. Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 145-158, jan. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232013000100016&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: ago. 2015.

ARAÚJO, Thiago Thielmann de. **Diretrizes para Estruturação de um Sistema de Gestão da Manutenção para Unidades de Atenção Primária**. 2012. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

ARISANDI, R. et al. Virtual Handcrafting: Building Virtual Wood Models Using ToolDevice. **Proceedings of IEEE**, v. 102, n. 2, p. 185–195, 2014. doi: 10.1109/JPROC.2013.2294243.

AYER, S. K.; CHALHOUB, J. Mixed Reality for electrical prefabrication tasks. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING, Seattle, 2017. **Proceedings...** Seattle: ASCE, 2017. p. 76-83.

AZUMA, R. T. *et al.* Recent Advances in Augmented Reality. **Computer Graphics and Applications**, v. 21, n. 6, p. 34-47, 2001.

AZUMA, R. T. A Survey of Augmented Reality. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, Columbus, v. 6, n. 4, p. 355-385, 1997.

AZUMA, R. T. Making Augmented Reality a Reality. IN: OSA IMAGING AND APPLIED OPTICS CONGRESS, San Francisco, 2017. **Proceedings...** San Francisco, 2017. p. 25-29.

BARONI, L. Manual de uso: além de preservar a vida útil do imóvel, manuais de uso e manutenção resguardam direitos das construtoras. Saiba como elaborar o documento. **Construção Mercado**, São Paulo, n. 111, p. 42-44, 2010.

BECERIK-GERBER, B. et al. Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 138, n. 3, p. 431-442, 2012.

BEHZADAN, Amir H.; DONG, S.; KAMAT, V. R. Augmented reality visualization: A review of civil infrastructure system applications. **Advanced Engineering Informatics**, v. 29, n. 2, p. 252-267, 2015. doi:10.1016/j.aei.2015.03.005.

BEHZADAN, Amir H.; KAMAT, Vineet R. Enabling discovery-based learning in construction using telepresent augmented reality. **Automation in Construction**, v. 33, p. 3-10, 2013.

BEHAZDAN, Amir H; VASSIGN, Shahin; MOSTAFAVI, Ali. Teaching millennials with augmented reality: cases from the U.S. education system. **PARC Research in Architecture and Building Construction**, Campinas, SP, v. 7, n. 4, p. 265-272, 2016. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8649284>>. Acesso em: out. 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.20396/parc.v7i4.8649284>.

BEST, Rick; LANGSTON, Craig A.; DE VALENCE, Gerard. **Workplace Strategies and Facilities Management**. Routledge, 2003.

BIFULCO P. et al. Telemedicine supported by Augmented Reality: an interactive guide for untrained people in performing an ECG test. **Biomedical Engineering Online**. v.13, n.1, p. 1-16, 2014.

BIMBER, O.; RASKAR, R. **Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds**. Wellesley: A K Peters, Ltd., 2005.

BIOCCA, Frank; LEVY, Frank. **Communication in the Age of Virtual Reality**. Routledge, 2013.

BIOLCHINI et al. Systematic Review in Software Engineering, COPPE / UFRJ, Relatório Técnico, ES-679/05, 2005.

BOCK, T. The Future of Construction Automation: Technological disruption and the upcoming ubiquity of robotics. **Automation in Construction**, v. 59, p. 113-121, 2015.

BRASIL. Lei n. 8.078, de 11 de setembro de 1990. **Código de Defesa do Consumidor**. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8078compilado.htm. Acesso em: ago. 2016.

BRITO, J. N. de S.; FORMOSO, C. T.; ECHEVESTE, M. E. S. Análise de dados de reclamações em empreendimentos habitacionais de interesse social: estudo no Programa de Arrendamento Residencial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 151-166, out./dez. 2011.

BRUNS, W. F. Complex construction kits for coupled real and virtual engineering workspaces. **Integrating Information, Organizations, and Architecture: Cooperative Buildings**. Springer, Berlin, p. 55–68, 1999.

BSI - BRITISH STANDARDS INSTITUTION. BS 8210: 2012 BSI PUBLICATION. BS Guide to facilities maintenance management. 2 ed. England: British Standard Institution, 2012a. 38 p.

_____. BS EN 82079-1:2012. Preparation of instructions for use - Structuring, content and presentation - Part 1: General principles and detailed requirements, English Version. England: British Standard, 2012b. 107 p.

_____. BS EN 13460:2009. Maintenance - Documentation for maintenance, English Version. England: British Standard, 2010. 28 p.

BUILDINGSMART AUSTRALASIA. National Building Information Modelling Initiative. v. 1. Report to the Department of Industry, Innovation, Science, Research and Tertiary Education, Sydney: 2012.

BURDEA, Grigore; COIFFET, Philippe. **Virtual Reality Technology**. New York: John Wiley & Sons, 1994.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Desempenho de edificações habitacionais**: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Fortaleza: Gadioli Cipolla Branding e Comunicação, 2013.

_____. **Guia Nacional para a Elaboração do Manual de Uso, Operação e Manutenção das Edificações**. Fortaleza: Gadioli Cipolla Branding e Comunicação, 2014.

_____. **Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. In: Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras, v. 1, 172 f. Brasília: Gadioli Cipolla Branding e Comunicação, 2016.

CAMARGO, V. A. X. et al. **Sistemas de Realidade Aumentada sem Marcadores**, Niterói, v. 1, n. 2, p. 159-186, 2012.

CARDOSO, A. et al. **Tecnologias para o Desenvolvimento de Sistemas de Realidade Virtual e Aumentada**. Recife: EDUFPE, 2007.

CBIC HOJE. Informativo diário da indústria da Construção. Edição 5728, jun. 2016. Disponível em: <http://cbic.org.br/sala-de-imprensa/view-edicoes-informativo/CBIC%20Hoje>. Acesso em: jun. 2016.

CENTRO DE EXCELÊNCIA EM RFID. **O Que é RFID**. Disponível em: http://www.rfid-coe.com.br/_Portugues/OqueERFID.aspx Acesso em: set. 2016.

CHECCUCCI, E. S. Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em Arquitetura e Engenharia Civil. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, 3., 2014, São Paulo. **Anais...** São Paulo, p. 1-13, 2014.

CHEN, H.; HUANG, P. 3D AR-based modeling for discrete-event simulation of transport operations in construction. **Automation in Construction**, v. 33, p. 123–136, 2013. doi: 10.1016/j.autcon.2012.09.015.

CHEN, Y. et al. Attention-Based User Interface Design for a Tele-Operated Crane. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 30, n. 3, p. 04015030-1 – 04015030-12, 2015. doi: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000489.

COELHO, Guilherme. **Acelerômetros: Uso em Celulares e Detecção de Velocidade**. Parte 1. [S.l.], 2013. Disponível em: <http://www.decom.ufop.br/imobilis/acelerometros-uso-em-celulares-e-deteccao-de-velocidade-parte-1/>. Acesso em: out. 2017.

COLE, R. et al. Being Proactive: Where Action Research meets Design Research. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS, 26., 2005, Las Vegas. **Proceedings...** Las Vegas: NV, 2005.

COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION Research Program. **BIM Project Execution Planning Guide**. Version 2.1, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA, maio 2011. Disponível em: <http://bim.psu.edu>. Acesso em: nov. 2014.

_____. **BIM Planning Guide for Facility Owners**. Version 2.0, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA. 2013. Disponível em: <http://bim.psu.edu>. Acesso em: nov. 2014.

COSTA, Carolina Helena de Almeida; ILHA, Marina Sangoi de Oliveira. Componentes BIM de sistemas prediais hidráulicos e sanitários baseados em critérios de desempenho. **Ambient. constr.**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 157-174, 2017. Disponível em <

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212017000200157&lng=pt&nrm=iso >. Acesso em: dez. 2017.

CUPERSCHMID, Ana Regina Mizrahy. **Realidade Aumentada no Processo de Projeto Participativo Arquitetônico**: desenvolvimento de sistema e diretrizes para utilização. 2014. 315 f. Tese (Doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

CUPERSCHMID, Ana Regina Mizrahy; GRACHET, Marina Graf; FABRICIO, Márcio Minto. Realidade Aumentada como auxílio à montagem de parede em wood-frame. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 6, n. 4, p. 266-276, dez. 2015. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8640947>>. Acesso em: mar. 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v6i4.8640947>.

DE AGUIAR, Marcellius Oliveira; PEREIRA, Alice Theresinha Cybis. A Utilização de Realidade Virtual e Realidade Aumentada na Arquitetura e Urbanismo. **Revista da UNIFEBE**, [S.l.], v. 1, n. 14, dez. 2014. Disponível em: <<http://periodicos.unifebe.edu.br/index.php/revistaeletronicadaunifebe/article/view/345/149>>. Acesso em: mar. 2017.

DE CRESCENZIO, F. et al. Augmented reality for aircraft maintenance training and operations support. **Computer Graphics and Applications: IEEE**, v. 31, n. 1, p. 96-101, 2011.

DEGANI, C. M. **Modelo de Gerenciamento da Sustentabilidade de Facilidades Construídas**. 2010. 235 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

DIB, H. N.; ADAMO, N. An Augmented Reality Environment for Students' Learning of Steel Connection Behavior. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING, 2017. **Proceedings...** Reston: ASCE, 2017. p. 51-58.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; ANTUNES JÚNIOR, José Antonio Valle. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Bookman Editora, 2015.

DUNSER, A.; BILLINGHURST, M. Evaluating Augmented Reality Systems. In: B. Furht (ed.), **Handbook of Augmented Reality**. Springer, 2011, cap. 13, p. 289 - 307. doi 10.1007/978-1-4614-0064-6_13.

DUNSTON, P. S.; WANG, X. A Hierarchical Taxonomy of AEC Operations for Mixed Reality Applications. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 16, p. 433-444, 2011.

ENDSLEY, M. R. Design and evaluation for situation awareness enhancement. In: HUMAN FACTORS SOCIETY AND ANNUAL MEETING, 1988. **Proceedings...** v. 1, Santa Monica: Human Factors Society, 1988. p. 97-101.

EASTMAN, C. *et al.* **Manual de BIM**: Um guia de modelagem da informação da construção. Tradução: Cervantes Gonçalves Ayres Filho *et al.* Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p.

FARIA, R. Construção Integrada. **Revista Técnica**. n. 127, p. 44-49, São Paulo: PINI, 2007.

FELIZARDO, K. R.; MARTINS, R. M. **Engenharia de Software Experimental: Revisão Sistemática**. Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação. Universidade de São Paulo, São Carlos, p. 1-15, 2009.

FERREIRA, J.; VALE, A.; RIBEIRO, I. Localization of cask and plug remote handling system in ITER using multiple video cameras. **Fusion Engineering and Design**, v. 88, n. 9-10, p. 1992–1996, 2013. doi: 10.1016/j.fusengdes.2012.10.008.

FLORIO, Wilson. Contribuições do Building Information Modeling no Processo de projeto em Arquitetura. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2007.

FREITAS, M. R.; RUSCHEL, R. C. Aplicação de realidade virtual e aumentada em arquitetura. **Arquiteturarevista**, v.6, n. 2, p. 127-135, 2010. doi: 10.4013/arq.2010.6204

FREITAS, Marcia Regina de; RUSCHEL, R. C. What is happening to Virtual Reality and Augmented Reality applied to architecture. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN RESEARCH IN ASIA, 18., 2013, Singapore. **Proceedings...** Singapore: CAADRIA, 2013. v. 1. p. 407-416.

FUJINAMI et al. A middleware for a tabletop procedure-aware information display. **Multimedia Tools and Applications**, v. 57, n. 2, p. 269-293, 2012. doi: 10.1007/s11042-011-0759-4

GE, L.; KUESTER, F. Integrative Simulation Environment for Conceptual Structural Analysis. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 29, n. 4, p. B4014004-1 - B4014004-10, 2015. doi: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000405.

GENERAL SERVICES ADMINISTRATION (GSA). **GSA BIM Guide for Facility Management**. Version 1, U.S. Office of Design and Construction Public Buildings Service: Washington, 2011.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOMES JUNIOR, J. G. **Gerenciamento de Projetos de Engenharia de Manutenção em Edifícios Públicos: uma Abordagem Transdisciplinar**. 2012. 105 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

GOOGLE CARDBOARD - TECHNICAL SPECIFICATION. Google, 2015. Disponível em: <https://vr.google.com/cardboard/manufacturers/>. Acesso em: jun. 2016.

GRAF, H. et al. Lifecycle building card: toward paperless and visual lifecycle management tools. In: SYMPOSIUM ON SIMULATION FOR ARCHITECTURE AND URBAN DESIGN, 2011. **Proceedings...** San Diego: Society for Computer Simulation International, 2011. p. 5-12.

GRANDISKI, P. **Curso básico de perícias e anomalias em edificações: prazo geral de garantia na construção civil**. São Paulo: IBAPE/SP, 1998.

GRUPO ASTRA 2014. Disponível em: <https://ruclip.com/video/eWCtoFhFZsU/troca-e-regulagem-da-boia-mecanismo-para-caixa-acoplada.html>. Acesso em: out. 2016.

GUIMARAES, Jose Mauro Carrilho. **A Problemática da Manutenção Predial e de Equipamentos em Estabelecimentos de Saúde Pública do Município do Rio de Janeiro**. 2012. 58 f. Dissertação (Mestrado em Educação Profissional em Saúde) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2012.

HART, Sandra G. NASA-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later. In: HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY, 50., 2006. **Proceedings...** Santa Monica: HFES, 2006.

HART, Sandra G. **NASA Task load Index (TLX)**. v. 1.0; Paper and pencil package. Moffett Field: NASA Ames Research Center, United States, 1986.

HEYDARIAN, A. *et al.* Immersive virtual environments versus physical built environments: A benchmarking study for building design and user-built environment explorations. **Automation in Construction**, v. 54, p. 116-126, 2015. doi: 10.1016/j.autcon.2015.03.020.

HIPPERT, Maria Aparecida S.; MATTOS JUNIOR, Victor Hugo C.; CÂNDIDO, Lidiane R. Qualidade e Desempenho: a Contribuição do Manual do Usuário. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 9., E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 6., 2015, São Carlos. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015.

HOU, L.; WANG, X.; TRUIJENS, M. Using Augmented Reality to Facilitate Piping Assembly: An Experiment-Based Evaluation. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 29, n.1, p. 05014007-1-05014007-12, 2014. doi: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000344.

HOU, L. et al. Using Animated Augmented Reality to Cognitively Guide Assembly. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 27, n. 5, p. 439-451, 2013. doi: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000184.

IBAPE. **Inspeção Predial: a saúde dos edifícios**. Câmara de Inspeção Predial do IBAPE/SP: São Paulo, 2012.

INBAR, Ori. **Smart Glasses Market Report 2015: towards 1 billion shipments**. 2015. Disponível em: <http://www.slideshare.net/comogard/smart-glasses-2015-for-distribution>. Acesso em: fev. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) - **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação: População do Brasil para 2017**. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em: nov. 2017.

IRIZARRY, J. et al. Ambient intelligence environments for accessing building information: A healthcare facility management scenario. (S. Lavy, Org.). **Facilities**, v. 32, n. 3/4, p. 120-138, 2014. doi: 10.1108/F-05-2012-0034.

IRIZARRY, J. et al. InfoSPOT: A mobile Augmented Reality method for accessing building information through a situation awareness approach. **Automation in Construction**, v. 33, p. 11-23, 2013. doi: 10.1016/j.autcon.2012.09.002.

JEŘÁBEK, Tomáš; RAMBOUSEK, Vladimír; WILDOVÁ, Radka. **Perceptual Specifics and Categorisation of Augmented Reality Systems**. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, v. 191, p. 1740-1744, 2015.

JORDANI, D. A. BIM and FM: the Portal to Lifecycle Facility Management. **Journal of Building Information Modeling (jBIM)**, Spring 2010. BuildingSMART: Washington, 2010. Disponível em: <https://www.wbdg.org/pdfs/jbim_spring10.pdf>. Acesso em: ago. 2015.

KARJI, A.; WOLDESENBET, A.; ROKOOEI, S. Integration of Augmented Reality, Building Information Modeling, and Image Processing in Construction Management: A Content Analysis. In: ARCHITECTURAL ENGINEERING CONFERENCE, 2017, Oklahoma City. **Proceedings...** Reston: ASCE, 2017.

KASSEM, M. et al. BIM in facilities management applications: a case study of a large university complex. **Built Environment Project and Asset Management**. v. 5, n. 3, Emerald Group Publishing Limited, p. 261-277, 2015. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/BEPAM-02-2014-0011>>. Acesso em: ago. 2015.

KITCHENHAM, Barbara. **Procedures for performing systematic reviews**. Keele, UK, Keele University, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004.

KIM, D.; HWANG, D. Non-Marker based Mobile Augmented Reality and its Applications using Object Recognition. **Journal of Universal Computer Science**, v. 18, n. 20, p. 2832–2850, 2012.

LEE, S.; AKIN, Ö. Augmented reality-based computational fieldwork support for equipment operations and maintenance. **Automation in Construction**, v. 20, n. 4, p. 338-352, 2011. doi: 10.1016/j.autcon.2010.11.004.

LÉVY, Pierre. **As Tecnologias da Inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.

LI, S. et al. Mixed Reality-based Interactive Technology for Aircraft Cabin Assembly. **Chinese Journal of Mechanical Engineering**. v. 22, n. 3, p. 403-409, 2009. doi:103901/CJME200903403.

LI, X. et al. A Critical Review of Virtual and Augmented Reality (VR/AR) Applications in Construction Safety. *Automation in Construction*. v. 86, p. 150-162, 2018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.11.003>.

LOURENÇO FILHO, H. **Análise e proposições de prazos e garantia e planos de manutenção para elementos convencionais de edificações residenciais no Distrito Federal**. 2009. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

LOPES, Roseli de Deus. **Realidade Aumentada: conceitos, sistemas e aplicações**. In: CRIAÇÃO, REPRESENTAÇÃO E VISUALIZAÇÃO DIGITAIS: TECNOLOGIAS DIGITAIS DE CRIAÇÃO, REPRESENTAÇÃO E VISUALIZAÇÃO NO PROCESSO DE PROJETO. Brasília: UNB, 2012, p. 147-164.

LUKKA, K. The constructive research approach. In OJALA, L.; HILMOLA, O-P. (eds.) **Case study research in logistics**. Publications of the Turku School of Economics and Business Administration, Series B1: 2003, p. 83-101.

MACHADO, L. S. **CONCEITOS BÁSICOS DA REALIDADE VIRTUAL**. INPE: São José dos Campos, 1995.

MAFRA, Sômulo Nogueira; TRAVASSOS, Guilherme Horta. Estudos Primários e Secundários apoiando a busca por Evidência em Engenharia de Software. **Relatório Técnico, RT-ES**, v. 687, n. 06, 2006.

MAKISHIMA, Jose Narumi de Queiroz. **Gestão de Segurança do Trabalho na Construção Civil: A Manutenção Predial em uma Indústria de Alimentos**. 2011. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MARCH, Salvatore T.; SMITH, Gerald F. Design and natural science research on information technology. **Decision Support Systems**, v. 15, n. 4, p. 251-266, 1995.

