

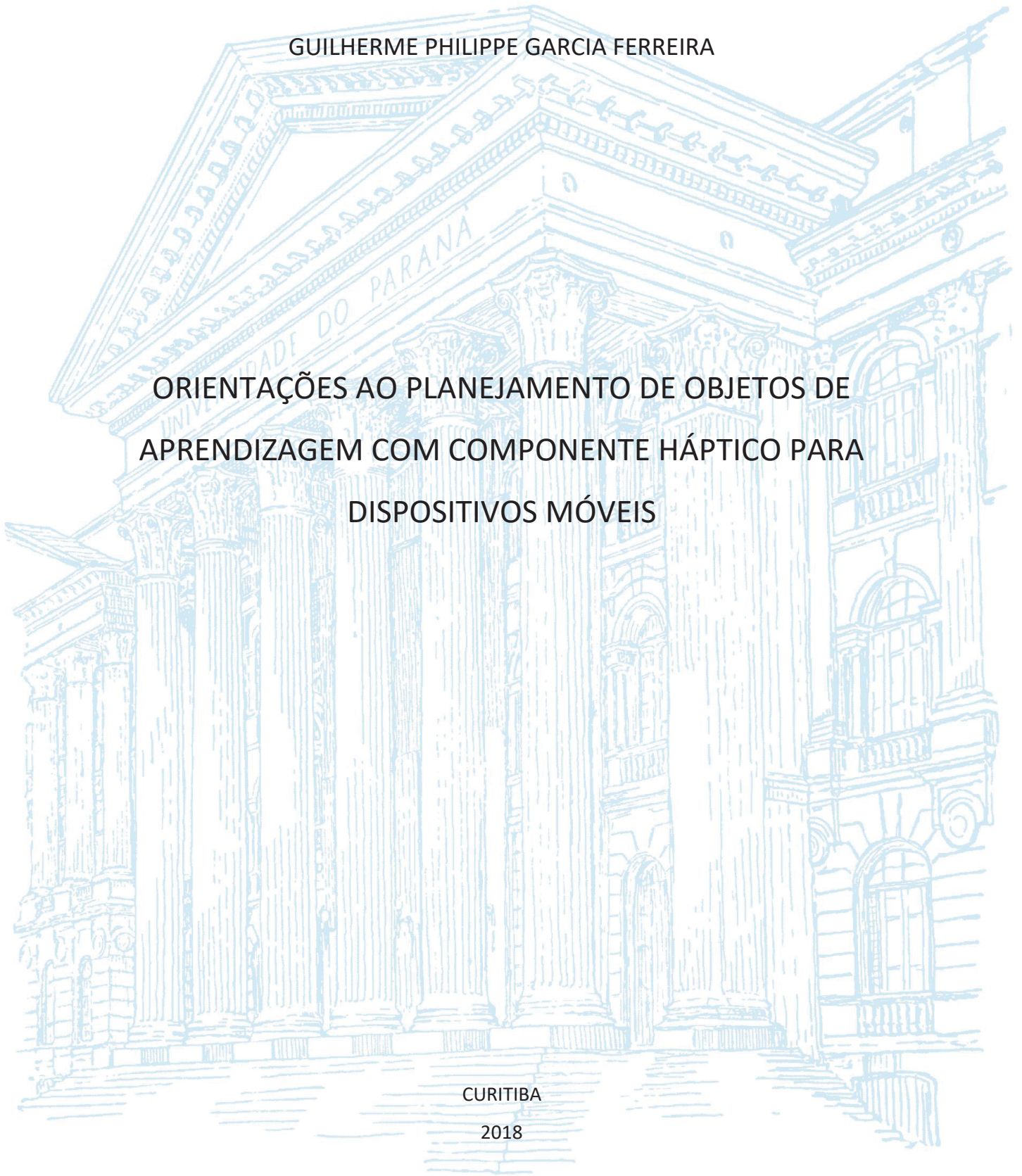
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GUILHERME PHILIPPE GARCIA FERREIRA

ORIENTAÇÕES AO PLANEJAMENTO DE OBJETOS DE
APRENDIZAGEM COM COMPONENTE HÁPTICO PARA
DISPOSITIVOS MÓVEIS

CURITIBA

2018



GUILHERME PHILIPPE GARCIA FERREIRA

ORIENTAÇÕES AO PLANEJAMENTO DE OBJETOS DE
APRENDIZAGEM COM COMPONENTE HÁPTICO PARA
DISPOSITIVOS MÓVEIS

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Design, no Programa de Pós-Graduação em Design, Setor de Artes, Comunicação e Design, da Universidade Federal do Paraná, linha de pesquisa Sistemas de Produção e Utilização.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Heemann

CURITIBA

2018

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas/UFPR
Biblioteca de Ciências Humanas
Maria Teresa A. Gonzati / CRB 9-1584
Dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Ferreira, Guilherme Philippe Garcia.