MARÍN, R.; SANZ, P. J.; DEL POBIL, A. P. The UJI online robot: An education and training experience. **Autonomous Robots**, v. 15, n. 3, p. 283-297, 2003.

MULLER-PROVE, M. **Vision and Reality of Hypertext and Graphical User Interfaces**. Master Thesis. Department of Informatics, University of Hamburg, 2002.

MELO FILHO, E. C. de; RABBANI, E. R. K.; BARKOKEBAS JUNIOR, B. Avaliação da segurança do trabalho em obras de manutenção de edificações verticais. **Prod.**, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 817-830, dez. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132012005000024>>. Acesso em: ago. 2015.

MESSNER, J. I. A Structured Planning Procedure for BIM. **Journal of Building Information Modeling (jBIM)**, Fall 2011. BuildingSMART: Washington, 2011. Disponível em: <https://www.wbdg.org/pdfs/jbim_fall11.pdf>. Acesso em: ago. 2015.

MICHELIN, L. A. C. **Manual de operação, uso e manutenção das edificações residenciais multifamiliares: coleta e avaliação de exemplares de empresas de Caxias do Sul / RS**. 2005. 159 f. Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MILGRAM, P. et. al. Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, SPIE, v. 2351, 1994.

MILGRAN, P.; KISHINO, F. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. In: *EICE Transactions on Information Systems*. v. E77-D, 1994.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR - GPS: Descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

MOREIRA, L. C. S.; RUSCHEL R. C. Augmented Reality Promoting Time Tunnel. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE ASSOCIATION FOR COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN RESEARCH IN ASIA*, 20., 2015, Daegu. **Proceedings...** p. 261-270, CAADRIA: Hong Kong, 2015.

MOREIRA, L. C. S. Expressão Gráfica através da Realidade Aumentada e BIM: uma experiência de visualização. In: *SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO*, 21.; *INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS*

ENGINEERING FOR ARTS AND DESIGN, 10., 2013, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: 2013.

MOREIRA, L. C. S.; AMORIM, A. L. Realidade Aumentada e Patrimônio Cultural: apresentação, tecnologias e aplicações. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DOCUMENTAÇÃO DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO COM O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS, 2., 2012, Belém. **Anais...** Belém: LACORE/UFPA, 2012.

MOREIRA, Lorena Claudia de Souza; RUSCHEL, Regina Coeli. Impacto da Adoção de BIM em Facility Management: Uma Classificação. **Revista PARC - Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 6, n. 4, p. 227-290, dez. 2015. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8634982>>. Acesso em dez. 2015. Doi:<http://dx.doi.org/10.20396/parc.v6i4.8634982>.

MOREIRA, L. C. S.; RUSCHEL, R. C. Realidade Aumentada na Visualização de Soluções do Projeto de Arquitetura. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE IBERO-AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 19., 2015, Florianópolis. **Anais...** São Paulo: Blucher, 2015. doi 10.5151/despro-sigradi2015-50384.

MOREIRA, Lorena; RUSCHEL, Regina. Realidade Aumentada para a Montagem, Manutenção e Operação da Edificação: Revisão Sistemática de Literatura. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 1., 2017, Fortaleza. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2017.

MUHANNA A. Virtual reality and the CAVE: Taxonomy, interaction challenges and research directions. **Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences**. v. 27, n. 3, p. 344-361, 2015.

MÜLLER L.; ASLAN I.; KRÜBEN, L. GuideMe: A Mobile Augmented Reality System to Display User Manuals for Home Appliances. In: ADVANCES IN COMPUTER ENTERTAINMENT. **Proceedings...** Springer International Publishing, p. 152-167, 2013.

NEE, A. Y. C. et al. Augmented reality applications in design and manufacturing. **CIRP Annals-Manufacturing Technology**, v. 61, n. 2, p. 657-679, 2012.

NG, L. X.; WANG, Z. B.; ONG, S. K.; NEE, A. Y. C. Integrated product design and assembly planning in an augmented reality environment. **Assembly Automation**, v. 33, n. 4, p. 345-359, 2013. doi: 10.1108/AA-10-2012-058.

NIBS. NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. **National building information modeling standard**. Version 1 – Part 1: Overview, principles and methodologies. Washington, 2007. 183 p. Disponível em: www.wbdg.org/pdfs/NBIMSv1_p1.pdf. Acesso em: ago. 2016.

NOYA, Mauricio Teixeira. **Modelo de Inspeção Predial Ferramenta para a Manutenção do Patrimônio Construído**. 2012. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

OLBRICH, M. et al. Augmented reality supporting user-centric building information management. **The Visual Computer**, v. 29, n. 10, p. 1093–1105, 2013. doi: 10.1007/s00371-013-0840-2.

OLIVEIRA, A. C. M. T. G. de. **ViMeT – Projeto e Implementação de um Framework para Aplicações de Treinamento Médico usando Realidade Virtual**. 2007. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Centro Universitário Eurípides de Marília, Marília, 2007.

PARK, H.; MOON, H.; LEE, J. Y. Tangible augmented prototyping of digital handheld products. **Computers in Industry**, v. 60, n. 2, p. 114–125, 2009. doi:10.1016/j.compind.2008.09.001.

PEFFERS, K. *et al.* A design science research methodology for information systems research. **Journal of management information systems**. v. 24, n. 3, p. 45-77, 2007.

PEREIRA, Priscila Souza. **Programa de Manutenção de Edifícios para as Unidades de atenção Primária à Saúde da Cidade de Juiz de Fora**. 2011. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2011.

PEREIRA, P. S.; HIPPERT, M. A. S.; ABDALLA, J. G. F. Manuais de Operação, Uso e Manutenção: análise de exemplares da cidade de Juiz de Fora. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO – SIBRAGEC, 7., 2011, Belém do Pará. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2011.

PINTO, Ricardo Lopes; GOUVEA, Maria Aparecida; OLIVEIRA, Braulio. Avaliação da qualidade de serviço terceirizado de manutenção em edifício comercial: o caso de uma organização pública. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 21, n. 2, p. 389-403, jun. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2014000200012&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: ago. 2015.

PUJADAS, F. Z. A. Investimento pró-ativo. In: PINI, M. S. **Manutenção Predial**. São Paulo: Pini, 2011. p. 81-87.

RANKOHI, S.; WAUGH, L. Review and analysis of augmented reality literature for construction industry. **Visualization in Engineering**, v. 1, n. 9, p. 1-18, 2013.

REGENBRECHT, H.; BARATOFF, G.; WILKE, W. Augmented reality projects in the automotive and aerospace industries. **Computer Graphics and Applications**, v. 25, n. 6, p. 48-56, 2005.

REITMAYR, G.; SCHMALSTIEG, D. A platform for location based augmented reality applications. **ÖGAI Journal**, v. 21, n. 1, p. 1-5, 2002.

RIVA, G. Ambient intelligence in health care. **CyberPsychology and Behavior**, v. 6, p. 295-300, 2003.

ROHANI, M.; FAN, M.; YU, C. Advanced visualization and simulation techniques for modern construction management. **Indoor and Built Environment**, v. 23, n. 5, p. 665–674, 2014. doi: 10.1177/1420326X13498400.

ROY, Alain *et al.* **Securedoc Project**. Usable and Safe Operating Manuals for Consumer Goods: A guideline. v. 1, European Commission: 2004.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X.; MORAIS, M. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, abr./jun. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ac/v13n2/a12v13n2>. Acesso em: ago. 2016.

SACCOL, Amarolinda Zanela; REINHARD, Nicolau. Tecnologias de informação móveis, sem fio e ubíquas: definições, estado-da-arte e oportunidades de pesquisa. **Rev. adm. contemp.**, Curitiba, v. 11, n. 4, p. 175-198, 2007.

SABOL, Louise. **Building Information Modeling & Facility Management**. IFMA Workplace. Design + Construction Strategies: Washington, 2008.

_____. BIM Technology for FM. In: TEICHOLZ, P. M (Ed.). **BIM for Facility Managers**. John Wiley & Sons, New Jersey, USA, 2013, p. 17-45.

SANCHES, Iara Del Arco. **Gestão da Manutenção em EHIS**. 2010. 185 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

SANCHES, I. D.; FABRICIO, M. M. Projeto para Manutenção. In: WORKSHOP BRASILEIRO GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 8., 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2008.

SANTOS, A. O. **Manual de operação, Uso e Manutenção das Edificações Residenciais: coleta de exemplares e avaliação de seu conteúdo frente às diretrizes da NBR 14.037/1998 e segundo a Perspectiva dos Usuários**. 2003, 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SANTOS, E. T. **BIM - Building Information Modeling: um salto para a modernidade na Tecnologia da Informação aplicada à Construção Civil**. p. 25 - 62. In: PRATINI, E. F.; SILVA JUNIOR, E. E. A. (Org.). Criação, representação e visualização digitais: tecnologias digitais de criação, representação e visualização no processo de projeto. Brasília: UNB, 2012. p. 25-62.

SCHALL, G.; ZOLLMANN, S.; REITMAYR, G. Smart Vidente: advances in mobile augmented reality for interactive visualization of underground infrastructure. **Personal and Ubiquitous Computing**, v. 17, n. 7, p. 1533–1549, 2013. doi: 10.1007/s00779-012-0599-x.

SELONEN, P. et al. Mixed reality web service platform. **Multimedia Systems**, v. 18, n. 3, p. 215–230, 2012. doi: 10.1007/s00530-011-0254-9.

SHIRAZI, A.; BEHZADAN, A. H. Content Delivery Using Augmented Reality to Enhance Students' Performance in a Building Design and Assembly Project. **Advances in Engineering Education**, v. 4, n. 3, 2015.

SILVA, B. V. da. **Construção de ferramenta para avaliação do ciclo de vida de edificações**. 2012. 146 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SILVA JÚNIOR, Félix Alves da. **O uso de algoritmos e de sistemas paramétricos na concepção arquitetônica de pequenas residências**. 2011. 131 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, 2011.

SUCCAR, B. Building Information Modeling Framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.

TAKANO, K.; HATA, N.; KANSAKU, K. Towards Intelligent Environments: An Augmented Reality–Brain–Machine Interface Operated with a See-Through Head-Mount Display. **Frontiers in Neuroscience**, Germany, v. 5, p. 1-5, 2011. doi: 10.3389/fnins.2011.00060.

TEICHOLZ, Paul (Ed.). **BIM for Facility Managers**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.

TEICHOLZ, Eric. **Facility Design and Management Handbook**. New York: McGraw-Hill Professional, 2001.

TEICHRIEB, Veronica et al. **A survey of online monocular markerless augmented reality**. International Journal of Modeling and Simulation for the Petroleum Industry, v. 1, n. 1, 2007.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. (org.). **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: SBC, 2006.

WALLS, J. G.; WIDMEYER, G. R.; EL SAWY, O. A. Building an information system design theory for vigilant EIS. In: **Information Systems Research**, v. 3, n. 1, 1992, p. 36-59.

WANG, X. et al. A conceptual framework for integrating building information modeling with augmented reality. **Automation in Construction**, v. 34, p. 37-44, 2013. doi: 10.1016/j.autcon.2012.10.012.

WANG, X. et al. Integrating Augmented Reality with Building Information Modeling: Onsite construction process controlling for liquefied natural gas industry. **Automation in Construction**, v. 40, p. 96-105, 2014. doi: 10.1016/j.autcon.2013.12.003.

WENG, D. et al. Display systems and registration methods for augmented reality applications. **Optik - International Journal for Light and Electron Optics**, v. 123, n. 9, p. 769-774, 2012.

WIGGINS, Jane M. **Facilities Manager's Desk Reference**. United Kingdom: Wiley-Blackwell, 2010. 528p.

WILLIAMS, G. et al. BIM2MAR: an efficient BIM translation to mobile augmented reality applications. **Journal of Management in Engineering**, v. 31, n. 1, p. A4014009-1-A4014009-8, 2014. doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000315.

WURSTHORN, Sven. **Kamerabasierte Egomotion-Bestimmung mit natürlichen Merkmalen zur Unterstützung von Augmented-Reality-Systemen**. 2014. 143 f. Dissertation (Master in civil Engineering) – University of Karlsruhe, 2014.

ZEVI, B. **Saber Ver a Arquitetura**. 5 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

ZHANG, J.; ONG, S. K.; NEE, A. Y. C. A multi-regional computation scheme in an AR-assisted in situ CNC simulation environment. **Computer-Aided Design**, v. 42, n. 12, p. 1167–1177, 2010. doi: 10.1016/j.cad.2010.06.007.

APÊNDICE A – Documentos da Revisão Sistemática

CONDUÇÃO DA REVISÃO SISTEMÁTICA

Fonte: Compendex (www.engineeringvillage.com); Scopus (<https://www.scopus.com>); Web of Science (<https://apps.webofknowledge.com>); American Society of Civil Engineers (ASCE - <http://ascelibrary.org>).

Data de busca: 14/04/2016 a 20/04/2016.

String utilizada: “augmented reality” and building and operation, “augmented reality” and building and manual, “augmented reality” and building and maintenance, “augmented reality” and building and assembly.

Período considerado: de 1997 a 2016³⁶.

Filtros utilizados: Compendex - assunto/título/resumo. Scopus - título/resumo/palavras-chave. Web of Science - tópico. ASCE - resumo.

Lista de artigos encontrados:

1. CHEN, H.; HUANG, P. 3D AR-based modeling for discrete-event simulation of transport operations in construction. *Automation in Construction*, v. 33, p. 123–136, 2013. doi: 10.1016/j.autcon.2012.09.015.
2. WANG, X. *et al.* A conceptual framework for integrating building information modeling with augmented reality. *Automation in Construction*, v. 34, p. 37–44, 2013. doi: 10.1016/j.autcon.2012.10.012.
3. CHI, H. *et al.* A Conceptual Framework of Quality-Assured Fabrication, Delivery and Installation Processes for Liquefied Natural Gas (LNG) Plant Construction. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, v. 79, n. 3-4, p. 433–448, 2015. doi: 10.1007/s10846-014-0123-9
4. FUJINAMI, K.; INAGAWA, N.; NISHIJO, K.; SOKAN, A. A middleware for a tabletop procedure-aware information display. *Multimedia Tools and Applications*, v. 57, n. 2, p. 269–293, 2012. doi: 10.1007/s11042-011-0759-4
5. ZHANG, J.; ONG, S. K.; NEE, A. Y. C. A multi-regional computation scheme in an AR-assisted in situ CNC simulation environment. *Computer-Aided Design*, v. 42, n. 12, p. 1167–1177, 2010. doi: 10.1016/j.cad.2010.06.007
6. REITMAYR, G.; SCHMALSTIEG, D. A platform for location based augmented reality applications. *ÖGAI Journal*, v.21, n.1, p. 1-5, 2002.
7. KANG, S. K. *et al.* A study on the mobile communication network with smart phone for building of location based real time reservation system. *IJMUE*, v. 7, n. 2, p. 17–36, 2012.
8. ROHANI, M.; FAN, M.; YU, C. Advanced visualization and simulation techniques for modern construction management. *Indoor and Built Environment*, v. 23, n. 5, p. 665–674, 2014. doi: 10.1177/1420326X13498400
9. IRIZARRY, J. *et al.* Ambient intelligence environments for accessing building information: A healthcare facility management scenario. (S. Lavy, Org.) *Facilities*, v. 32, n. 3/4, p. 120–138, 2014. doi: 10.1108/F-05-2012-0034.
10. FUCHS, P.; NASHASHIBI, F.; MAMAN, D. Assistance for Telepresence by Stereovision-Based

³⁶ Esta escolha é justificada pois em 1997 foi publicado o artigo A Survey of Augmented Reality, por Ronald Azuma, no periódico Presence: Teleoperators and Virtual Environments do Massachusetts Institute of Technology (MIT). Neste trabalho, Azuma consolida o conceito de Realidade Aumentada e publica uma extensa bibliografia neste campo de pesquisa.

- Augmented Reality and Interactivity in 3D Space. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, v. 11, n. 5, p. 525–535, 2002. doi: 10.1162/105474602320935856.
11. CHEN, Y. *et al.* Attention-Based User Interface Design for a Tele-Operated Crane. *Journal of Computing in Civil Engineering*, v. 30, n. 3, p. 04015030. doi: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000489, 2015.
 12. DE CRESCENZIO, F. *et al.* Augmented reality for aircraft maintenance training and operations support. *Computer Graphics and Applications, IEEE*, v. 31, n. 1, p. 96–101, 2011.
 13. OLBRICH, M. *et al.* Augmented reality supporting user-centric building information management. *The Visual Computer*, v. 29, n. 10, p. 1093–1105, 2013. doi: 10.1007/s00371-013-0840-2.
 14. LEE, S.; AKIN, Ö. Augmented reality-based computational fieldwork support for equipment operations and maintenance. *Automation in Construction*, v. 20, n. 4, p. 338–352, 2011. doi: 10.1016/j.autcon.2010.11.004
 15. GOLPARVAR-FARD; M.; HAM, Y. Automated Diagnostics and Visualization of Potential Energy Performance Problems in Existing Buildings Using Energy Performance Augmented Reality Models. *JOURNAL OF COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING*, v. 28, n. 1, p. 17–29, 2014. doi:10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000311.
 16. MALLEM, M.; SHAHEEN, M.; CHAVAND, F. Automatic camera calibration based on robot calibration. *Instrumentation and Measurement Technology Conference. IMTC/99. Proceedings of the 16th IEEE. Anais...* v. 2, p.1278-1282, 1999.
 17. WILLIAMS, G. *et al.* BIM2MAR: An Efficient BIM Translation to Mobile Augmented Reality Applications. *Journal of Management in Engineering*, v. 31, n. 1, p. A4014009-1-A4014009-8, 2014. doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000315.
 18. PETERSEN, N.; STRICKER, D. Cognitive Augmented Reality. *Computers & Graphics*, v. 53, p. 82–91, 2015. doi: 10.1016/j.cag.2015.08.009
 19. BRUNS, W. F. Complex construction kits for coupled real and virtual engineering workspaces. *Cooperative Buildings. Integrating Information, Organizations, and Architecture.* p.55–68. Springer, 1999.
 20. SHIRAZI, A.; BEHZADAN, A. H. Content Delivery Using Augmented Reality to Enhance Students' Performance in a Building Design and Assembly Project. *Advances in Engineering Education*, v. 4, n. 3, 2015.
 21. ALDUNATE, R. G.; SCHMIDT, K. N.; HERRERA, O. Enabling Communication in Emergency Response Environments. *Sensors*, v. 12, n. 12, p. 6380–6394, 2012. doi: 10.3390/s120506380.
 22. FOX, S.; EHLEN, P.; PURVER, M. Enabling distributed communication of manual skills. *International Journal of Managing Projects in Business*, v. 4, n. 1, p. 49–63, 2011. doi: 10.1108/17538371111096881.
 23. MANN, S.; FUNG, J. EyeTap devices for augmented, deliberately diminished, or otherwise altered visual perception of rigid planar patches of real-world scenes. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, v. 11, n. 2, p. 158–175, 2002.
 24. HEYDARIAN, A. *et al.* Immersive virtual environments versus physical built environments: A benchmarking study for building design and user-built environment explorations. *Automation in Construction*, v. 54, p. 116–126, 2015. doi: 10.1016/j.autcon.2015.03.020.
 25. IRIZARRY, J. *et al.* InfoSPOT: A mobile Augmented Reality method for accessing building information through a situation awareness approach. *Automation in Construction*, v. 33, p. 11–23, 2013. doi: 10.1016/j.autcon.2012.09.002.

26. NG, L. X. *et al.* Integrated product design and assembly planning in an augmented reality environment. *Assembly Automation*, v. 33, n. 4, p. 345–359, 2013. doi: 10.1108/AA-10-2012-058.
27. WANG, X. *et al.* Integrating Augmented Reality with Building Information Modeling: Onsite construction process controlling for liquefied natural gas industry. *Automation in Construction*, v. 40, p. 96–105, 2014. doi: 10.1016/j.autcon.2013.12.003.
28. GE, L.; KUESTER, F. Integrative Simulation Environment for Conceptual Structural Analysis. *Journal of Computing in Civil Engineering*, v. 29, n. 4, p. B4014004-1 - B4014004-10, 2015. doi: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000405.
29. LIU, Y.; LI, S.; WANG, J. Interactive operation of physically-based slender flexible parts in an augmented reality environment. *Science China Technological Sciences*, v. 57, n. 7, p. 1383–1391, 2014. doi: 10.1007/s11431-014-5522-4.
30. VERLINDEN, J.; SAAKES, D.; LUXEN, R. Learning from the Trenches of Embodiment Design. *Archives of Design Research*, v. 28, n. 3, p. 5-19, 2015. doi: 10.15187/adr.2015.08.28.3.5.
31. FERREIRA, J.; VALE, A.; RIBEIRO, I. Localization of cask and plug remote handling system in ITER using multiple video cameras. *Fusion Engineering and Design*, v. 88, n. 9–10, p. 1992–1996, 2013. doi: 10.1016/j.fusengdes.2012.10.008.
32. HAM, Y.; GOLPARVAR-FARD, M. Mapping actual thermal properties to building elements in gbXML-based BIM for reliable building energy performance modeling. *Automation in Construction*, v. 49, p. 214–224, 2015. doi:10.1016/j.autcon.2014.07.009.
33. SELONEN, P. *et al.* Mixed reality web service platform. *Multimedia Systems*, v. 18, n. 3, p. 215–230, 2012. doi: 10.1007/s00530-011-0254-9.
34. LI, S. *et al.* Mixed Reality-based Iterative Technology for Aircraft Cabin Assembly. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*. v. 22, n. 3, p. 403-409, 2009. doi:103901/CJME200903403
35. GAO, Q.; CHANG, P.; RUECKERT, D.; *et al.* Modeling of the bony pelvis from MRI using a multi-atlas AE-SDM for registration and tracking in image-guided robotic prostatectomy. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, v. 37, n. 2, p. 183–194, 2013. doi: 10.1016/j.compmedimag.2013.01.001.
36. ALEKSY, M.; VARTIAINEN, E.; NAEDELE, M. Modern cyborgs: going where only science fiction dared to venture. *ABB Review*, p. 70-75. 2014.
37. KIM, D.; HWANG, D. Non-Marker based Mobile Augmented Reality and its Applications using Object Recognition. *Journal of Universal Computer Science*, v. 18, n. 20, p. 2832–2850, 2012.
38. FENG, C.; DENG, F.; KAMAT, V. R. Rapid geometric modeling for visual simulation using semi-automated reconstruction from single image. *Engineering with Computers*, v. 30, n. 1, p. 31–39, 2014. doi: 10.1007/s00366-012-0283-9.
39. ZHU, J.; HOI, S. C.; LYU, M. R. Real-time non-rigid shape recovery via active appearance models for augmented reality. *Computer Vision–ECCV 2006*. p.186–197, 2006. Springer. Disponível em: http://link.springer.com/chapter/10.1007/11744023_15.
40. BLESER, G.; BECKER, M.; STRICKER, D. Real-time vision-based tracking and reconstruction. *Journal of Real-Time Image Processing*, v. 2, n. 2–3, p. 161–175, 2007. doi: 10.1007/s11554-007-0034-0.
41. PUTZER, D. *et al.* Recognizing the surgical situs in minimally invasive hip arthroplasty: A comparison of different filtering techniques. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, v. 36, n. 1, p. 182–192, 2016. doi: 10.1016/j.bbe.2015.11.006.
42. APPEL, M.; NAVAB, N. Registration of technical drawings and calibrated images for industrial augmented reality. *Machine Vision and Applications*, v. 13, n. 3, p. 111–118, 2002.

43. KAMAT, V. R. *et al.* Research in Visualization Techniques for Field Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 137, n. 10, p. 853–862, 2011. doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000262.
44. WENG, D. *et al.* Display systems and registration methods for augmented reality applications. *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*, v. 123, n. 9, p. 769–774. doi: 10.1016/j.ijleo.2011.05.033, 2012.
45. SCHALL, G.; ZOLLMANN, S.; REITMAYR, G. Smart Vidente: advances in mobile augmented reality for interactive visualization of underground infrastructure. *Personal and Ubiquitous Computing*, v. 17, n. 7, p. 1533–1549, 2013. doi: 10.1007/s00779-012-0599-x.
46. KADA, M.; WICHMANN, A.; HERMES, T. Smooth transformations between generalized 3D building models for visualization purposes. *Cartography and Geographic Information Science*, v. 42, n. 4, p. 306–314, 2015. doi: 10.1080/15230406.2015.1039588.
47. PARK, H.; MOON, H.; LEE, J. Y. Tangible augmented prototyping of digital handheld products. *Computers in Industry*, v. 60, n. 2, p. 114–125, 2009. doi: 10.1016/j.compind.2008.09.001.
48. BIFULCO P. *et al.* Telemedicine supported by Augmented Reality: an interactive guide for untrained people in performing an ECG test. *Biomedical Engineering Online*. v.13, n.1, p. 1-16, 2014.
49. MARÍN, R.; SANZ, P. J.; DEL POBIL, A. P. The UJI online robot: An education and training experience. *Autonomous Robots*, v. 15, n. 3, p. 283–297, 2003.
50. HAM, Y.; GOLPARVAR-FARD, M. Three-Dimensional Thermography-Based Method for Cost-Benefit Analysis of Energy Efficiency Building Envelope Retrofits. *Journal of Computing in Civil Engineering*, v. 29, n. 4, p. B4014009, 2015. doi: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000406.
51. TAKANO, K.; HATA, N.; KANSAKU, K. Towards Intelligent Environments: An Augmented Reality–Brain–Machine Interface Operated with a See-Through Head-Mount Display. *Frontiers in Neuroscience*, v. 5, 2011. doi: 10.3389/fnins.2011.00060.
52. HOU, L. *et al.* Using Animated Augmented Reality to Cognitively Guide Assembly. *Journal of Computing in Civil Engineering*, v. 27, n. 5, p. 439–451, 2013. doi: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000184.
53. HOU, L.; WANG, X.; TRUIJENS, M. Using Augmented Reality to Facilitate Piping Assembly: An Experiment-Based Evaluation. *Journal of Computing in Civil Engineering*, v.29, n.1, p. 05014007-1-05014007-12, 2014. doi: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000344.
54. ARISANDI, R. *et al.* Virtual Handcrafting: Building Virtual Wood Models Using Tool Device. *Proceedings of the IEEE*, v. 102, n. 2, p. 185–195, 2014. doi: 10.1109/JPROC.2013.2294243.

Lista de artigos com status de inclusão ou exclusão:

Artigo	Critérios de inclusão atendidos	Critérios de exclusão atendidos	Status
1.	(a) (b)		Incluído
2.	(a) (b)		Incluído
3.	(a) (b)		Incluído
4.	(a) (b)		Incluído
5.	(a) (b)		Incluído
6.	(a) (b)		Incluído
7.	(a) (b)		Incluído
8.	(a) (b)		Incluído

9.	(a) (b)		Incluído
10.		(a)	Excluído
11.	(a) (b)		Incluído
12.	(a) (b)		Incluído
13.	(a) (b)		Incluído
14.	(a) (b)		Incluído
15.		(b)	Excluído
16.		(a) (b)	Excluído
17.	(a) (b)		Incluído
18.	(a) (b)		Incluído
19.	(a) (b)		Incluído
20.	(a) (b)		Incluído
21.		(b)	Excluído
22.		(b)	Excluído
23.		(b)	Excluído
24.	(a) (b)		Incluído
25.	(a) (b)		Incluído
26.	(a) (b)		Incluído
27.	(a) (b)		Incluído
28.	(a) (b)		Incluído
29.	(a) (b)		Incluído
30.		(b)	Excluído
31.	(a) (b)		Incluído
32.		(d)	Excluído
33.	(a) (b)		Incluído
34.	(a) (b)		Incluído
35.		(b)	Excluído
36.	(a) (b)		Incluído
37.	(a) (b)		Incluído
38.		(a)	Excluído
39.		(a) (b)	Excluído
40.		(a) (b)	Excluído
41.		(b)	Excluído
42.	(a) (b)		Incluído
43.	(a) (b)		Incluído
44.	(a) (b)		Incluído

45.	(a) (b)		Incluído
46.		(d)	Excluído
47.	(a) (b)		Incluído
48.	(a) (b)		Incluído
49.	(a) (b)		Incluído
50.		(d)	Excluído
51.	(a) (b)		Incluído
52.	(a) (b)		Incluído
53.	(a) (b)		Incluído
54.	(a) (b)		Incluído

PROTOCOLO PARA REVISÃO SISTEMÁTICA

Objetivo: identificar os artefatos existentes nas aplicações de Realidade Aumentada empregadas na montagem, manutenção e operação da edificação juntamente com manuais de instrução.

Questões de pesquisa a serem respondidas:

Quais os tipos de artefatos são utilizados nas aplicações de RA empregadas na montagem, manutenção e operação da edificação e/ou manuais de instrução?

Que instanciações são produzidas nas aplicações de RA empregadas na montagem, manutenção e operação da edificação e/ou manuais de instrução?

Quais as técnicas de rastreamento (*tracking*) são utilizadas nas aplicações de RA empregadas na montagem, manutenção e operação da edificação e/ou manuais de instrução?

Intervenção: produtos da *Design Science Research* provenientes das aplicações de Realidade Aumentada.

Controle: análise exploratória realizada em artigos disponíveis em bases de dados digitais:

1. HOU, L.; WANG, X.; BERNOLD, L.; LOVE, P. E. D. Using Animated Augmented Reality to Cognitively Guide Assembly. *Journal of Computing in Civil Engineering*, v. 27, n. 5, p. 439–451, 2013. doi: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000184.
2. MÜLLER L.; ASLAN I.; KRÜBEN, L. GuideMe: A Mobile Augmented Reality System to Display User Manuals for Home Appliances. In: *Advances in Computer Entertainment*. Springer International Publishing, p. 152-167, 2013.
3. OLBRICH, M.; GRAF, H.; KAHN, S.; et al. Augmented reality supporting user-centric building information management. *The Visual Computer*, v. 29, n. 10, p. 1093–1105, 2013. doi: 10.1007/s00371-013-0840-2.
4. SHIRAZI, A.; BEHZADAN, A. H. Content Delivery Using Augmented Reality to Enhance Students' Performance in a Building Design and Assembly Project. *Advances in Engineering Education*, v. 4, n. 3, 2015.

População: Realidade Aumentada aplicada a montagem, manutenção e operação da edificação e aplicações com manuais de instrução.

Resultados: visão das aplicações e tipo de rastreamento utilizado em montagem, manutenção e operação da edificação juntamente com manual de instrução.

Aplicação: pesquisadores da área de Realidade Aumentada que desenvolvem pesquisas em Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO).

Estratégias de Busca para seleção dos estudos

Seleção das fontes: bases de dados digitais:

Compendex (www.engineeringvillage.com);

Scopus (<https://www.scopus.com>);

Web of Science (<https://apps.webofknowledge.com>);

American Society of Civil Engineers (ASCE - <http://ascelibrary.org>).

Idioma dos estudos: Inglês. Justifica-se esta escolha pela universalidade do idioma.

Palavras-chave: busca nas bases de dados digitais das palavras “augmented reality” adicionadas aos termos (building and assembly), (building and operation), (building and maintenance) e (building and manual).

Tipo de artigos: artigos de periódicos científicos das bases de dados selecionadas.

Critérios de inclusão ou exclusão:

Critérios de inclusão:

- Serão incluídos trabalhos publicados e disponíveis integralmente em bases de dados científicas;
- Serão incluídos trabalhos publicados a partir de 1997.

Critérios de exclusão:

- Trabalhos que apresentam essencialmente o algoritmo da aplicação e calibragem de equipamentos;
- Trabalhos com abordagens fora do contexto das aplicações para montagem, manutenção e operação ou manual de instrução;
- Trabalhos que não estejam disponíveis ou incompletos;
- Trabalhos que não se referem a realidade virtual e/ou Realidade Aumentada.

Crêterios de qualidade dos estudos:

O trabalho deverá ter sido publicado em periódico com revisão por pares.

Processo de Sele o dos estudos primários:

Inicialmente foram selecionados artigos somente de periódicos na língua inglesa e com acesso ao texto completo. Após a obten o dos trabalhos foi feita uma triagem visando identificar e excluir os artigos repetidos para a obten o das publica es totais nas quatro bases de dados pesquisadas.

Após aplicar os critérios de tempo e idioma definidos para exclusão, foram encontrados 103 trabalhos. Dentre os 103 artigos, restaram 86 após exclusão por repeti o dentro da mesma base de dados. Ao unir as bases de dados foram excluídos mais 30 artigos por repeti o, restando 56 trabalhos. Destas 56 amostras, 2 trabalhos foram excluídos pois o texto não estava disponível em sua totalidade. No resultado final da revisão sistemática de literatura foram encontrados 54 trabalhos para serem avaliados.

Estratégia de extra o de informa o

Após a leitura dos trabalhos selecionados, serão preenchidas fichas para cada artigo considerado incluindo a síntese do trabalho além das informa es básicas (autor, ano de publica o, periódico, entre outros).

Sumariza o dos resultados:

A análise quantitativa e qualitativa será elaborada. O peri do das publica es será analisado e as seguintes informa es serão extraídas de cada artigo: (i) tipos de artefatos seguindo a Design Science Research, (ii) método de rastreamento utilizado em RA para as aplica es propostas, (iii) protótipos gerados nas instancia es.

APÊNDICE B – Modelo de Carta, Formulário de Pesquisa e TCLE aplicados na Classificação de Manuais

Campinas, junho de 2016

Ao Sindicato da Construção,
Prezado Sr. X,

Vimos por meio desta solicitar o apoio deste Sindicato em uma pesquisa de doutorado realizada no Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) da UNICAMP. A pesquisa é intitulada: O MANUAL DO PROPRIETÁRIO DA EDIFICAÇÃO INCORPORANDO A REALIDADE AUMENTADA. Uma das etapas desta pesquisa é **caracterizar e classificar os manuais do proprietário de habitação em nível nacional** e para isto buscamos o auxílio na indicação de cinco contatos de construtoras parceiras deste sindicato para que possamos enviar o formulário da pesquisa. O formulário está disponível neste link: <http://goo.gl/forms/NPOpV0siRCurgzIy1>.

Salientamos a importância do apoio deste sindicato a esta pesquisa acadêmica e contribuição para levantamento da documentação técnica produzida no Brasil relativa ao Manual de operação, uso e manutenção das edificações, visto que os sindicatos estão intimamente relacionados com a cadeia produtiva da construção. Desta forma, é valiosa a sua parceria nesta investigação que é o primeiro estudo acadêmico/científico no tema, tanto relativo ao manual do proprietário praticado quanto aos caminhos necessários para seu aprimoramento digital. Realçamos que recebemos o apoio da CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção) na divulgação desta pesquisa, através de seu informativo diário – CBIC Hoje. Os dados dos participantes serão mantidos em sigilo e os mesmos terão acesso assegurado aos dados desta pesquisa, assim que a mesma estiver concluída.

Gostaríamos também de nos apresentar. Pesquisadoras responsáveis:

Profa. Lorena Moreira, doutoranda que desenvolve esta pesquisa no Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) da UNICAMP e também professora da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia. Para maiores referências segue curriculum acadêmico (<http://lattes.cnpq.br/1740861560054333>).

Profa. Dra. Regina Ruschel, orientadora desta pesquisa e professora livre docente pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, na UNICAMP. Coordenadora associada do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade da UNICAMP e atualmente, preside a Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Para maiores referências segue curriculum acadêmico (<http://lattes.cnpq.br/5458829100371043>).

Aguamos seu retorno quanto ao auxílio solicitado. Necessitamos desta documentação com certa urgência, pois a pesquisa depende dessas informações. Colocamo-nos à disposição para informações complementares (lorena@fec.unicamp.br, 19 3521-2335).

Atenciosamente,

Lorena Moreira e Regina Ruschel

Pesquisa - Manual de Uso, Operação e Manutenção das edificações

Olá, você está sendo convidado a participar de uma pesquisa acadêmica sobre Manual de Uso, Operação e Manutenção das edificações. Esta pesquisa faz parte de uma tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP. Agradecemos a colaboração.

* Ao responder este questionário, você está aderindo aos termos do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, disponível para consulta no link: <https://docs.google.com/document/d/1Z-H9qZalhEmewOBsU67w0T9bhMupHO9th2wQC87Dxlo/edit?usp=sharing>

*Obrigatório

*

Li o termo e estou de acordo

Construtora *

Insira aqui o nome da empresa.

Sua resposta

Representante *

Insira aqui o nome completo do representante.

Sua resposta

Telefone *

Insira aqui o telefone para contato. Formato: (xx) xxxx-xxxx

Sua resposta

E-mail *

Insira aqui o e-mail para contato.

Sua resposta

Pesquisa - Manual de Uso, Operação e Manutenção das edificações

Entrega do Manual

A construtora entrega o Manual de Uso, Operação e Manutenção das Edificações para os respectivos proprietários?

*

- Sim
- Não
- Às vezes

Se sim, de que forma é entregue o Manual? *

- Impresso
- Website
- CD / DVD
- Aplicativo
- Outro: _____

A empresa desenvolve o Manual ou terceiriza? *

- Desenvolve
- Terceiriza
- Ambos

A construtora realiza pesquisa de satisfação com os proprietários? *

- Sim
- Não
- Esporadicamente

Para todo uso (residencial, comercial, ...) e padrão (baixo, médio, alto) de edificação o Manual é o mesmo? *

- Sim
- Não

Pesquisa - Manual de Uso, Operação e Manutenção das edificações

Que uso e padrão de edificação é o foco da empresa?

Pode-se escolher mais de uma opção. Escolha a que mais se aproxima do uso de edificação (residencial ou comercial) e Padrão segundo a ABNT NBR 12.721:2006.

Residencial - Padrão Popular

- RP1Q Residência unifamiliar popular: 1 pavimento, 1 dormitório, sala, banheiro e cozinha.

Residencial - Padrão Baixo

- R-1 Residência unifamiliar padrão baixo: 1 pavimento, com 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha, e área para tanque.
- PP-4 Residência multifamiliar - Prédio popular - padrão baixo: térreo e 3 pavimentos-tipo.
- R-8 Residência multifamiliar padrão baixo: Pavimento térreo e 7 pavimentos-tipo.
- PIS Residência multifamiliar - Projeto de Interesse Social: Térreo e 4 pavimentos-tipo.