Orientações ao planejamento de objetos de aprendizagem com componente háptico para dispositivos móveis / Guilherme Philippe Garcia Ferreira. – Curitiba, 2018.

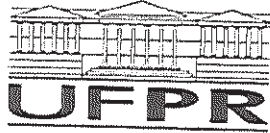
254 f.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná. Setor de Artes, Comunicação e Design.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Heemann.

1. Comunicação – Tecnologia. 2. Design da informação. 3. Aprendizagem – Tecnologia educacional. I. Título. II. Universidade Federal do Paraná.

CDD 371.3028



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR ARTES, COMUNICAÇÃO E DESIGN
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DESIGN

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em DESIGN da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **GUILHERME PHILIPPE GARCIA FERREIRA** intitulada: **ORIENTAÇÕES AO PLANEJAMENTO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM COM COMPONENTE HÁPTICO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 14 de Março de 2018.



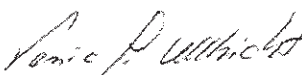
ADRIANO HEEMANN
Presidente da Banca Examinadora



Prof. Dra. Juliana Cristina Braga
Examinador(a) externo(a) (UFABC)



STEPHANIA PADOVANI
Avaliador Interno



Prof. Dra. Vania Ribas Ulbricht
Examinador(a) interno(a) (PPGDesign/UFPR)



PATRICIA ZENI MARCHIORI
Avaliador Externo

*Dedico este trabalho a toda criança que já
sentiu formiguihas na tela da televisão.*

AGRADECIMENTOS

À família, por ser e estar.

À Francielli, pelas emoções, dias, meses, anos.

Aos amigos.

Ao Prof. Dr. Adriano Heemann, pela orientação e incentivo nos momentos difíceis.

A todos os membros do Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Paraná.

Aos alunos de Design da Universidade Tecnológica Federal do Paraná

À CAPES, pelo apoio na forma de bolsa de estudos.

RESUMO

Os Objetos de Aprendizagem (OA) surgem como opção para o ensino em um meio tecnológico cada vez mais digitalizado que demanda recursos efetivos para educação. Podendo ser acessados através de dispositivos móveis, como tabletes e celulares, os OA viabilizam o conhecimento através do contexto digital, sem se limitar a um ambiente ou local específico. Neste meio, apesar dos OA utilizarem canais de informação, como o auditivo e o visual, percebe-se que o canal sensorial tátil ainda é pouco explorado. A percepção tátil é crucial ao humano, pois permite compreender propriedades como texturas, rugosidade, atrito e tamanho. Sendo assim, entende-se que o tato é um importante meio de aquisição de informação e conhecimento que poderiam ser contempladas nos OA por intermédio dos mostradores hápticos. Com base neste contexto, esta pesquisa explora a relação tátil na aprendizagem e almeja demonstrar como podem ser planejados os OA com componente háptico (OAH). Para tanto, foi necessário recorrer a um corpo de conhecimento apresentado nesta tese mediante revisões bibliográficas sistemáticas que esclarecem o que são os OA e como eles usam a relação tátil; demonstram tecnologias que podem prover a percepção háptica em dispositivos móveis; apresentam processos de desenvolvimento e planejamento dos recursos hápticos; e trazem conhecimentos disponíveis em normas ABNT e ISO. Como resultante são apresentadas orientações para o planejamento de OAH; demonstradas possibilidades de uso da háptica como recurso de aprendizagem e, então, é sugerida uma estrutura para compreensão e planejamento dos OAH para dispositivos móveis. Por fim, é exposta a conclusão da pesquisa, que reforça o atendimento dos objetivos de pesquisa bem como a necessidade de atualizações desta temática conforme se desenvolve o meio tecnológico. Portanto, a tese aqui apresentada constitui uma contribuição ao conhecimento sobre a aprendizagem tátil.

Palavras-chave: Objetos de Aprendizagem. Háptica. Dispositivos Móveis. Planejamento. Design.