Residencial - Padrão Normal

- R-1 Residência unifamiliar padrão normal: 1 pavimento, 3 dormitórios, sendo um suíte com banheiro, banheiro social, sala, circulação, cozinha, área de serviço com banheiro e varanda (abrigo para automóvel).
- PP-4 Residência multifamiliar - Prédio popular - padrão normal: Pilotis e 4 pavimentos-tipo.
- R-8 Residência multifamiliar, padrão normal: Garagem, pilotis e 8 pavimentos-tipo.
- R-16 Residência multifamiliar, padrão normal: Garagem, pilotis e 16 pavimentos-tipo.

Residencial - Padrão Alto

- R-1 Residência unifamiliar padrão alto: 1 pavimento, 4 dormitórios, sendo um suíte com banheiro e closet, outro com banheiro, banheiro social, sala de estar, sala de jantar e sala íntima, circulação, cozinha, área de serviço completa e varanda (abrigo para automóvel).
- R-8 Residência multifamiliar, padrão alto: Garagem, pilotis e 8 pavimentos-tipo.
- R-16 Residência multifamiliar, padrão alto: Garagem, pilotis e 16 pavimentos-tipo.

Comercial - Padrão Normal

- CAL-8 Edifício comercial andares-livre: Garagem, pavimento térreo e 8 pavimentos-tipo.
- CSL-8 Edifício comercial, com lojas e salas: Garagem, pavimento térreo e 8 pavimentos-tipo.
- CSL-16 Edifício comercial, com lojas e salas: Garagem, pavimento térreo e 16 pavimentos-tipo.

Comercial - Padrão Alto

- CAL-8 Edifício comercial andares-livre: Garagem, pavimento térreo e 8 pavimentos-tipo.
- CSL-8 Edifício comercial, com lojas e salas: Garagem, pavimento térreo e 8 pavimentos-tipo.
- CSL-16 Edifício comercial, com lojas e salas: Garagem, pavimento térreo e 16 pavimentos-tipo.

Outros usos como:

- Escolar (Serviços de Educação)
- Hospitalar (Serviços de Saúde)
- Industrial
- Outro: _____

Campinas, maio de 2016

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Esta pesquisa é coordenada pela Profa. Dra. Regina Ruschel³⁷ pesquisadora do Departamento de Arquitetura e Construção da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e pela Profa. Lorena Moreira³⁸ da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia (UFBA), que realiza doutorado no Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade da UNICAMP. Em caso de dúvidas as pesquisadoras poderão ser contatadas pelo telefone (19) 3521-2051. E-mail: ruschel@fec.unicamp.br e lorenasm@ufba.br.

Título da pesquisa: O MANUAL DO PROPRIETÁRIO DA EDIFICAÇÃO INCORPORANDO A REALIDADE AUMENTADA

Identificação da Instituição na qual a pesquisa se realiza: Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Objetivo da pesquisa em questão: caracterização e classificação de manuais do proprietário de habitação em nível nacional.

Metodologia da Pesquisa: O método proposto para a pesquisa associada a este formulário é o levantamento. A amostragem para o estudo será por conglomerados e estratificada. Os conglomerados serão relativos as regiões do Brasil. A estratificação será relativa a padrões de edificação segundo a NBR 12.721:2006 (Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios – Procedimento). O instrumento para a coleta de dados é este formulário que requer informações sobre o participante, informações sobre o manual e informações relativas a edificação correspondente. Após o preenchimento do formulário o participante será contatado para solicitação de envio do manual. Os dados coletados e manuais correspondentes integrarão a amostra do levantamento, e serão caracterizados e classificados seguindo critérios estabelecidos na NBR 14037:2014 (Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações — Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos).

Os dados do participante serão mantidos em sigilo. Não há, portanto, risco de que sua privacidade seja invadida. Os dados fornecidos serão usados para compor uma análise geral da pesquisa de Classificação de Manuais do Proprietário para Realidade Aumentada, e os participantes terão acesso assegurado aos dados desta pesquisa, assim que a mesma estiver concluída.

Informações para os participantes: A participação no preenchimento do formulário é voluntária. Reserva-se ao indivíduo o direito de se recusar a participar, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma.

Ao responder o questionário, o participante considera-se concordante com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

³⁷ <http://lattes.cnpq.br/5458829100371043>

³⁸ <http://lattes.cnpq.br/1740861560054333>

APÊNDICE C – Parecer Consubstanciado do CEP, Questionários de Pesquisa e TCLE aplicados na Avaliação do Artefato

Continuação do Parecer: 2.305.525

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: O manual do proprietário da edificação assistido pela Realidade Aumentada

Pesquisador: LORENA CLAUDIA DE SOUZA MOREIRA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 71276417.2.0000.5404

Instituição Proponente: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

Patrocinador Principal: CONS NAC DE DESENVOLVIMENTO CIENTIFICO E TECNOLOGICO

DADOS DO PARECER Número do Parecer: 2.305.525

Apresentação do Projeto:

Introdução:

O Manual de uso, operação e manutenção das edificações, também conhecido como Manual do Proprietário (MP), é o documento que contempla todas as informações necessárias para guiar as atividades de manutenibilidade e uso da edificação. Para melhorar a comunicação no processo ao longo das etapas de projeto e execução, juntamente com o esclarecimento de dúvidas relativas a essas questões, é relevante a qualificação da documentação técnica produzida e o manual do proprietário insere-se neste contexto. Assim sendo, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a NBR 14037 - Manual de operação, uso e manutenção das edificações - tem por finalidade orientar os usuários da edificação sobre suas características técnicas; recomendar procedimentos no intuito de uma melhor utilização da edificação; propor atividades de manutenção; precaver o surgimento de falhas e acidentes decorrentes do mau uso e contribuir para a longevidade da edificação (ABNT, 2011). Para a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), o fornecimento dos manuais de uso e operação das edificações tem a função de salientar que a longevidade de uma construção não está relacionada apenas aos problemas de projeto e de execução da obra, mas também ao adequado uso e manutenção, considerando inclusive a manutenção preventiva. A CBIC reforça a importância de esforços conjuntos para modificar a cultura da falta de cuidados e atenção para com a edificação, além de expor responsabilidades de construtores e/ou incorporadores e projetistas, assim como usuários e/ou síndicos nesse processo (CBIC, 2014). Tanto do ponto de vista econômico quanto do ponto de vista ambiental, é impraticável considerar a edificação como um produto descartável e de simples substituição.

Deve-se ter em conta a tarefa de manter as edificações existentes e as recém-construídas em condições adequadas de uso e que atendam às exigências dos seus usuários. Segundo a NBR 5674, é comprovado que em diferentes tipos de edificações os custos anuais de manutenção variam entre 1

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br

Continuação do Parecer: 2.305.525

e 2% do seu custo inicial. Porém, este valor pode ser equivalente ou superior ao custo de construção se acumulado ao longo da vida útil das edificações (ABNT, 1999). Apesar do manual do proprietário ter passado por atualizações ao longo do tempo, seu formato não foi modificado. O manual praticado apresenta-se sempre de forma textual e tradicionalmente impresso. O seu conteúdo apesar de também poder estar inserido em outras mídias, como por exemplo pen drive ou CD-ROM, frequentemente apresenta-se no formato tradicional. Com o avanço tecnológico, novos meios de comunicação surgiram e interferiram na maneira em que as pessoas interagem com determinado conteúdo e atuam positivamente na compreensão de um objeto. O objeto a ser esclarecido pelo manual do proprietário é o edifício. Para Zevi (1996) o método tradicional de representação dos edifícios (plantas baixas, elevações, cortes e fotografia) é incapaz de representar completamente o espaço arquitetônico, pois existe fragmentação e ambiguidade nos desenhos bidimensionais utilizados. A planta de um edifício nada mais é do que uma projeção abstrata no plano horizontal de todas as suas paredes, uma realidade que ninguém vê a não ser no papel, cuja única justificativa depende da necessidade de medir distâncias entre os vários elementos da construção, para os operários que devem executar materialmente o trabalho (ZEVI, 1996, p. 18). Sendo assim, apresenta-se o seguinte problema de pesquisa: o manual do proprietário em formato apenas textual e linguagem técnica não é atrativo e, por sua vez, os proprietários de edificações não são motivados a utilizá-lo. Por consequência, ele não cumpre a sua função de guiar as atividades de manutenibilidade e uso da edificação. A forma com que percebemos a realidade está em constante mutação, pois a tecnologia digital revoluciona e muda a visão de mundo. O universo das telecomunicações e dos computadores cria novas maneiras de pensar e conviver e as relações humanas dependem da metamorfose constante dos dispositivos informacionais de todos os tipos (LÉVY, 1993). A Realidade Aumentada (RA) é uma dessas tecnologias que pode ser utilizada no intuito de potencializar o entendimento e a compreensão de um conteúdo específico. A RA é um campo de pesquisa atual e com grande potencial de crescimento. A RA combina a Realidade Virtual (RV) e o mundo real podendo aumentar a percepção do usuário e sua interação (CARDOSO et al., 2007). Também pode ser compreendida como a sobreposição da informação gerada por computador sobre o ambiente real por meio da visão do usuário, na qual a realidade virtual se diferencia da RA no sentido em que os objetos em RA coexistem com os objetos do ambiente real (BEHZADAN; KAMAT, 2013). Em uma aplicação de Realidade Aumentada é necessário no mínimo um dispositivo computacional (computador ou dispositivo móvel) equipado com um dispositivo de exibição (monitor ou projetor) e um dispositivo de captura da imagem (câmera de vídeo ou webcam).

Para aplicações mais robustas, do ponto de vista computacional, ou que envolvam múltiplos usuários, pode-se utilizar sistemas web (LOPES, 2012). Pesquisas envolvendo a RA nos campos da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) são uma tendência atual, em constante desenvolvimento e permitem superar as limitações das técnicas tradicionais (FREITAS; RUSCHEL, 2013; RANKOHI; WAUGH, 2013). Por certo, as ferramentas digitais passaram a se integrar aos meios de produção da arquitetura gerando um aumento da velocidade, da precisão, do controle, da

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br

Continuação do Parecer: 2.305.525

economia de recursos e da diversidade de opções em relação à edificação (SILVA JUNIOR, 2011). De acordo com Rohani, Fan e Yu (2014) a utilização de formas inovadoras na construção é tão importante quanto a concepção de novos produtos para a edificação. Neste sentido, a visualização ganhou uma credibilidade crescente entre os pesquisadores da construção e tem sido considerada como um dos quatro principais domínios de TI na construção. Os métodos de visualização têm surgido como um instrumento útil de coordenação para análise e comunicação de resultados de simulação (CHEN; HUANG, 2013; OLBRICH et al., 2013; IRIZARRY et al., 2013; WANG et al., 2014). Os equipamentos de RA destinados à visualização, podem ser classificados em: (i) dispositivos de cabeça, (ii) dispositivos de mão e (iii) dispositivos de projeção (AZUMA et al., 2001). Os dispositivos de cabeça (Head Mounted Displays - HMD) podem ser subdivididos em dois tipos: dispositivos óticos e dispositivos de vídeo. Os dispositivos óticos (optical see-through) possuem lentes que permitem visualizar a cena real de uma forma direta, acrescida dos objetos virtuais, enquanto que os dispositivos de vídeo (video see-through) possuem uma tela onde são combinadas a imagem real com os objetos virtuais (AZUMA et al., 2001). Por sua vez, os dispositivos de mão, apesar de possuírem um tamanho reduzido para visualização, possuem a característica da mobilidade integrada a interatividade. Tablets, celulares e palmtops, cada vez menores, mais poderosos, e mais baratos, possibilitam a interação do usuário por meio de telas touchscreen. Fazendo-se um paralelo com as pesquisas realizadas nesse âmbito, um estudo realizado nos cursos de engenharia dos EUA propõe uma forma inovadora para a educação na área da construção civil, em que combina o uso do conteúdo escrito à visualização em 3D por meio da RA (BEHZADAN; KAMAT, 2013). Os autores primeiramente tratam do distanciamento entre teoria e prática nas faculdades de engenharia e revelam que, embora os alunos sejam graduados e possuam um bom conhecimento teórico, não sabem aplicá-los na prática. A grande vantagem da RA está em utilizar o ambiente real como background, permitindo a possibilidade de interação com o ambiente virtual. Por sua vez, o estudo de Hou, Wang, e Truijens (2014) trata da RA voltada para tarefas de operação e montagem. Os autores investigam o quanto a melhoria da produtividade e desempenho na montagem pode ser alcançado através da redução da carga de trabalho cognitiva através da RA. A pesquisa comparou a montagem das peças por meio do desenho isométrico de instalações hidráulicas com um vídeo em Realidade Aumentada com resultados positivos.

Da mesma forma, Hou et al. (2013) publicaram uma pesquisa em que o objetivo é analisar o potencial cognitivo em tarefas específicas de montagem com um sistema de Realidade Aumentada. Os autores abordam de que forma isto pode contribuir para a montagem industrial, no intuito de encurtar a aprendizagem dos montadores inexperientes. No estudo confronta-se o manual/guia de montagem impresso com o sistema de RA concebido. Os resultados apontaram um impacto positivo demonstrado pelo aumento da curva de aprendizagem dos usuários e pela redução de erros cometidos. Os autores sugerem que o uso desta tecnologia na orientação do processo de montagem nas atividades da construção irá proporcionar melhorias semelhantes. Por sua vez, Wang et al. (2013) abordam a lacuna existente entre a Modelagem da Informação da Construção (Building

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br

Continuação do Parecer: 2.305.525

Information Modeling - BIM) e a RA. Neste trabalho, os autores propõem uma estrutura conceitual que integra o BIM com a Realidade Aumentada, de modo a permitir que o contexto físico de cada atividade da construção possa ser visualizado em tempo real. Sugerem que, para esta junção ser eficaz, a RA deve ser ubíqua e atuar em conjunto com tecnologias de rastreamento e detecção. Da mesma forma, Olbricht et al. (2013) tratam da visualização de informações em RA, com base em modelos BIM e afirmam que o desafio é fazer com que os agentes envolvidos no ciclo de vida da edificação obtenham acesso ao sistema de gestão por meio de inspeções in loco e com a transmissão automática de informações. Fazendo-se uma associação entre o manual do proprietário e as pesquisas citadas, percebe-se o potencial em tornar o manual mais interativo, dinâmico e instrutivo através da RA. Esta associação pode, inclusive, extrapolar os limites de uma visualização estática e partir para uma aproximação com o objeto construído (edificação). Desta forma, esta proposta de doutorado busca tornar o manual do proprietário mais compreensível, visando uma maior aproximação com o usuário final que, na maioria das vezes, não absorve os termos da construção civil. Outro fator importante é o auxílio da RA em tarefas de manutenção das edificações. Os gerentes de facilities constantemente visitam os espaços geridos. O uso de dispositivos móveis com a visualização de informações em RA é um benefício na execução das tarefas de manutenção e operação (IRIZARRY et al., 2014). Como tal, o apoio a informações oportunas desempenha um papel essencial na contenção do problema e diagnóstico de equipamentos na identificação de causas emergenciais (LEE; AKIN, 2011). Neste sentido, o gerente de facilities, assim como o proprietário e o síndico do empreendimento poderão adotar o manual do proprietário como um instrumento de gestão para as atividades de manutenção e operação da edificação. Assim sendo, esta proposta de doutorado vislumbra uma aplicação inovadora de exprimir conceitos relacionados à forma do usuário interagir com o manual do proprietário. É sabido pela norma NBR 14037:2014 que o uso de meios eletrônicos é permitido desde que sejam de fácil operação e compreensão. Deve ser facultado ao usuário a solicitação do formato impresso para o manual do proprietário no momento da entrega do empreendimento adquirido. Vale ressaltar que a presente pesquisa não tem a intenção de substituir o formato do manual do proprietário existente (impresso) e sim fornecer mais um meio de interação entre o proprietário e o manual por meio da tecnologia da Realidade Aumentada.

Hipótese:

Considerando o problema de pesquisa abordado e os objetivos propostos, a principal hipótese desta pesquisa é que a incorporação da Realidade Aumentada ao Manual de uso, operação e manutenção das edificações estimula ganhos no que diz respeito a utilização e compreensão do manual. A partir dessa afirmação considera-se que o uso, a manutenção e a operação de edifícios podem ser assistidos pela Realidade Aumentada. Dessa forma, os usuários terão informações claramente apresentadas de como atuar em determinadas atividades relacionadas à edificação.

Metodologia Proposta:

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126	
Bairro: Barão Geraldo	CEP: 13.083-887
UF: SP	Município: CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936	Fax: (19)3521-7187
	E-mail: cep@fcm.unicamp.br

Continuação do Parecer: 2.305.525

A presente pesquisa contempla conteúdos em áreas multidisciplinares e requer um maior detalhamento dos procedimentos a serem praticados na condução do estudo. Diante disso, foi adotado o Design Science Research (DSR) como método de pesquisa. A Design Science Research, também conhecida como Constructive Research, é a “ciência que procura consolidar conhecimentos sobre o projeto e desenvolvimento de soluções para melhorar sistemas existentes, resolver problemas e criar novos artefatos” (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015, p. 59). O artefato é desenvolvido a partir da compreensão de um problema prático e uma solução correspondente. Os artefatos podem ser modelos, estruturas organizacionais ou projeto de sistemas de informação, entre outros. Uma característica importante deste tipo de pesquisa é a orientação para resolução de problemas específicos, porém ela não busca uma solução ótima, mas uma solução satisfatória (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). De fato, a DSR é uma abordagem de pesquisa para produção de artefatos com o intuito de resolver problemas encontrados no mundo real, desta forma contribui para a teoria da área aplicada (COLE et al., 2005; LUKKA, 2003). Peffers et al. (2007) complementam ainda que o artefato necessita ser avaliado e que seu desenvolvimento acompanhe um processo que extrai teorias e conhecimentos existentes para se chegar a uma solução para um problema definido. E, ao término da pesquisa, a mesma deve ser transmitida de forma eficaz para o público adequado. Walls, Widmeyer e El Sawy (1992) relataram que a Design Science Research além de ser fundamental para a engenharia, arquitetura e artes, tem relevância também para a área de sistemas de informação. Além disso, defenderam a aplicação dos conceitos da DSR em pesquisas na área tecnológica por possibilitar o desenvolvimento de teorias prescritivas que auxiliam na condução de soluções práticas e efetivas.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar a incorporação de recursos de Realidade Aumentada no Manual de uso, operação e manutenção das edificações.

Objetivo Secundário:

Como objetivos específicos foram elencadas as seguintes metas para o desenvolvimento do trabalho:

-Caracterizar os recursos de RA quanto à aplicabilidade para visualização do conteúdo do Manual do Proprietário no intuito de orientar os usuários da edificação sobre as características técnicas da edificação; Recomendar procedimentos de utilização da edificação; - Propor e orientar atividades de manutenção; -Desenvolver propostas de incorporação de RA no manual do proprietário e também propostas de incorporação no ambiente deste manual por meio da RA; - Comparar diferentes dispositivos de visualização no uso da RA: por meio de tablet e por meio de óculos de RA; - Identificar solução de maior aceitação e aplicabilidade pelos usuários.

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br

Continuação do Parecer: 2.305.525

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Desconfortos e riscos:

Você não deve participar deste estudo se tiver menos que 18 anos de idade, for portador de deficiência visual do tipo cegueira ou ter deficiência motora nas mãos. Você terá que utilizar um tablet ou um óculos de Realidade Aumentada e manusear um parafuso plástico, uma boia e uma tampa de vaso de caixa acoplada. A pesquisa não apresenta riscos previsíveis, porém o participante deverá dedicar um tempo, em média de 15 minutos para a realização da atividade.

Benefícios:

Proposição de artefato em formato de aplicativo para possibilitar maior proximidade entre o usuário final e sua habitação, por meio do acesso facilitado à informação. Espera-se que tal ferramenta poderá ser incorporada ao contexto da habitação no Brasil. Porém, não há benefícios diretos previsíveis aos participantes.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Este protocolo se refere ao Projeto de Pesquisa de Doutorado intitulado “O manual do proprietário da edificação assistido pela Realidade Aumentada”, conduzido por Lorena Claudia de Souza Moreira, sob orientação da Profa. Dra. Regina Coeli Ruschel e co-orientação da Profa. Dra. Ana Lucia Nogueira de Camargo Harris. A pesquisa se enquadra nas Áreas de Conhecimento: Grande Área 6. Ciências Sociais Aplicadas Segundo as Informações Básicas do Projeto, a pesquisa tem orçamento estimado em R\$ 6.400,00 (seis mil e quatrocentos reais), com apoio financeiro do CNPq. O cronograma apresentado contempla Experimento de 25/09/2017 a 20/10/2017 e Experimento piloto de 11/09/2017 a 15/09/2017. O método de análise de dados se dará por avaliações com os potenciais usuários do artefato proposto seguindo o método de mensuração NASA TLX. O NASA TLX foi desenvolvido por Hart e Staveland (1988) e é um procedimento de que estabelece uma pontuação global da Carga de Trabalho baseada em uma média ponderada de avaliações em seis subescalas: Exigência (Demanda) Mental, Exigência (Demanda) Física, Exigência (Demanda) Temporal, o Desempenho (Performance) Próprio – podendo ser elencados em: Níveis de Realização, Esforço e Frustração (CARDOSO; GONTIJO, 2012). Após a realização do experimento serão coletados os dados através de 6 questões que serão respondidas pelos usuários. Os usuários serão divididos em 5 grupos de 30 pessoas. A análise de dados será feita por media ponderada entre as respostas coletadas. O tamanho da amostra proposto é de 50 participantes da pesquisa, divididos em 5 grupos iguais. O projeto de pesquisa visa identificar as influências dos filtros de percepção (idade, gênero, escolaridade, familiarização) na tarefa auxiliada por RA. Generalização da avaliação subjetiva e multidimensional para tarefas similares incluídas no Manual de uso, operação e manutenção das edificações com potencial de auxílio com RA.

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br

Continuação do Parecer: 2.305.525

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram analisados os seguintes documentos de apresentação obrigatória:

- 1 - Folha de Rosto Para Pesquisa Envolvendo Seres Humanos: Foi apresentado o documento "folhaderostolorena.pdf" devidamente preenchido, datado e assinado.
- 2 - Projeto de Pesquisa: Foram analisados os documentos "ProjetoPlataformaBrasilLorena.pdf" e "PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_958441.pdf". Precisa de adequações (Vide item "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações").
- 3 - Orçamento financeiro e fontes de financiamento: Informações sobre orçamento financeiro incluídas no documento "PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_958441.pdf".
- 4 - Cronograma: Informações sobre o cronograma incluídas nos documentos "PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_958441.pdf". Precisa de adequações (Vide item "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações").
- 5 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Precisa de adequações (Vide item "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações").
- 6 - Cartaresposta.pdf
- 7 - Verificar item "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações"

Recomendações:

Cabe ao CEP verificar o atendimento das questões apontadas no item "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações", antes de autorizar o início do estudo.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

1) Cronograma

O cronograma das Informações Básicas do Projeto não apresenta o período da recrutamento e seleção dos participantes da pesquisa, descrevendo Experimento de 25/09/2017 a 20/10/2017 e Experimento piloto de 11/09/2017 a 15/09/2017. Cabe ressaltar que a conduta do CEP é não emitir parecer para pesquisas concluídas ou em andamento, baseando-se no fato de que o parecer não é algo meramente burocrático, e sim uma contribuição para a adequação do projeto de pesquisa às normas éticas vigentes, protegendo, assim, os interesses dos participantes de pesquisa e, conseqüentemente, de todos os envolvidos no processo: pesquisador, instituição proponente, o CEP e a própria CONEP (Resolução CNS nº 466 de 2012 item XI.2.a). Neste caso, interessa o momento da coleta de dados e seleção dos participantes da pesquisa. Revisão de literatura e outros itens relativos ao planejamento da pesquisa podem (devem) ser conduzidos antes da emissão do parecer do CEP. Diante do exposto, solicitam-se esclarecimentos e adequação sobre como está planejada a seleção dos participantes da pesquisa, da coleta e análise dos dados.

A pesquisadora também deve observar os prazos dos ajustes solicitados ao projeto de pesquisa, para não prejudicar os prazos planejados durante o período de ajuste.

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126	
Bairro: Barão Geraldo	CEP: 13.083-887
UF: SP	Município: CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936	Fax: (19)3521-7187
	E-mail: cep@fcm.unicamp.br

Continuação do Parecer: 2.305.525

Pendência encerrada: A pesquisadora fez os ajustes solicitados.

2) Amostra e critérios de inclusão e exclusão dos participantes da pesquisa.

2.1) A pesquisadora declarou nas Informações Básicas do projeto uma amostra de 50 participantes da pesquisa, divididos em 5 grupos de participantes cada. Entretanto, no item Metodologia de Análise de Dados, a pesquisadora declara que "serão coletados os dados através de 6 questões que serão respondidas pelos usuários. Os usuários serão divididos em 5 grupos de 30 pessoas". No documento ProjetoPlataformaBrasilLorena.pdf a pesquisadora declara que o tamanho da amostra pode variar de 50 a 150 participantes da pesquisa. Solicita-se esclarecimentos ao pesquisador sobre os critérios para inclusão e exclusão dos participantes da pesquisa, incluindo o recrutamento e seleção desses participantes, confirmando os tipos e tamanhos de grupos propostos pela pesquisadora.

Pendência encerrada: A pesquisadora fez os ajustes solicitados.

3) TCLE

3.1) O texto como foi descrito no TCLE não garante indenização por danos decorrentes da pesquisa, bem como declara não haver o ressarcimento de gastos relacionados à participação no estudo (passagem e uma refeição), sendo contrário ao disposto na Resolução CNS n.466/2012. Diante do exposto, solicita-se que a sentença destacada passe a ter a seguinte redação: "Em caso de dano decorrente da pesquisa, está garantida a assistência integral e imediata, de forma gratuita, pelo tempo que for necessário. Você também tem direito a indenização em caso de danos".

Pendência encerrada: A pesquisadora fez os ajustes solicitados.

Considerações Finais a critério do CEP:

- O participante da pesquisa deve receber uma via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (quando aplicável).
- O participante da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (quando aplicável).
- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado. Se o pesquisador considerar a descontinuação do estudo, esta deve ser justificada e somente ser realizada após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou. O pesquisador deve aguardar o parecer do CEP quanto à descontinuação, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao participante ou quando constatar a superioridade de uma estratégia diagnóstica ou

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br

Continuação do Parecer: 2.305.525

terapêutica oferecida a um dos grupos da pesquisa, isto é, somente em caso de necessidade de ação imediata com intuito de proteger os participantes.

- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo. É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.
- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas e aguardando a aprovação do CEP para continuidade da pesquisa. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial.
- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente seis meses após a data de parecer de aprovação e ao término do estudo.
- Lembramos que segundo a Resolução 466/2012, item XI.2 letra e, “cabe ao pesquisador apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento”.
- O pesquisador deve 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.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_958441.pdf	18/09/2017 17:51:22		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoPlataformaBrasilrevisao.pdf	18/09/2017 16:56:37	LORENA CLAUDIA DE SOUZA MOREIRA	Aceito
Outros	Cartaresposta.pdf	18/09/2017 16:50:53	LORENA CLAUDIA DE SOUZA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEProjetoLorena.pdf	18/09/2017 16:49:12	LORENA CLAUDIA DE SOUZA MOREIRA	Aceito
Outros	AtestadoMatricula.pdf	10/07/2017 16:34:31	REGINA COELI RUSCHEL	Aceito
Folha de Rosto	folhaderostolorena.pdf	10/07/2017 15:57:21	REGINA COELI RUSCHEL	Aceito

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br

Continuação do Parecer: 2.305.525

Outros	reginaruschelvinculopesquisadorunicam panterior.pdf	10/07/2017 14:08:37	REGINA COELI RUSCHEL	Aceito
Outros	reginaruschelvinculopesquisadorunicam p.pdf	10/07/2017 14:08:02	REGINA COELI RUSCHEL	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CAMPINAS, 29 de Setembro de 2017

Assinado por:
Renata Maria dos Santos Celeghini
(Coordenador)

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br

Questionário – Identificação do Perfil**Qual a sua faixa etária?**

- | | | | |
|--------------------------|--------------|--------------------------|-----------------|
| <input type="checkbox"/> | 18 a 24 anos | <input type="checkbox"/> | 45 a 49 anos |
| <input type="checkbox"/> | 25 a 29 anos | <input type="checkbox"/> | 50 a 54 anos |
| <input type="checkbox"/> | 30 a 34 anos | <input type="checkbox"/> | 55 a 59 anos |
| <input type="checkbox"/> | 35 a 39 anos | <input type="checkbox"/> | 60 anos ou mais |
| <input type="checkbox"/> | 40 a 44 anos | | |

Qual o seu gênero?

- Masculino
 Feminino

Qual a sua escolaridade máxima?

- Fundamental incompleto
 Fundamental completo
 Médio incompleto
 Médio completo
 Superior incompleto
 Superior completo
 Superior com especialização
 Superior com pós-graduação (mestrado ou doutorado)

Já realizou a troca de uma boia em vaso de caixa acoplada anteriormente?

- Sim
 Não
 Acompanhei a troca realizada por outra pessoa

Você alguma vez consultou o manual do proprietário da edificação?

- Sim
 Não

Tem familiaridade com?

- Tablet
 Óculos de Realidade Aumentada (RA)
 Aplicativos de Realidade Aumentada
(Exemplos: Games – Pokémon GO, showroom – IKEA, marketing – LEGO)

Você será questionado com base nesses conceitos sobre a realização da tarefa:

DEMANDA MENTAL

PENSAR, DECIDIR, CALCULAR, LEMBRAR, OLHAR, PROCURAR, ETC.

DEMANDA FÍSICA

EMPURRAR, PUXAR, GIRAR, CONTROLAR, LEVANTAR, ETC.

DEMANDA TEMPORAL

PRESSÃO DE TEMPO SENTIDA.

PERFORMANCE

SATISFAÇÃO COM SEU DESEMPENHO.

ESFORÇO

MENTAL E FÍSICO.

NÍVEL DE FRUSTRAÇÃO

INSEGURANÇA, DESENCORAJAMENTO, IRRITAÇÃO, STRESS.

Para cada par apresentado, qual você considera como mais importante/útil, em termos de carga de trabalho, para a tarefa que você acabou de realizar?

EXEMPLO

Demanda Mental		X	X	Demanda Física
----------------	--	---	---	----------------

Esforço		X		Performance
Demanda Temporal		X		Frustração
Demanda Temporal		X		Esforço
Demanda Física		X		Frustração
Performance		X		Frustração
Demanda Física		X		Demanda Temporal
Demanda Física		X		Performance
Demanda Temporal		X		Demanda Mental
Frustração		X		Esforço
Performance		X		Demanda Mental
Performance		X		Demanda Temporal
Demanda Mental		X		Esforço
Demanda Mental		X		Demanda Física
Esforço		X		Demanda Física
Frustração		X		Demanda Mental

Para cada uma das seis escalas, avalie a tarefa que você realizou com uma marca que corresponde à sua experiência. Considere cada escala individualmente.

EXEMPLO



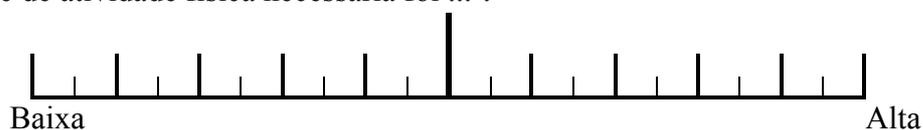
DEMANDA MENTAL

A quantidade de atividade mental e de percepção que a tarefa necessita foi ... ?



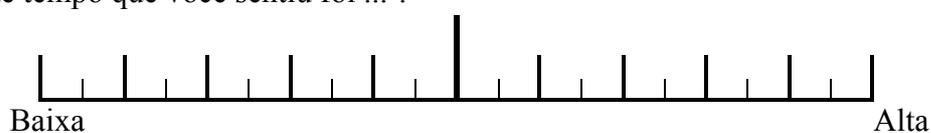
DEMANDA FÍSICA

A quantidade de atividade física necessária foi ... ?



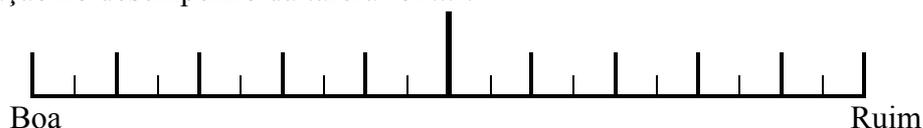
DEMANDA TEMPORAL

A pressão de tempo que você sentiu foi ... ?



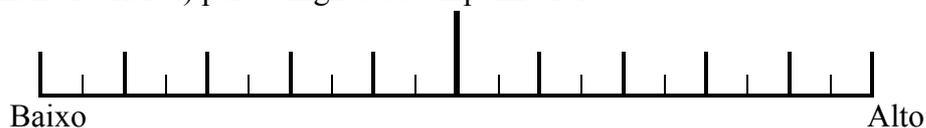
PERFORMANCE

A sua satisfação no desempenho da tarefa foi ... ?



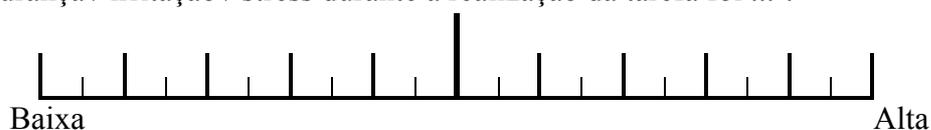
ESFORÇO

O esforço (mental e físico) para atingir o desempenho foi ... ?



FRUSTRAÇÃO

A sua insegurança / irritação / stress durante a realização da tarefa foi ... ?



**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
O MANUAL DO PROPRIETÁRIO DA EDIFICAÇÃO ASSISTIDO PELA REALIDADE
AUMENTADA**

Lorena Claudia de Souza Moreira
Regina Coeli Ruschel
Número do CAAE: (71276417.2.0000.5404)

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivos:

O objetivo desta pesquisa é avaliar a incorporação de recursos de Realidade Aumentada no Manual de uso, operação e manutenção das edificações visando estimular o uso do mesmo. Para isto foram desenvolvidas propostas de incorporação de RA no manual do proprietário e de incorporação do manual no ambiente por meio da RA.

Procedimentos:

Participando do estudo você está sendo convidado a: manusear um manual do proprietário impresso, ou um tablet, ou um óculos de Realidade Aumentada. O experimento abordará uma atividade de manutenção seguindo orientações do MANUAL DE USO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DAS EDIFICAÇÕES, ou seja, a troca da boia de um vaso de caixa acoplada e visualização de um conjunto de informações associadas (garantias, fornecedores e especificações técnicas).

As seguintes atividades serão realizadas: a assinatura do termo de consentimento de livre participação, o preenchimento de um questionário de caracterização de perfil (idade, gênero, grau de escolaridade, familiarização com a atividade, familiarização com a tecnologia), a realização da troca de boia e visualização de informação e finalmente o preenchimento de um questionário de avaliação subjetiva. A atividade terá a duração em média de 15 minutos incluindo o preenchimento dos questionários.

Desconfortos e riscos:

Você **não** deve participar deste estudo se tiver menos que 18 anos de idade, for portador de deficiência visual do tipo cegueira ou ter deficiência motora nas mãos. Você terá que utilizar um *tablet* ou um óculos de Realidade Aumentada e manusear um parafuso plástico, uma boia e uma tampa de vaso de caixa acoplada. A pesquisa não apresenta riscos previsíveis, porém o participante deverá dedicar um tempo, em média de 15 minutos para a realização da atividade.

Benefícios:

Proposição de artefato em formato de aplicativo para possibilitar maior proximidade entre o usuário final e sua habitação, por meio do acesso facilitado à informação. Espera-se que tal ferramenta poderá ser incorporada ao contexto da habitação no Brasil. Porém, não há benefícios diretos previsíveis aos participantes.

Acompanhamento e assistência:

Haverá acompanhamento presencial do pesquisador durante toda a avaliação, a fim de garantir apoio necessário à sua realização e rápido atendimento nos casos em que por ventura venha ocorrer eventual desconforto ou necessidade e/ou interesse de desistência da atividade da pesquisa manifestada pelo participante. Você receberá assistência integral e imediata, de forma gratuita, pelo tempo que for necessário diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado.

Ressarcimento e Indenização:

Não há ressarcimento previsto pela sua participação na pesquisa. Você terá a garantia ao direito à indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa. Você, ou seu representante legal, a qualquer tempo e sem quaisquer ônus ou prejuízos, pode se recusar a participar ou retirar o consentimento da pesquisa.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com os pesquisadores responsáveis. Esta pesquisa é coordenada pela Profa. Dra. Regina C. Ruschel pesquisadora do Departamento de Arquitetura e Construção da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e por Lorena C. de S. Moreira, que realiza doutorado no Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade da FEC, UNICAMP. Em caso de dúvidas as pesquisadoras poderão ser contatadas pelo telefone (19) 3521-2051. E-mail: ruschel@fec.unicamp.br e lorena@fec.unicamp.br.

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretária do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UNICAMP das 08:30hs às 11:30hs e das 13:00hs as 17:00hs na Rua: Tessália Vieira de Camargo, 126; CEP 13083-887 Campinas – SP; telefone (19) 3521-8936 ou (19) 3521-7187; e-mail: cep@fcm.unicamp.br.

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

O papel do CEP é avaliar e acompanhar os aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos. A Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), tem por objetivo desenvolver a regulamentação sobre proteção dos seres humanos envolvidos nas pesquisas. Desempenha um papel coordenador da rede de Comitês de Ética em Pesquisa (CEPs) das instituições, além de assumir a função de órgão consultor na área de ética em pesquisas

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

Nome do (a) participante: _____

Contato telefônico: _____ Data: ____/____/2017.