ABSTRACT

Learning Objects (LO) arise within teaching options in an increasingly digitalized technological environment, which in turn demands more effective educational resources. Accessed via mobile devices such as tablets and cellphones, LO enable knowledge in a digital context and are not limited to a specific environment or place. In this medium, even though LO use information channels such as audio and visual, touch is still seen as poorly explored in these resources. Tactile perception is vital to humans because it allows them to understand details such as textures, level of roughness, friction, and size. Therefore, touch is understood to be an important means to acquire knowledge and information, which could be shown in LO through touch displays. Based on this context, the present research explores the tactile relation in learning and seeks to show how LO can be designed with haptic components (HLO). To do so, it is necessary to resort to a corpus based on systematic reviews of literature, thus shedding light on the concept of LO and how they use tactile relation, demonstrating technologies that can grant touch perception in mobile devices; presenting development and planning processes of touch resources, and gathering knowledge available in standards such as ABNT and ISO. As a result, guidelines for the planning of LO are provided. Moreover, possibilities of the use of touch as a learning resource are presented and, finally, a structure for the comprehension and planning of LO for mobile devices is proposed. Finally, the conclusion of the research is presented, reinforcing the achievement of the research's goals as well as the need to continually update the present issue according to technological developments. Therefore, the thesis presented here constitutes a contribution to the knowledge about tactile learning.

Keywords: Learning Objects. Haptic. Mobile Devices. Planning. Design.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CRITÉRIOS PARA O DESIGN SCIENCE RESEARCH	27
FIGURA 2 - MODELO PARA CONDUÇÃO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA.....	30
FIGURA 3 - DESMONTAGEM DO P716.....	47
FIGURA 4 - SOLDAGEM MOTOR VIBRACIONAL EM ANEL HÁPTICO.....	48
FIGURA 5 - CAPA DO APARELHO COM SULCO PARA PASSAGEM DO CABO.....	49
FIGURA 6 - TELAS DOS SOFTWARES ESTUDADOS.....	49
FIGURA 7 - REQUISITOS DA METODOLOGIA INTERA.....	59
FIGURA 8 - SISTEMA CIRCULATÓRIO E RESPIRATÓRIO	63
FIGURA 9 - MALHA DE PONTOS TÁTEIS	64
FIGURA 10 - UTILIZAÇÃO DA CÂMERA E VIBRAÇÃO PARA RECUPERAÇÃO DA ATENÇÃO	65
FIGURA 11 - ESQUEMA DOS COMPONENTES HÁPTICOS NA FACE POSTERIOR	66
FIGURA 12 - COMPONENTES E OPERAÇÃO.....	67
FIGURA 13 - DIAGRAMA DO SISTEMA PARA APRENDIZAGEM DE TÉCNICAS DE RESPIRAÇÃO.....	68
FIGURA 14 - TABLETE COM COMPONENTES SENSÍVEIS AO ELETROMAGNETISMO.....	68
FIGURA 15 - RETORNO HÁPTICO DURANTE A EXPLORAÇÃO DE FANTASMAS ENERGÉTICOS.....	69
FIGURA 16 - DIMENSÕES DE FREQUÊNCIA E AMPLITUDE PARA O SIGNIFICADO DE CORES	70
FIGURA 17 - APLICATIVO DE CORES "THE CREOLE"	71
FIGURA 18 - PROPOSTA DE APLICATIVO TÁTIL.....	71
FIGURA 19 - DIRETRIZES PARA RECURSOS INTERATIVOS E MULTIMÍDIA	72
FIGURA 20 - APLICATIVO HÁPTICO PARA NAVEGABILIDADE EM MAPAS	73
FIGURA 21 - POSSIBILIDADES INFORMACIONAIS HÁPTICA.....	74
FIGURA 22 - MODELO 3C.....	75
FIGURA 23 - ELEMENTOS GRÁFICOS E ELEMENTOS ENFÁTICOS	77
FIGURA 24 - IMAGEM PROCESSADA POR MÁSCARAS DE DIFERENTES RESOLUÇÕES.....	78
FIGURA 25 - ESTRUTURA DE SISTEMA DE IMAGENS TANGÍVEIS	79
FIGURA 26 - ILUSTRAÇÃO DA ABORDAGEM POR CAMADAS HÁPTICAS	80
FIGURA 27 - APLICAÇÃO HÁPTICA EM VÍDEO	81
FIGURA 28 - USO DOS SISTEMAS DE APRENDIZAGEM RÍTMICO	82
FIGURA 29 - DEMONSTRAÇÃO DO APLICATIVO DE MATEMÁTICA HÁPTICA	83
FIGURA 30 - INTERFACE DE VIBRAÇÃO.....	85
FIGURA 31 - SISTEMA DE ESCRITA BRAILLE	86
FIGURA 32 - USO DA HÁPTICA PARA APRENDER LETRAS E SÍMBOLOS	87
FIGURA 33 - CLASSIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE PERCEPÇÃO E MANIPULAÇÃO HÁPTICA	92
FIGURA 34 - MODALIDADES SENSORIAIS E A PERCEPÇÃO DE ATRIBUTOS DOS PRODUTOS.....	93
FIGURA 35 - A INTERAÇÃO DE FATORES QUE INFLUENCIAM A FRICÇÃO DA PELE	95
FIGURA 36 - DIMENSÕES DOS OBJETOS PARA CODIFICAÇÃO DE INFORMAÇÃO.....	97