(Assinatura do participante ou nome e assinatura do seu RESPONSÁVEL LEGAL)

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

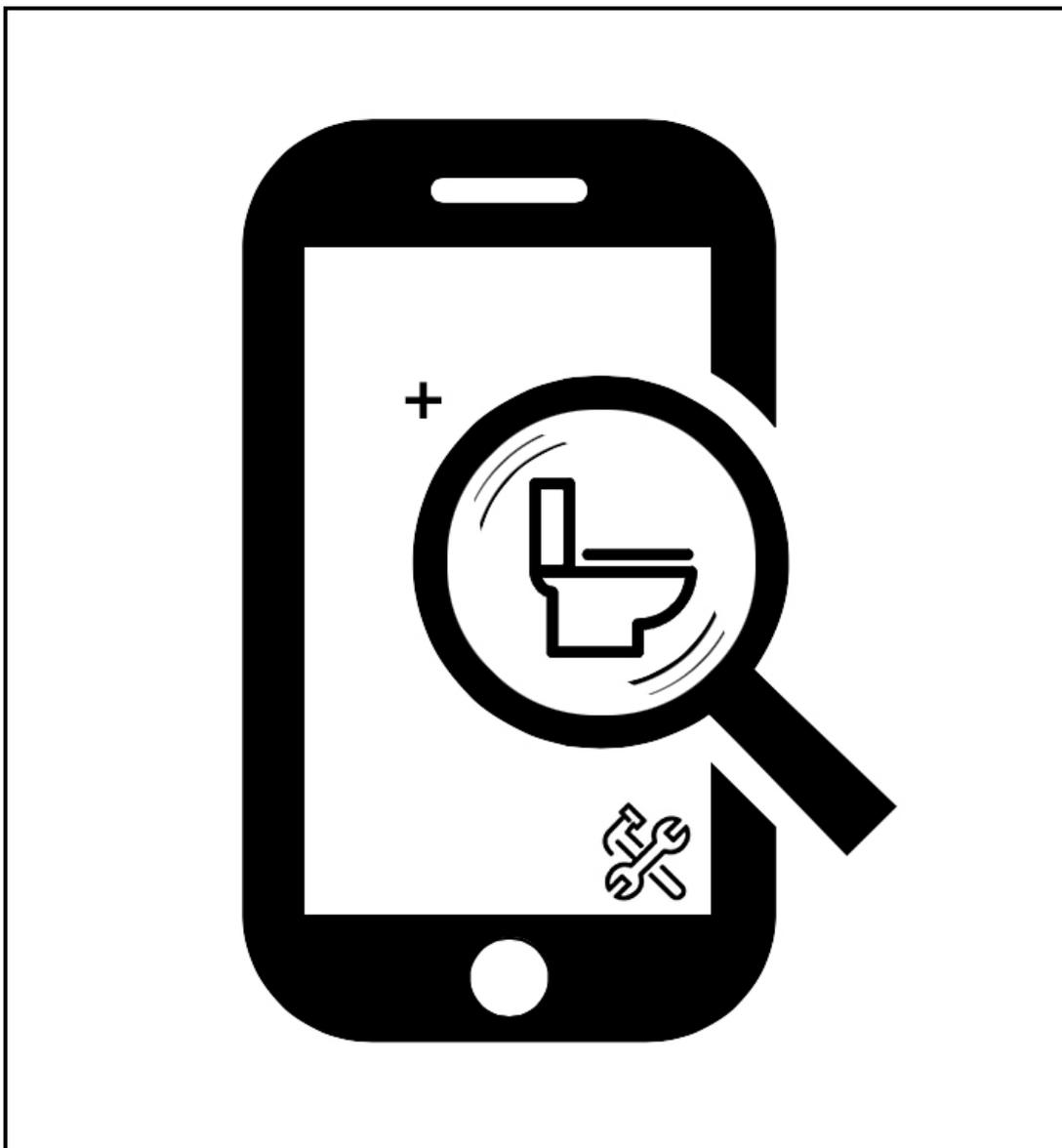
_____ Data: ____/____/____.

(Assinatura do pesquisador)

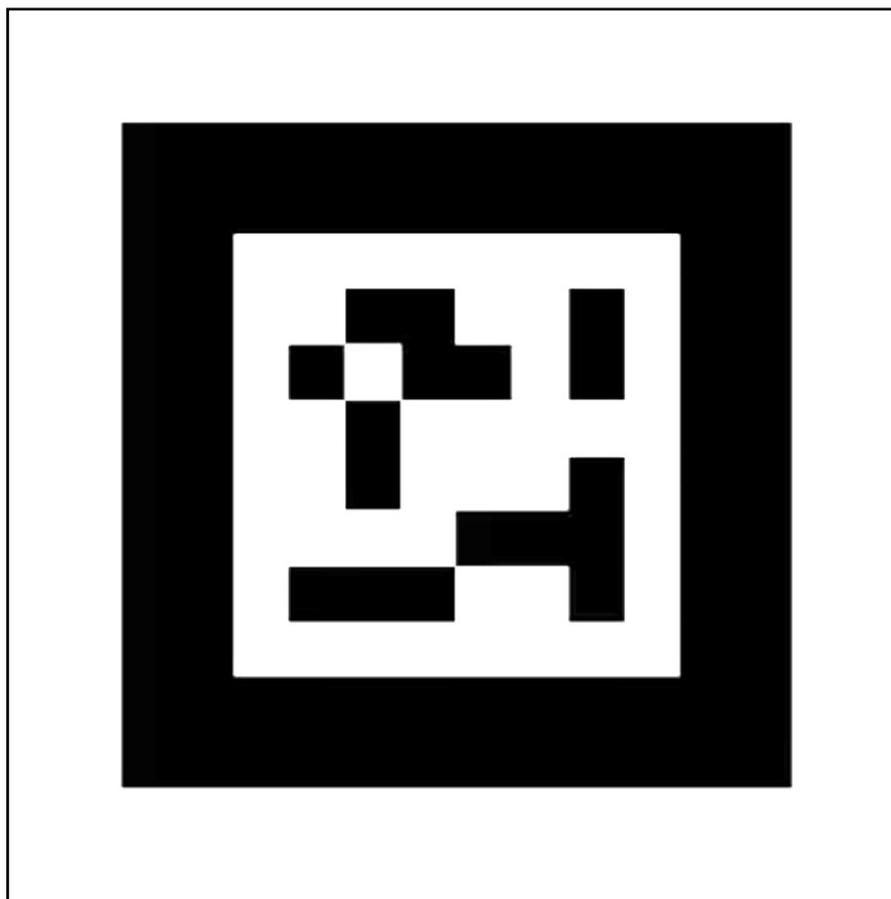
Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____

APÊNDICE D – Marcadores do LAR e do MAR e Manuais do Proprietário



Imprima a imagem acima (marcador LAR), corte na área tracejada e cole na parte frontal central da caixa acoplada do vaso (conforme ilustrado na tela “Instruções” do LAR).



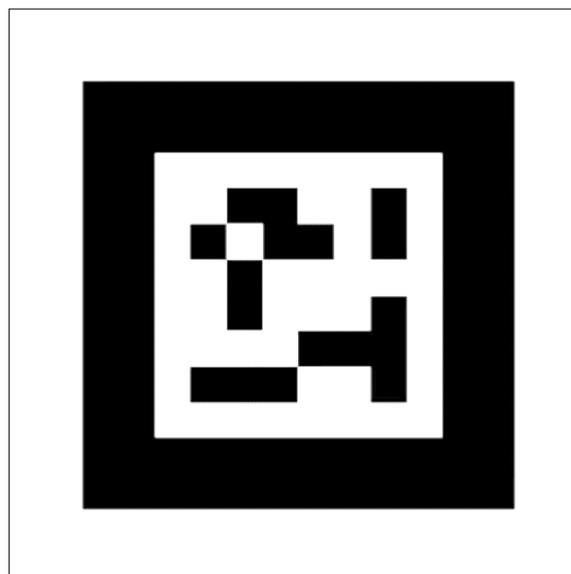
Imprima a imagem acima (marcador LAR), corte na área tracejada e cole na parte frontal central da caixa acoplada do vaso (conforme ilustrado na tela “Instruções” do LAR).

MANUAL DO PROPRIETÁRIO – MAR ÓCULOS

Caixa de descarga acoplada da bacia sanitária:

Substituição:

1. Com cuidado, abra e retire a tampa da caixa acoplada;
2. Desencaixe a boia;
3. Leve-a a um depósito de materiais de construção para que sirva de modelo para a compra de uma nova;
4. Com a boia nova em mãos, encaixe-a exatamente no local de onde a antiga foi retirada.



Informações

Termo de Garantia

Sistema		Prazos	
		Especificado p/ Fabricante	1 ano
Louças/ Caixa de descarga/ Bancadas	Material	Quebrados, trincados, riscados, manchados ou entupidos	Desempenho do material
	Serviço		Problemas c/ instalação

Perda de Garantia

- Instalação ou uso incorreto dos equipamentos;
- Danos causados aos acabamentos por limpeza inadequada (produtos químicos, solventes, abrasivos do tipo saponáceo, palha de aço, esponja dupla face);
- Se for constatado entupimento por quaisquer objetos jogados nos vasos sanitários e ralos, tais como: absorventes higiênicos, folhas de papel, cotonetes, cabelos, etc;
- Equipamentos que foram reparados por pessoas não autorizadas pelo serviço de assistência técnica;
- Aplicação de peças não originais ou inadequadas, ou ainda adaptação de peças adicionais sem autorização prévia do fabricante;
- Se não forem tomados os cuidados de uso ou não for feita a manutenção preventiva necessária.

Manutenção Preventiva

- Limpe e verifique a regulagem do mecanismo de descarga periodicamente.

Cuidados de Uso

- Não jogue quaisquer objetos nos vasos sanitários e ralos que possam causar entupimento, tais como: absorventes higiênicos, folhas de papel, cotonetes, cabelos, fio dental, etc.
- Nunca suba ou se apoie nas louças e bancadas, pois podem se soltar ou quebrar causando ferimentos graves.

- Limpe os metais sanitários, ralos das pias e lavatórios, louças e cubas de aço inox em pias, com água e sabão neutro e pano macio, nunca com esponja ou palha de aço e produtos abrasivos.

Programa de Manutenção Preventiva

Instalações Hidrossanitárias, Louças e Metais	Limpar e verificar regulagem do mecanismo de descarga	A cada 6 meses
	Verificar o diafragma da torre de entrada e a comporta do mecanismo de caixa acoplada	A cada 3 anos
	Verificar a estanqueidade da válvula de descarga, torneira automática e torneira eletrônica	A cada 5 anos

Especificações dos Materiais

Louças – Bacia com caixa acoplada linha Monte Carlo L37, cor GE17 – Deca.

Relação de Fornecedores

Louças – Empresa Inovando. Fone: (xx) 3500-7000.

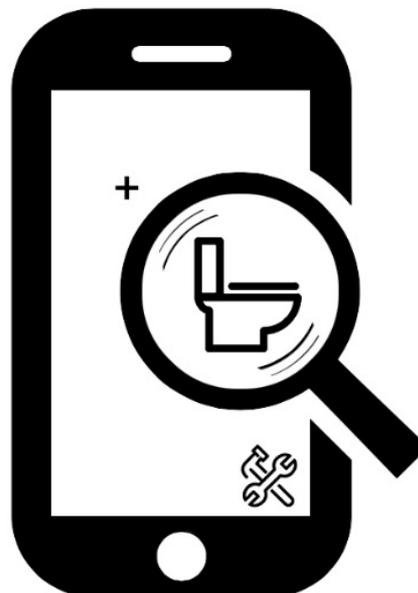
Mão de Obra - Instalações Hidráulicas: Empresa Conexão. Fone: (xx) 8100-7000.

MANUAL DO PROPRIETÁRIO – MAR TABLET

Caixa de descarga acoplada da bacia sanitária:

Substituição:

1. Com cuidado, abra e retire a tampa da caixa acoplada;
2. Desencaixe a boia;
3. Leve-a a um depósito de materiais de construção para que sirva de modelo para a compra de uma nova;
4. Com a boia nova em mãos, encaixe-a exatamente no local de onde a antiga foi retirada.



Informações

Termo de Garantia

Sistema		Prazos	
		Especificado p/ Fabricante	1 ano
Louças/ Caixa de descarga/ Bancadas	Material	Quebrados, trincados, riscados, manchados ou entupidos	Desempenho do material
	Serviço		Problemas c/ instalação

Perda de Garantia

- Instalação ou uso incorreto dos equipamentos;
- Danos causados aos acabamentos por limpeza inadequada (produtos químicos, solventes, abrasivos do tipo saponáceo, palha de aço, esponja dupla face);
- Se for constatado entupimento por quaisquer objetos jogados nos vasos sanitários e ralos, tais como: absorventes higiênicos, folhas de papel, cotonetes, cabelos, etc;
- Equipamentos que foram reparados por pessoas não autorizadas pelo serviço de assistência técnica;
- Aplicação de peças não originais ou inadequadas, ou ainda adaptação de peças adicionais sem autorização prévia do fabricante;
- Se não forem tomados os cuidados de uso ou não for feita a manutenção preventiva necessária.

Manutenção Preventiva

- Limpe e verifique a regulagem do mecanismo de descarga periodicamente.

Cuidados de Uso

- Não jogue quaisquer objetos nos vasos sanitários e ralos que possam causar entupimento, tais como: absorventes higiênicos, folhas de papel, cotonetes, cabelos, fio dental, etc.
- Nunca suba ou se apoie nas louças e bancadas, pois podem se soltar ou quebrar causando ferimentos graves.
- Limpe os metais sanitários, ralos das pias e lavatórios, louças e cubas de aço inox em pias, com água e sabão neutro e pano macio, nunca com esponja ou palha de aço e produtos abrasivos.

Programa de Manutenção Preventiva

Instalações Hidrossanitárias, Louças e Metais	Limpar e verificar regulagem do mecanismo de descarga	A cada 6 meses
	Verificar o diafragma da torre de entrada e a comporta do mecanismo de caixa acoplada	A cada 3 anos
	Verificar a estanqueidade da válvula de descarga, torneira automática e torneira eletrônica	A cada 5 anos

Especificações dos Materiais

Louças – Bacia com caixa acoplada linha Monte Carlo L37, cor GE17 – Deca.

Relação de Fornecedores

Louças – Empresa Inovando. Fone: (xx) 0000-0000.

Mão de Obra - Instalações Hidráulicas: Empresa Conexão. Fone: (xx) 0000-0000.

Manual Augmented Reality (MAR): Lorena Moreira – lorena_moreira@hotmail.com

MANUAL DO PROPRIETÁRIO – TRADICIONAL

Caixa de descarga acoplada da bacia sanitária:

Substituição:

1. Com cuidado, abra e retire a tampa da caixa acoplada;
2. Desencaixe a boia;
3. Leve-a a um depósito de materiais de construção para que sirva de modelo para a compra de uma nova;
4. Com a boia nova em mãos, encaixe-a exatamente no local de onde a antiga foi retirada.

Informações

Termo de Garantia

Sistema		Prazos	
		Especificado p/ Fabricante	1 ano
Louças/ Caixa de descarga/ Bancadas	Material	Quebrados, trincados, riscados, manchados ou entupidos	Desempenho do material
	Serviço		Problemas c/ instalação

Perda de Garantia

- Instalação ou uso incorreto dos equipamentos;
- Danos causados aos acabamentos por limpeza inadequada (produtos químicos, solventes, abrasivos do tipo saponáceo, palha de aço, esponja dupla face);
- Se for constatado entupimento por quaisquer objetos jogados nos vasos sanitários e ralos, tais como: absorventes higiênicos, folhas de papel, cotonetes, cabelos, etc;
- Equipamentos que foram reparados por pessoas não autorizadas pelo serviço de assistência técnica;
- Aplicação de peças não originais ou inadequadas, ou ainda adaptação de peças adicionais sem autorização prévia do fabricante;
- Se não forem tomados os cuidados de uso ou não for feita a manutenção preventiva necessária.

Manutenção Preventiva

- Limpe e verifique a regulagem do mecanismo de descarga periodicamente.

Cuidados de Uso

- Não jogue quaisquer objetos nos vasos sanitários e ralos que possam causar entupimento, tais como: absorventes higiênicos, folhas de papel, cotonetes, cabelos, fio dental, etc.
- Nunca suba ou se apoie nas louças e bancadas, pois podem se soltar ou quebrar causando ferimentos graves.
- Limpe os metais sanitários, ralos das pias e lavatórios, louças e cubas de aço inox em pias, com água e sabão neutro e pano macio, nunca com esponja ou palha de aço e produtos abrasivos.

Programa de Manutenção Preventiva

Instalações Hidrossanitárias, Louças e Metais	Limpar e verificar regulagem do mecanismo de descarga	A cada 6 meses
	Verificar o diafragma da torre de entrada e a comporta do mecanismo de caixa acoplada	A cada 3 anos
	Verificar a estanqueidade da válvula de descarga, torneira automática e torneira eletrônica	A cada 5 anos

Especificações dos Materiais

Louças – Bacia com caixa acoplada linha Monte Carlo L37, cor GE17 – Deca.

Relação de Fornecedores

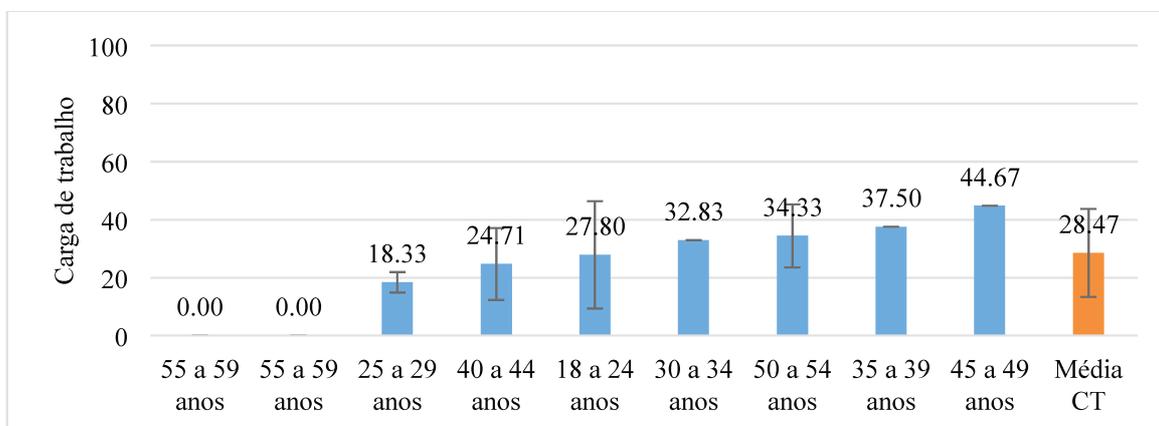
Louças – Empresa Inovando. Fone: (xx) 3500-7000.

Mão de Obra - Instalações Hidráulicas: Empresa Conexão. Fone: (xx) 8100-7000.