FIGURA 37 - DESCRITORES DO SENSOTACT®	97
FIGURA 38 - CATEGORIZAÇÃO NO HAPPITC EFFECT PREVIEW	98
FIGURA 39 - DIAGRAMA DE OPERAÇÃO DA TELA	100
FIGURA 40 - IPHONE 4 E BLACKBERRY Q10	102
FIGURA 41 - KINDLE TOUCH	105
FIGURA 42 - TELA COM FEIXE INFRAVERMELHO.....	106
FIGURA 43 - TELA COM SUPERFÍCIE DE ONDA ACÚSTICA	107
FIGURA 44 - TELA COM SOBREPOSIÇÃO RESISTIVA.....	107
FIGURA 45 - TELA COM SOBREPOSIÇÃO CAPACITIVA	109
FIGURA 46 - CANETA HÁPTICA.....	110
FIGURA 47 - APLICATIVO DE DESENHO E CANETA HÁPTICA GRIMI 4D	111
FIGURA 48 - SIMULAÇÃO DE CABINE COM TELA DE TOQUE HÁPTICA.....	112
FIGURA 49 - DISPOSITIVOS HÁPTICOS	113
FIGURA 50 - MOTOR VIBRACIONAL DE EIXO EXCÊNTRICO	115
FIGURA 51 - ATUADORES RESSONANTES LINEARES	115
FIGURA 52 - TEXTURA RUGOSA E SUAVE EM SUPERFÍCIE ULTRASSÔNICA	116
FIGURA 53 - TESTE PRÁTICO E SIMULAÇÃO DE ATUADOR ULTRASSÔNICO	117
FIGURA 54 - COMPONENTE PIEZOELÉTRICO	119
FIGURA 55 - ESQUEMÁTICO DO EFEITO PIEZOELÉTRICO	119
FIGURA 56 - ESQUEMÁTICO DE DUAS SUPERFÍCIES DE CONTATO ELETROSTÁTICO	121
FIGURA 57 - CONCEITO DO MURO VIRTUAL	122
FIGURA 58 - SINAL DE ENTRADA APLICADO AO ATUADOR HÁPTICO DE FILME DE ACETATO	123
FIGURA 59 - DEFORMAÇÃO ELÁSTICA POR INJEÇÃO DE FLUÍDO	123
FIGURA 60 - ACIONAMENTO MECÂNICO PARA PREENCHIMENTO DOS BOTÕES	124
FIGURA 61 - TABLETE 1 PAGE.....	124
FIGURA 62 - FRAMEWORK ARQUITETURA TOUCHCONS.....	131
FIGURA 63 - FRAMEWORK ORIENTADO AOS OBJETIVOS E DISPOSITIVOS.....	132
FIGURA 64 - DIAGRAMA PARA A TRANSMISSÃO HÁPTICA TELEVISIVA.....	134
FIGURA 65 - REPOSITÓRIO DE DADOS	135
FIGURA 66 - ADHAPTICA.....	137
FIGURA 67 - JCHAI3D.....	139
FIGURA 68 - AVALIAÇÃO DE UsABILIDADE.....	140
FIGURA 69 - FRAMEWORK MULTIMODAL DE INTERAÇÃO EM GRUPO	141
FIGURA 70 - MECANISMO DE LOCALIZAÇÃO DE TEXTURA.....	142
FIGURA 71 - MODELO DE CLASSIFICAÇÃO EMOCIONAL	143
FIGURA 72 - ELEMENTOS PERCEPTIVOS PARA COLABORAÇÃO	144
FIGURA 73 - FONTES DE INFORMAÇÃO HÁPTICA DIRETA E SIMBÓLICA.....	145
FIGURA 74 - SUBCLASSE HIERÁRQUICA DA CLASSE INDEPENDENTE CONTÍNUA	148