APÊNDICE E – Carga de Trabalho de acordo com Amostra por Experimento

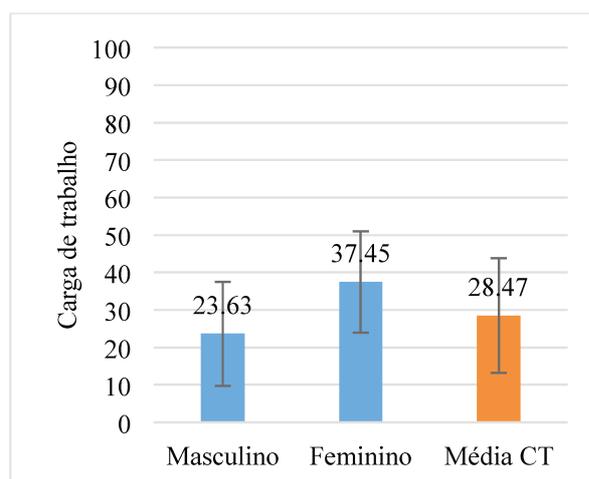
Manual do Proprietário incorporado ao ambiente – LAR *tablet*

Carga de trabalho de acordo com faixa etária



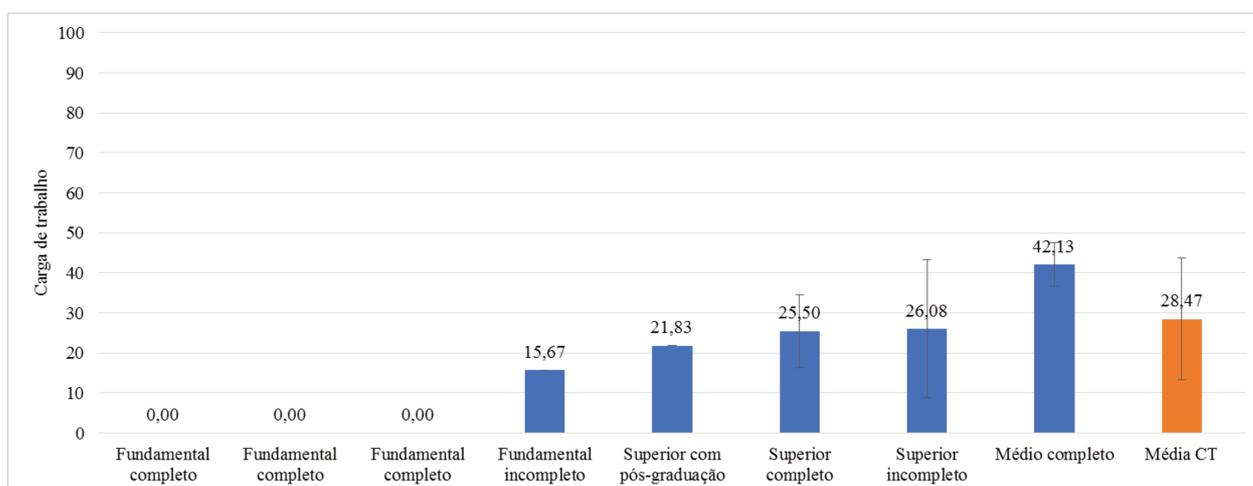
Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo com gênero



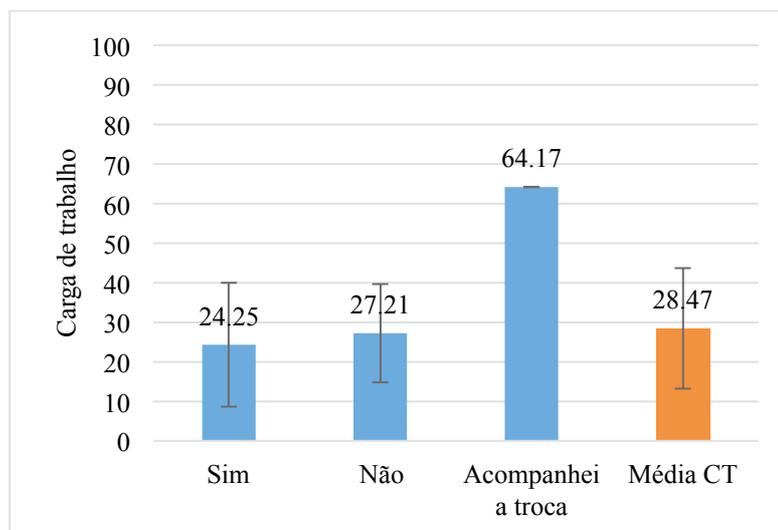
Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo com escolaridade



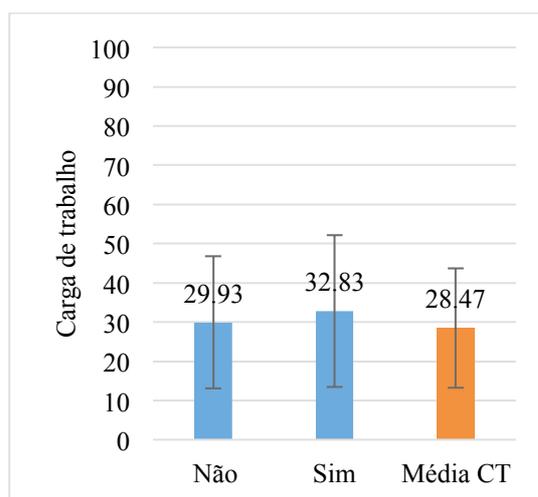
Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo realização da atividade de troca de boia previamente



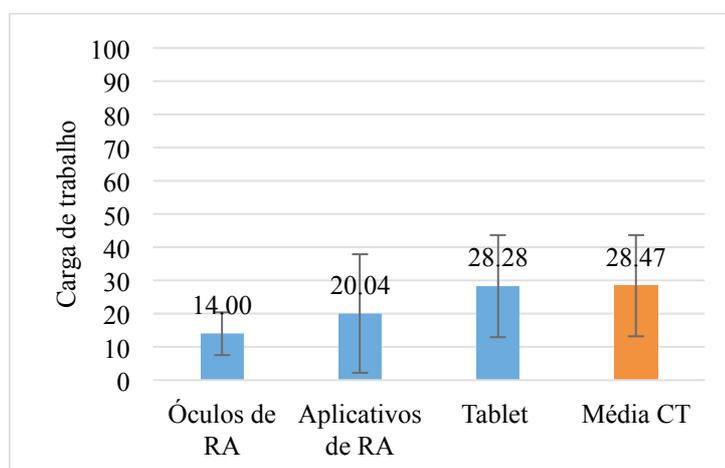
Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo com o conhecimento do manual do proprietário



Fonte: A Autora

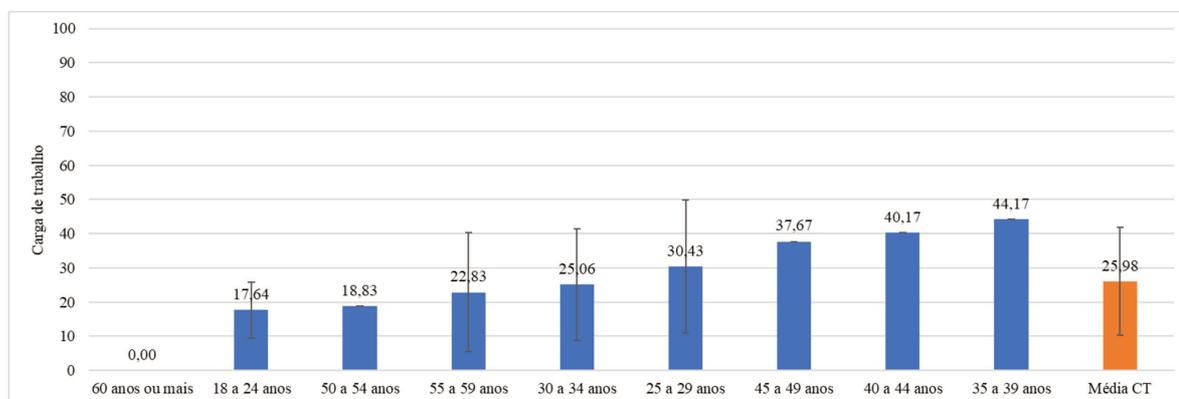
Carga de trabalho de acordo com familiaridade com dispositivos



Fonte: A Autora

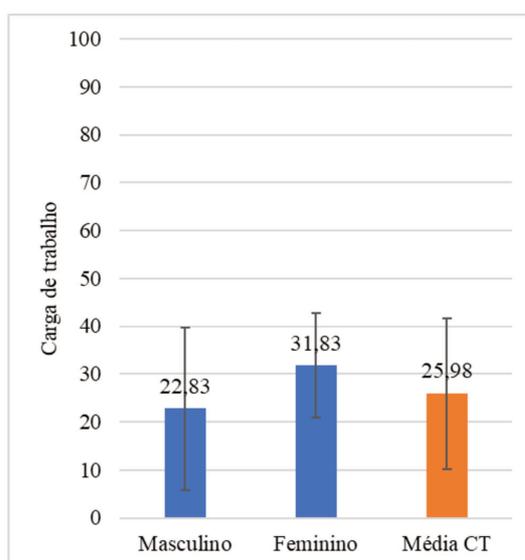
Manual do Proprietário em papel – MAR tablet

Carga de trabalho de acordo com faixa etária



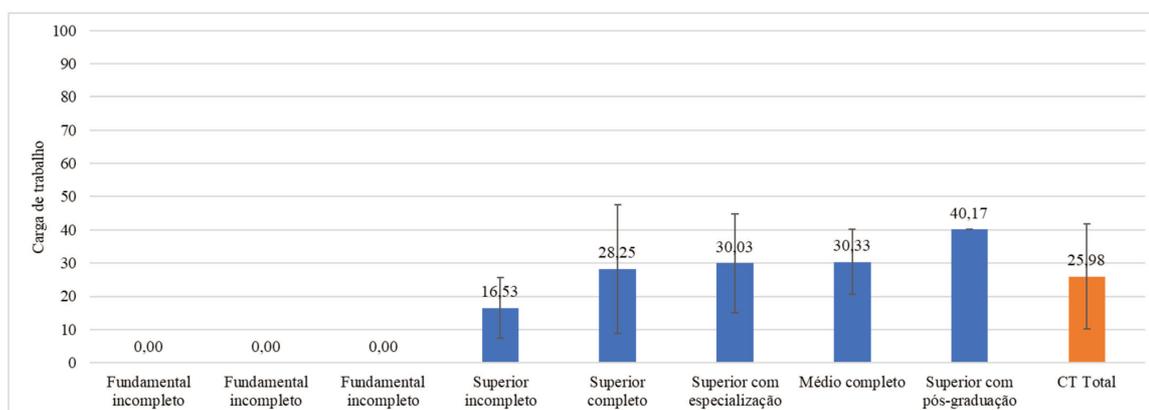
Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo com gênero



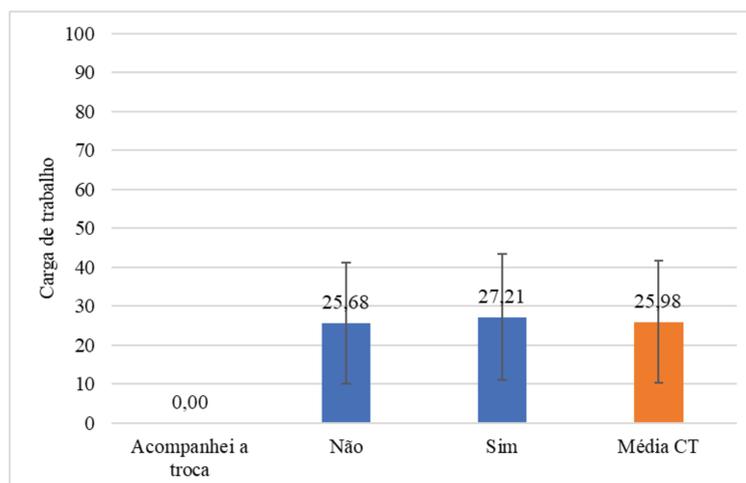
Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo com escolaridade



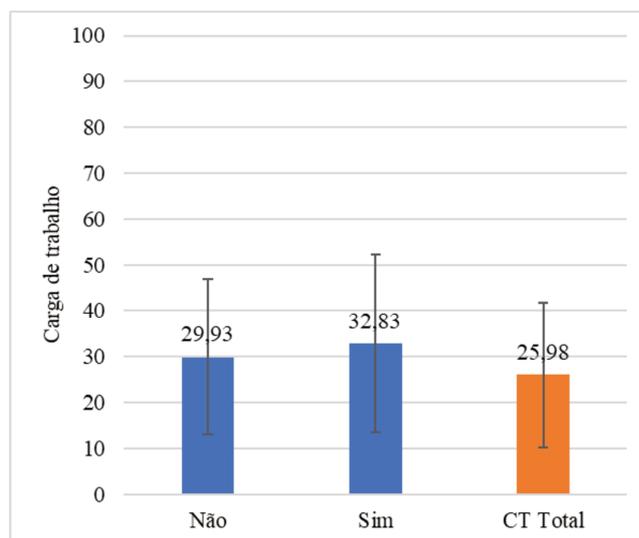
Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo realização da atividade de troca de boia previamente



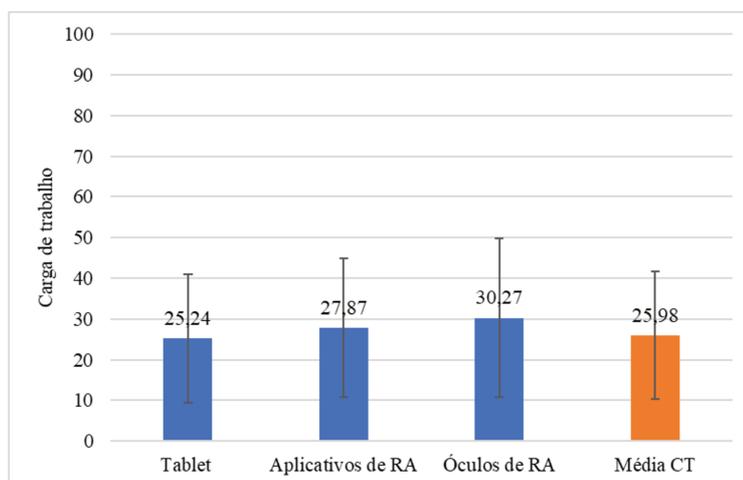
Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo com o conhecimento do manual do proprietário



Fonte: A Autora

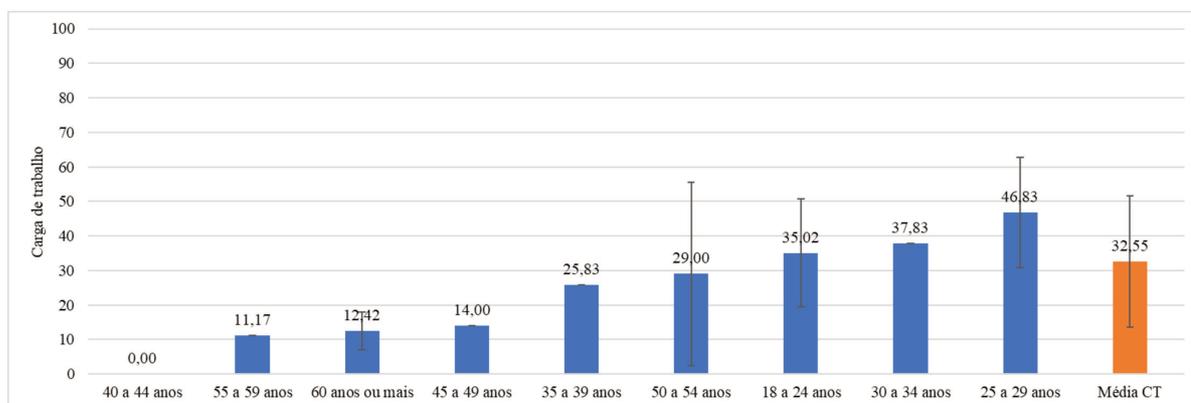
Carga de trabalho de acordo com familiaridade com dispositivos



Fonte: A Autora

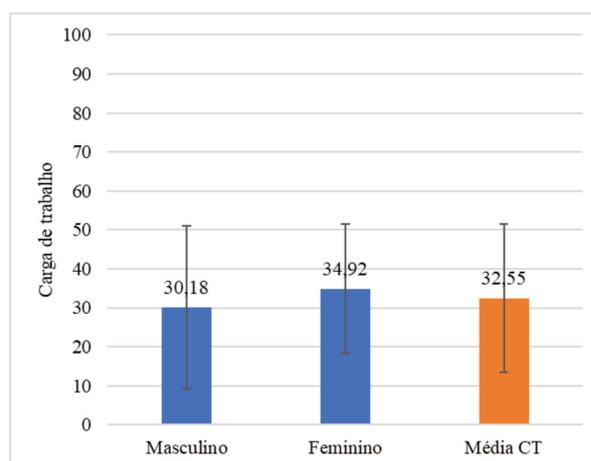
Manual do Proprietário em papel – MAR *smartglasses*

Carga de trabalho de acordo com faixa etária



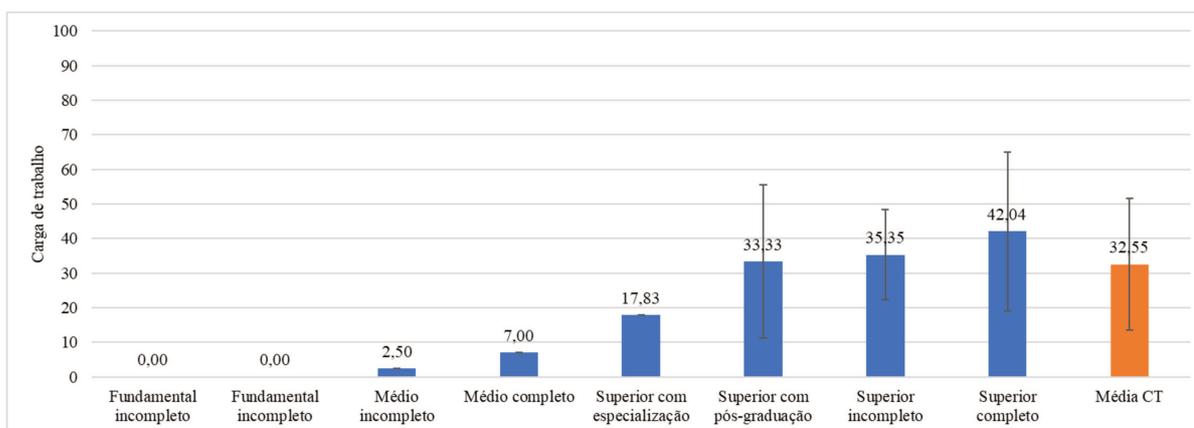
Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo com gênero



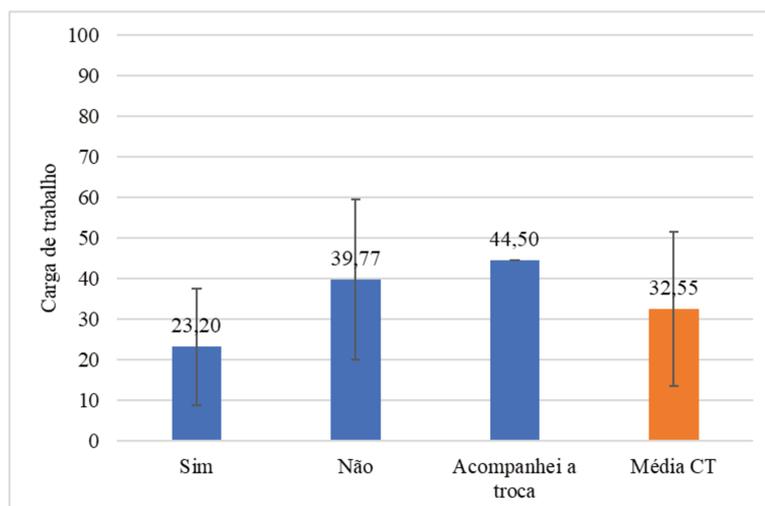
Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo com escolaridade