FIGURA 75 - ESBOÇO DA A IDENTIFICAÇÃO E AGRUPAMENTO DE ATRIBUTOS EM FACETAS	152
FIGURA 76 - CENÁRIOS PARA O DESIGN VIBRACIONAL	154
FIGURA 77 - COMPONENTES DE USABILIDADE	166
FIGURA 78 - EXEMPLOS DE ATRIBUTOS EM CONTEXTO DE USO.....	167
FIGURA 79 - ATRIBUTOS DOS AMBIENTES	168
FIGURA 80 - ATIVIDADES DE USABILIDADE E DOCUMENTAÇÃO.....	169
FIGURA 81 - MEDIDAS DE USABILIDADE, EFICÁCIA, EFICIÊNCIA E SATISFAÇÃO.....	170
FIGURA 82 - FIGURAS GEOMÉTRICAS	184
FIGURA 83 - ESQUEMA DO ENSAIO E INTERAÇÃO	185
FIGURA 84 - INTERAÇÃO DOS PARTICIPANTES DURANTE O ENSAIO	185
FIGURA 85 - INTERAÇÃO COM O JOGO DA MEMÓRIA	186
FIGURA 86 - INTERAÇÃO COM A IMAGEM TÁTIL ESCONDIDA.....	187
FIGURA 87 – EXEMPLOS DE IMAGENS TÁTEIS DO APLICATIVO	188
FIGURA 88 - MEDIANA E MÉDIA DA INTERAÇÃO COM O JOGO DA MEMÓRIA	203
FIGURA 89 - TABULAÇÃO DOS RESULTADOS DA INTERAÇÃO	205
FIGURA 90 - RASTREAMENTO DURANTE A INTERAÇÃO	208
FIGURA 91 – ENTRADAS, PRÁTICAS E SAÍDAS DA ETAPA DE CONTEXTUALIZAÇÃO.....	213
FIGURA 92 – ENTRADAS, PRÁTICAS E SAÍDAS DA ETAPA DE REQUISITOS	215
FIGURA 93 – GRANULARIDADE HÁPTICA.....	216
FIGURA 94 – RECURSOS E MOSTRADORES HÁPTICOS	220
FIGURA 95 – ENTRADAS, PRÁTICAS E SAÍDAS DA ETAPA DE ARQUITETURA	221
FIGURA 96 – ENTRADAS, PRÁTICAS E SAÍDAS DA ETAPA DE DESENVOLVIMENTO.....	222
FIGURA 97 – ENTRADAS, PRÁTICAS E SAÍDAS DA ETAPA DE TESTES.....	223
FIGURA 98 – ENTRADAS, PRÁTICAS E SAÍDAS DA ETAPA DE DISPONIBILIZAÇÃO	224
FIGURA 99 – ENTRADAS, PRÁTICAS E SAÍDAS DA ETAPA DE AVALIAÇÃO.....	225
FIGURA 100 – ENTRADA, PRÁTICAS E SAÍDAS DA ETAPA DE GESTÃO DE PROJETOS.....	225
FIGURA 101 - ESTRUTURA GENÉRICA DE PLANEJAMENTO DE OAH	232
FIGURA 102 – OAH – CALIGRAFIA DE LETRAS E NÚMEROS.....	235

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - REVISÃO OBJETOS DE APRENDIZAGEM E INFORMAÇÕES TÁTEIS.....	34
QUADRO 2- RESULTADO OBJETOS DE APRENDIZAGEM TÁTIL	35
QUADRO 3 - REVISÃO MOSTRADORES HÁPTICOS.....	38
QUADRO 4 - RESULTADOS MOSTRADORES HÁPTICOS.....	39
QUADRO 5 - REVISÃO FRAMEWORKS E MODELOS HÁPTICOS	43
QUADRO 6 - RESULTADOS FRAMEWORKS E MODELOS HÁPTICOS	43
QUADRO 7 - NORMAS QUE CONTRIBUEM A PESQUISA	46
QUADRO 8 - ATIVIDADES DO DI NAS METODOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO DE OA.....	57
QUADRO 9 - COMPONENTES DA METODOLOGIA INTERA	58
QUADRO 10 - CONJUNTO DE ÍCONES HÁPTICOS.....	76
QUADRO 11 - VERBOS DE AÇÃO E PALAVRAS-CHAVE PARA INICIAR A EXPLORAÇÃO HÁPTICA	96
QUADRO 12 - GESTOS E AÇÕES SEMELHANTES ENTRE SISTEMAS OPERACIONAIS	103
QUADRO 13 - CARACTERÍSTICAS DA TELA DE FEIXE INFRAVERMELHO.....	105
QUADRO 14 - CARACTERÍSTICAS DA TELA COM SUPERFÍCIE DE ONDA ACÚSTICA.....	106
QUADRO 15 - CARACTERÍSTICAS DA TELA COM SOBREPOSIÇÃO RESISTIVA	108
QUADRO 16 - CARACTERÍSTICAS DA TELA COM SOBREPOSIÇÃO CAPACITIVA.....	109
QUADRO 17 - COMPARAÇÃO ENTRE A TECNOLOGIA ULTRASSÔNICA E MÉTODOS TRADICIONAIS.....	118
QUADRO 18 - ESFORÇOS PARA ESTABELECEM O CAMPO DO DESENVOLVIMENTO HÁPTICO	126
QUADRO 19 - ONTOLOGIA HASM	149
QUADRO 20 - PROPRIEDADES DOS OBJETOS.....	151
QUADRO 21 - FACETAS E PRINCIPAIS ATRIBUTOS CLASSIFICATÓRIOS.....	153
QUADRO 22 - RELAÇÕES ENTRE NAVEGAÇÃO.....	155
QUADRO 23 - COMPONENTES DO PROJETO HÁPTICO.....	157
QUADRO 24 - PAPEL DO DESIGNER HÁPTICO.....	159
QUADRO 25 - TAXONOMIA PARA GESTOS DEFINIDOS PELO USUÁRIO	179
QUADRO 26 - TERMINOLOGIA RELATIVA AOS ÓRGÃOS DOS SENTIDOS	180
QUADRO 27 –AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE PRODUTO DE SOFTWARE	181
QUADRO 28 - CONTAGEM DE PALAVRAS.....	196
QUADRO 29 - CLASSIFICAÇÃO DAS FRASES	198
QUADRO 30 - REGISTRO COMPLETO DE INTERAÇÕES COM O JOGO DA MEMÓRIA HÁPTICA.....	200
QUADRO 31 - SÍNTESE DAS RESPOSTAS DA ENTREVISTA.....	209
QUADRO 32 – EXEMPLOS DE USO PRIMÁRIO DE COMPONENTE HÁPTICO	227
QUADRO 33 – EXEMPLOS DE USO SECUNDÁRIO DE COMPONENTE HÁPTICO	230