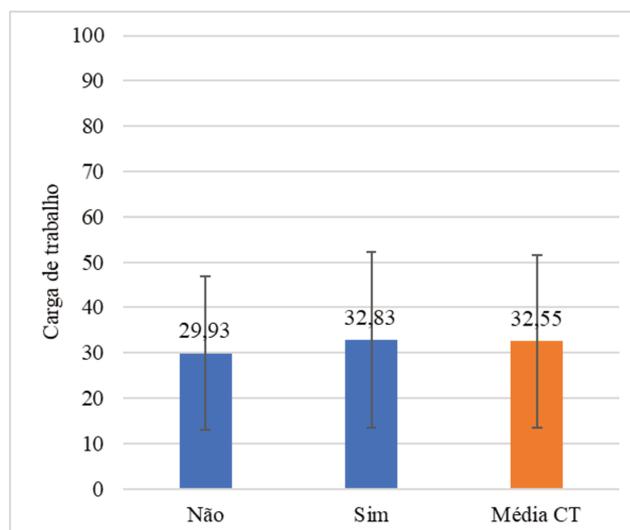
Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo realização da atividade de troca de boia previamente



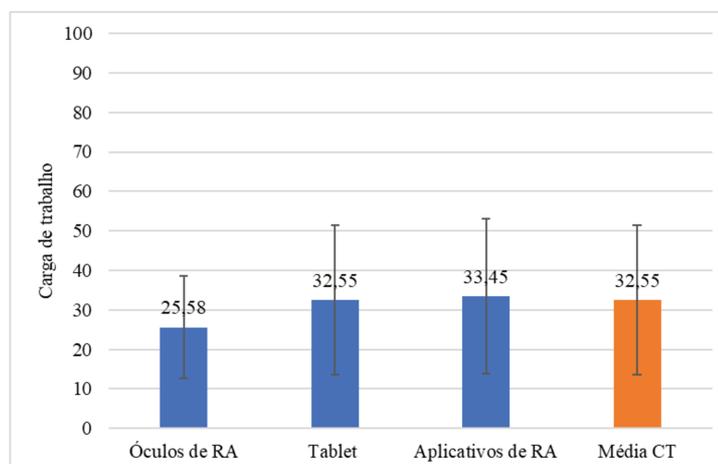
Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo com o conhecimento do manual do proprietário



Fonte: A Autora

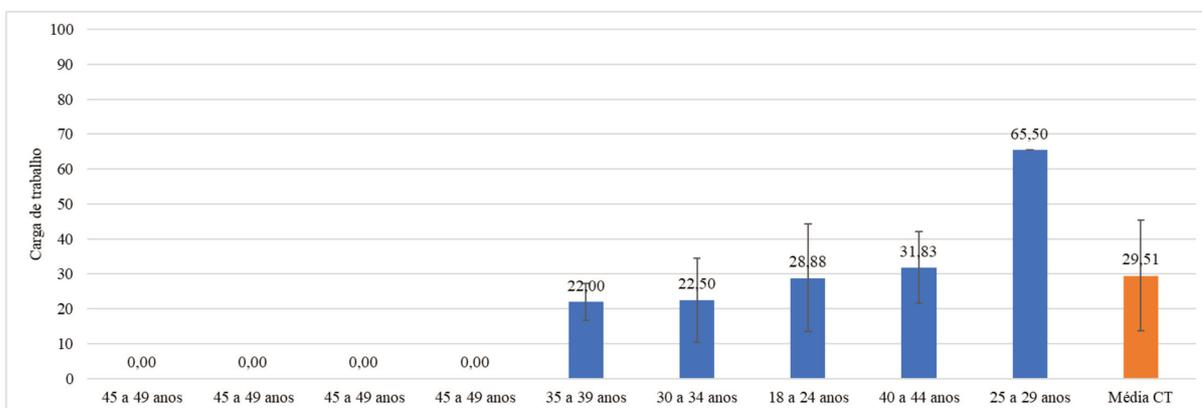
Carga de trabalho de acordo com familiaridade com dispositivos



Fonte: A Autora

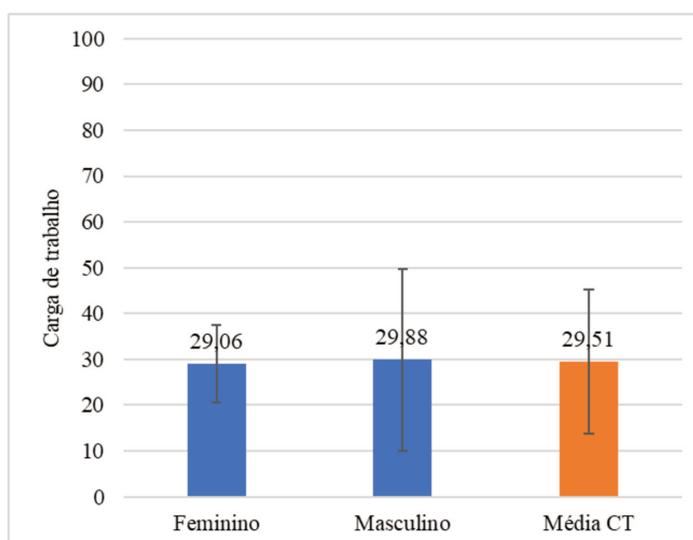
Manual do Proprietário incorporado ao ambiente – LAR *smartglasses*

Carga de trabalho de acordo com faixa etária



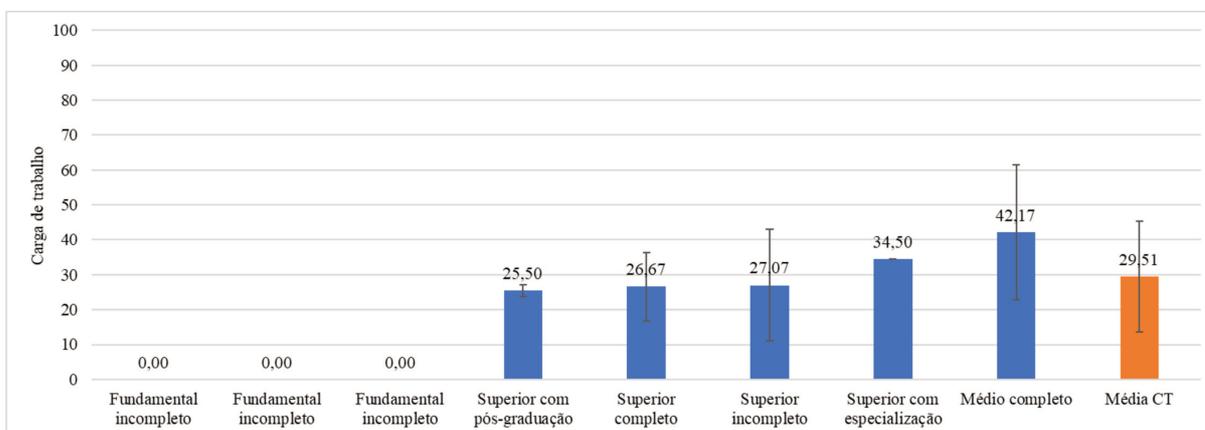
Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo com gênero



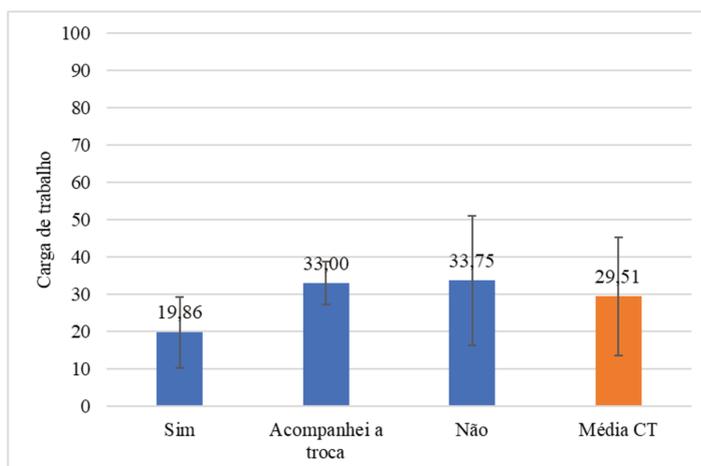
Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo com escolaridade



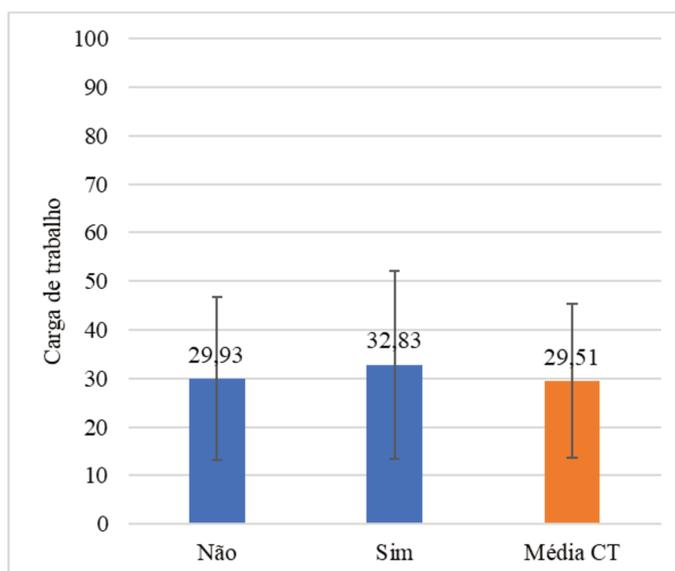
Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo realização da atividade de troca de boia previamente



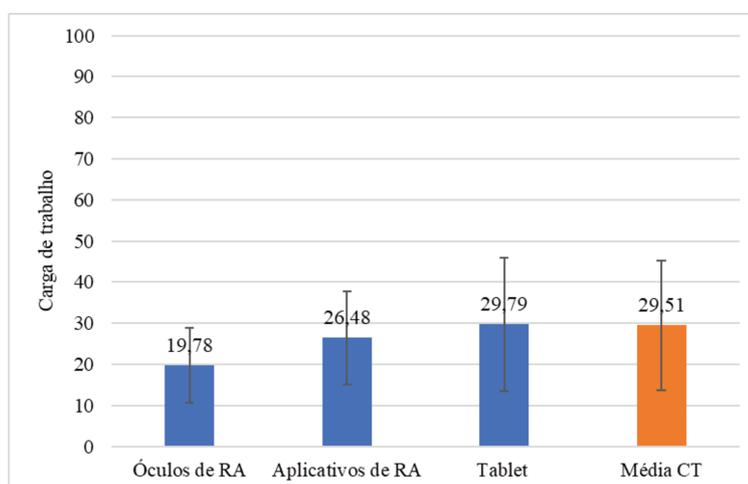
Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo com o conhecimento do manual do proprietário



Fonte: A Autora

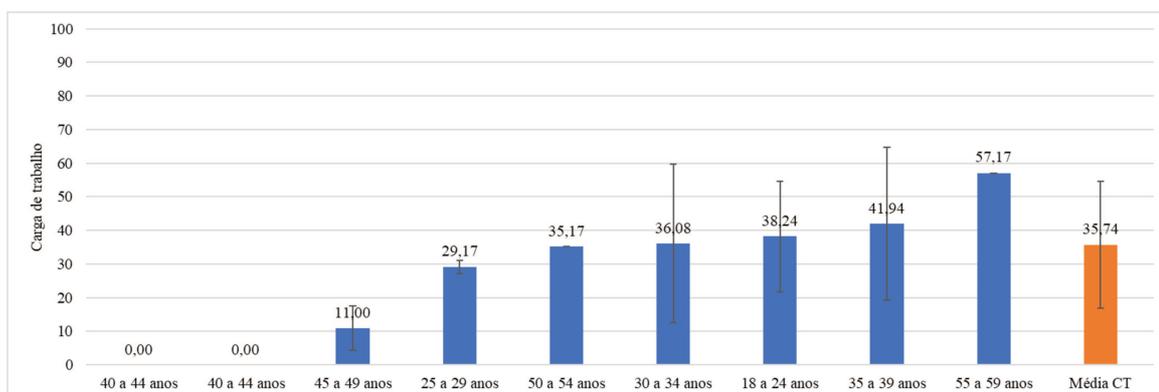
Carga de trabalho de acordo com familiaridade com dispositivos



Fonte: A Autora

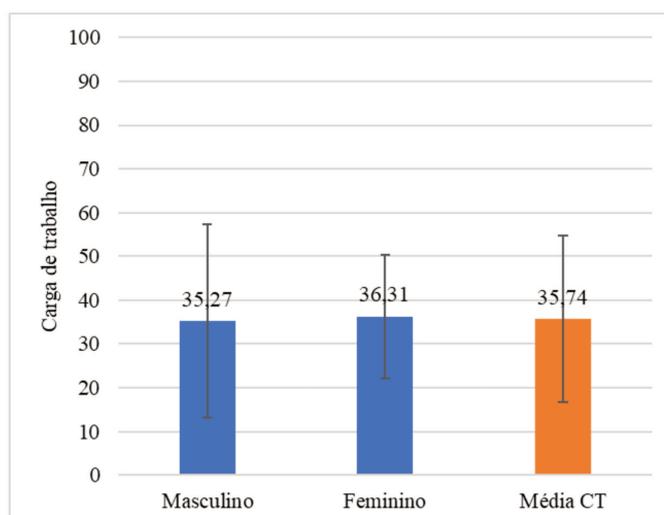
Manual do Proprietário tradicional

Carga de trabalho de acordo com faixa etária



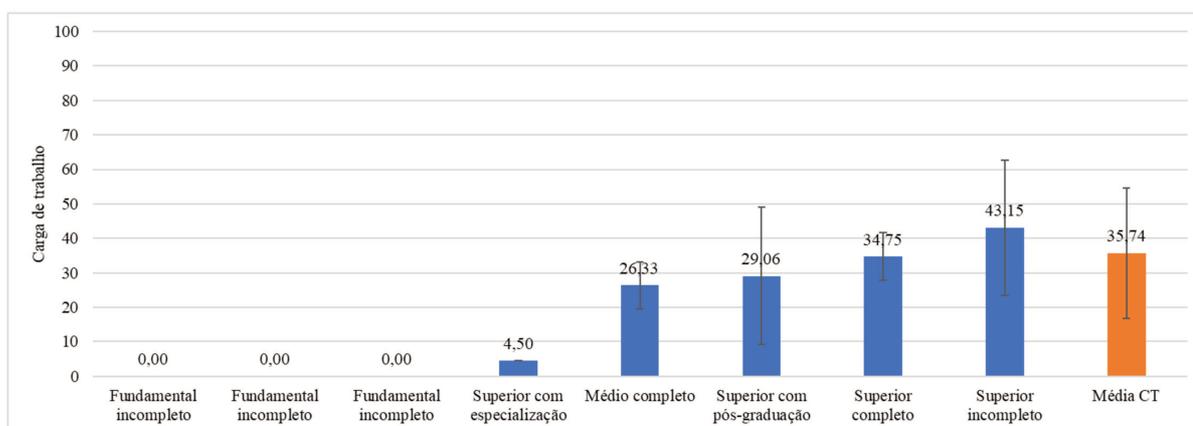
Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo com gênero



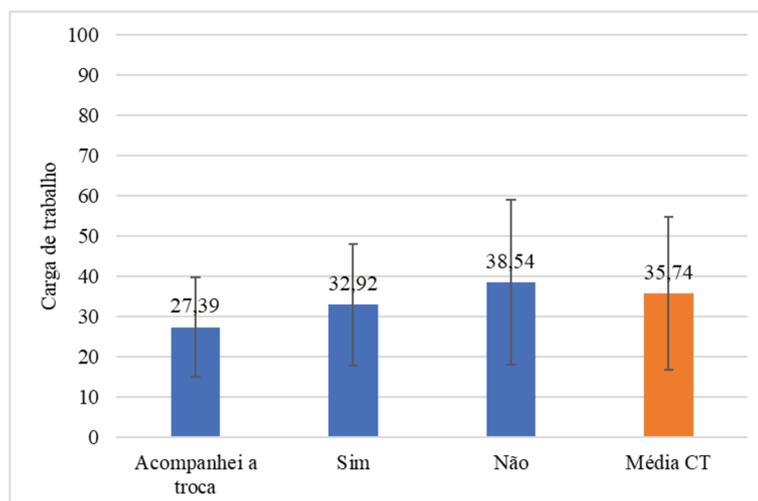
Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo com escolaridade



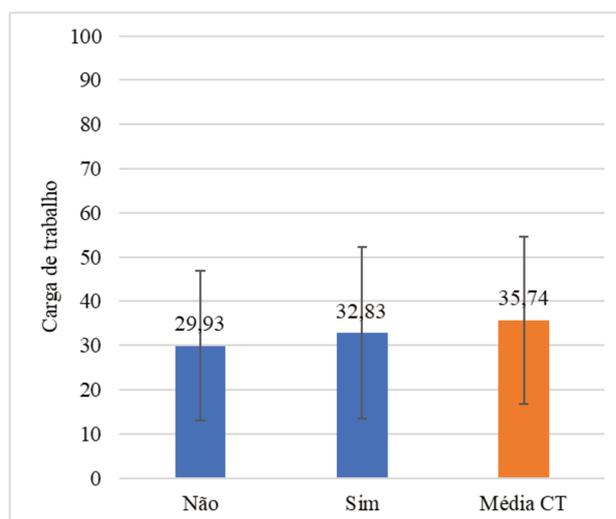
Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo realização da atividade de troca de boia previamente



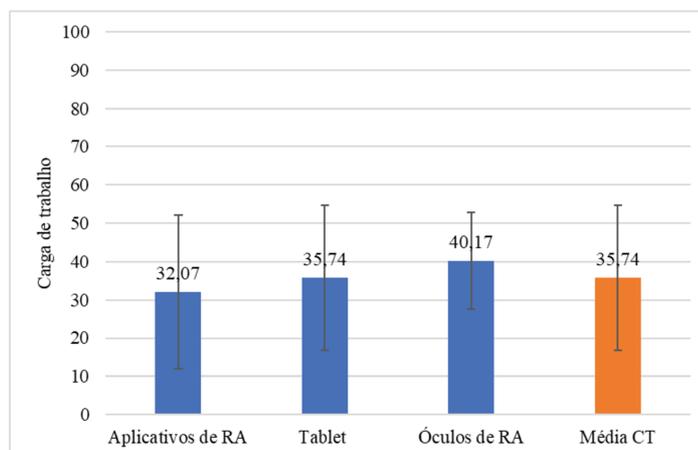
Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo com o conhecimento do manual do proprietário



Fonte: A Autora

Carga de trabalho de acordo com familiaridade com dispositivos



Fonte: A Autora