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - RESULTADOS DA INTERAÇÃO COM ANEL HÁPTICO	201
TABELA 2 - RESULTADOS DA INTERAÇÃO COM VIBRAÇÃO PADRÃO	202
TABELA 3 - CÁLCULO DE MÉDIA E MEDIANA NO ENSAIO 3	206
TABELA 4 - CONTAGEM DE ACERTOS E ERROS POR PADRÃO TÁTIL	207

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ADDIE - *Analyze, Design, Develop, Implement* (Analisar, Projetar, Desenvolver, Implementar)

API - *Application Programming Interface* (Interface de Programação de Aplicações)

BFO - *Basic Formal Ontology* (Ontologia Básica Formal)

DI - Design Instrucional

DSR - *Design Science Research*

HASM - *Haptic Applications Software Modeling* (Modelagem de Software de Aplicações Hápticas)

HaXD - *Haptic Experience Design* (Design de Experiências Hápticas)

IEEE - *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (Instituto de Engenheiros Eletrônicos e Eletricistas)

IH - Interação Háptica

IHC - Interação Humano-Computador

INTERA - Inteligência em Tecnologias Educacionais e Recursos Acessíveis

ISO - *International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Normalização)

NMC - *New Media Consortium* (Consórcio Novas Mídias)

OA - Objetos de Aprendizagem

OAH - Objetos de Aprendizagem com Componente Háptico

OBAA - Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes

OWL - *Ontology Web Language* (Linguagem Ontológica Web)

RBA - Revisão Bibliográfica Assistemática

RBS - Revisão Bibliográfica Sistemática

RIVED - Rede Interativa Virtual de Educação

RUP - *Rational Unified Process* (Processo Unificado da Rational)

TGIL - *Tactile Graphic Image Library* (Biblioteca Tátil de Imagens Gráficas)

TIC - Tecnologia da Informação e Comunicação

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

UX - *User Experience* (Experiência do Usuário)

W3C - *World Wide Web Consortium* (Consórcio World Wide Web)

SUMÁRIO

1	 INTRODUÇÃO.....	19
1.1	PROBLEMA	20
1.2	OBJETIVO GERAL	21
1.2.1	Objetivos Específicos.....	21
1.3	DELIMITAÇÃO DO ESCOPO.....	22
1.4	JUSTIFICATIVA	22
1.5	ESTRUTURA DA TESE	24
2	 MÉTODO DE PESQUISA	26
2.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ASSISTEMÁTICA	29
2.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA	29
2.2.1	RBS - Objetos De Aprendizagem e Informações Táteis.....	30
2.2.1.1	<i>Documentos identificados.....</i>	<i>35</i>
2.2.2	RBS - Mostradores Hápticos.....	36
2.2.2.1	<i>Documentos Identificados.....</i>	<i>39</i>
2.2.3	RBS - Frameworks Hápticos	41
2.2.3.1	<i>Documentos identificados.....</i>	<i>43</i>
2.2.4	RBS - Contribuições Das Normas ISO e ABNT.....	45
2.2.4.1	<i>Normas pesquisadas</i>	<i>45</i>
2.3	ENSAIO DE INTERAÇÃO	46
2.3.1	Materiais e Instrumentos.....	47
2.3.2	Participantes	50
2.3.3	PROCEDIMENTOS DO ENSAIO.....	50
3	 OBJETOS DE APRENDIZAGEM E INFORMAÇÕES TÁTEIS.....	52
3.1	CONCEITO DE OBJETO DE APRENDIZAGEM	53
3.2	PRINCÍPIOS DE DESENVOLVIMENTO DE OA.....	56
3.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE A PERCEPÇÃO NA APRENDIZAGEM	60
3.4	OBJETOS DE APRENDIZAGEM E O TATO	61
3.4.1	Representações táteis na aprendizagem	62
3.5	ORIENTAÇÕES PARA INTERAÇÕES E INFORMAÇÕES TÁTEIS.....	69
3.5.1	Interações Informacionais.....	73
3.5.2	Interações Colaborativas.....	74
3.5.3	Imagem	76
3.5.4	Vídeo e Animações.....	79
3.5.5	Simulações e Experimentos Práticos.....	81
3.5.6	Software Educacional.....	82

3.5.7	Jogos Educacionais.....	83
3.5.8	Cursos Virtuais	84
3.5.9	Texto	85
3.6	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	88
4	 MOSTRADORES VISUAIS e HÁPTICOS.....	89
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA PERCEPTIVO HÁPTICO.....	92
4.1.1	Referências táteis para o planejamento de interações.....	96
4.2	MOSTRADORES HÁPTICOS EM DISPOSITIVOS MÓVEIS.....	99
4.3	TELAS SENSÍVEIS AO TOQUE	101
4.3.1	Toque em feixe infravermelho.....	104
4.3.2	Toque em superfície de onda acústica.....	106
4.3.3	Toque em sobreposição resistiva.....	107
4.3.4	Toque em sobreposição capacitiva	108
4.3.4.1	<i>Caneta Háptica.....</i>	<i>110</i>
4.4	TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO HÁPTICA	111
4.4.1	Motores Vibracionais	114
4.4.2	Atuador Ultrassônico	116
4.4.3	Eletrostática	120
4.4.3.1	<i>Atuador de superfície com eletrostática</i>	<i>122</i>
4.4.4	Componente Elastômero	123
4.4.5	Tablete Braille	124
4.5	REPRESENTAÇÕES DOS PROCESSOS EM SISTEMAS HÁPTICOS	125
4.6	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	127
5	 CONTEXTO E PROCESSOS NO DESIGN HÁPTICO	129
5.1	FRAMEWORK	130
5.1.1	Framework Arquitetura TouchCons.....	130
5.1.1.1	<i>Orientado aos Objetivos e Dispositivos.....</i>	<i>131</i>
5.1.1.2	<i>Transmissão Háptica</i>	<i>133</i>
5.1.1.3	<i>Repositório de Dados</i>	<i>135</i>
5.1.1.4	<i>AdHapticA</i>	<i>136</i>
5.1.1.5	<i>Estudo comparativos e JCHAI3D</i>	<i>138</i>
5.1.1.6	<i>Avaliação de Usabilidade</i>	<i>140</i>
5.1.1.7	<i>Arquitetura Multimodal</i>	<i>141</i>
5.1.1.8	<i>Mecanismo de localização de texturas</i>	<i>142</i>
5.2	MODELO.....	142
5.2.1	Função, comportamento e estrutura.....	143
5.2.2	Colaboração em ambiente háptico.....	144
5.2.3	Renderização Háptica.....	145

5.3	ONTOLOGIA.....	146
5.3.1	Ontologia HASM.....	146
5.3.2	Facetas	151
5.4	NAVEGAÇÃO HÁPTICA E VISUAL	154
5.5	GRUPOS EM CONTATO COM DESENVOLVIMENTO HÁPTICO	156
5.6	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	160
6	 CONTRIBUIÇÕES DAS NORMAS ISO E ABNT	161
6.1	9241-12: APRESENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO.....	161
6.1.1	Objetos Gráficos.....	162
6.2	9241-151: ORIENTAÇÕES PARA INTERFACES DE USUÁRIOS DA WORLD WIDE Web.....	163
6.2.1	Conteúdo.....	164
6.2.2	Recomendações	164
6.2.3	Objetos de Interação.....	165
6.3	9241-11: ORIENTAÇÕES SOBRE USABILIDADE	165
6.4	9241-210: PROJETO CENTRADO NO SER HUMANO PARA SISTEMAS INTERATIVOS.....	170
6.5	9241-910: ESTRUTURA PARA INTERAÇÕES TÁTEIS E HÁPTICAS	171
6.5.1	Percepção das propriedades materiais.....	172
6.5.2	Projeto de interações hápticas	173
6.6	9241-920: ORIENTAÇÃO SOBRE INTERAÇÕES TÁTEIS E HÁPTICAS	174
6.7	9241-960: ESTRUTURA E ORIENTAÇÃO PARA INTERAÇÕES GESTUAIS.....	176
6.7.1	Processo para definição do Gesto.....	177
6.8	5492:2017 ANÁLISE SENSORIAL — VOCABULÁRIO	179
6.8.1	Terminologia geral	179
6.8.2	Terminologia relativa aos órgãos dos sentidos	180
6.9	25062:2011 - REQUISITOS E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE	181
6.10	CONSIDERAÇÕES SOBRE AS NORMAS APRESENTADAS	183
7	 ENSAIO DE INTERAÇÃO	184
7.1	ENSAIO 1 – ATRIBUTOS DAS FIGURAS GEOMÉTRICAS	184
7.1.1	Ensaio 2 – Padrões Vibracionais.....	186
7.1.2	Ensaio 3 – Objetos Hápticos.....	186
7.1.3	Entrevista	188
7.1.4	Encerramento	189
7.2	RESULTADOS	189
7.2.1	Resultados do Ensaio 1	189
7.2.1.1	<i>Visualização e Descrição da Imagem “Quadrados”</i>	<i>189</i>
7.2.1.2	<i>Visualização e Descrição da Imagem “Círculos”</i>	<i>191</i>
7.2.1.3	<i>Interação Tátil e Descrição da Imagem “Quadrados”</i>	<i>192</i>
7.2.1.4	<i>Interação Tátil e Descrição da Imagem “Círculos”</i>	<i>193</i>

7.2.1.5	<i>Análise dos dados coletados</i>	195
7.2.1.6	<i>Análise de conteúdo</i>	197
7.2.2	Resultados do Ensaio 2	199
7.2.2.1	<i>Análise por média e mediana</i>	201
7.2.2.2	<i>Aprendizagem e Fadiga do Participante</i>	202
7.2.3	Resultados do Ensaio 3	203
7.2.3.1	<i>Análise por média e mediana</i>	206
7.2.3.2	<i>Análise por padrão e modo</i>	206
7.2.4	Resultados das entrevistas com os participantes	208
7.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE O ENSAIO DE INTERAÇÃO	210
8	 ORIENTAÇÕES PARA O USO DE OAH	212
8.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	213
8.1.1	Usuário	213
8.1.2	Ambiente	214
8.2	REQUISITOS	214
8.2.1	Requisitos didático-pedagógicos	215
8.2.2	Requisitos funcionais	215
8.2.3	Requisitos não funcionais	216
8.2.3.1	<i>Escalonamento</i>	216
8.2.3.2	<i>Usabilidade</i>	217
8.2.3.3	<i>Acesso</i>	217
8.2.3.4	<i>Disponibilidade</i>	218
8.2.3.5	<i>Reusabilidade</i>	218
8.2.3.6	<i>Acessibilidade</i>	218
8.2.3.7	<i>Desempenho</i>	219
8.2.3.8	<i>Portabilidade</i>	219
8.2.3.9	<i>Ajuda e Documentação</i>	219
8.2.3.10	<i>Design de Interfaces</i>	220
8.2.3.11	<i>Licenciamento e Direitos Autorais</i>	221
8.3	ARQUITETURA	221
8.4	DESENVOLVIMENTO	222
8.5	TESTES E QUALIDADE	223
8.6	DISPONIBILIZAÇÃO	224
8.7	AVALIAÇÃO	224
8.8	GESTÃO DE PROJETOS	225
8.9	AMBIENTE	226
8.10	PADRÕES	226
8.11	POSSÍVEIS APLICAÇÕES	227

8.11.1	Primária.....	227
8.11.2	Secundária.....	229
8.12	ESTRUTURA DE PLANEJAMENTO DO OAH	231
8.12.1	Planejamento de um OAH.....	234
9	 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	239
9.1	PESQUISA E DESENVOLVIMENTO FUTUROS	241
	REFERÊNCIAS	243
	APÊNDICE 1 - Folha de Avaliação	254
	APÊNDICE 2 – TERMO DE COMPROMISSO LIVRE E ESCLARECIDO	255

1 | INTRODUÇÃO

A tecnologia é uma parte integral da sociedade e cultura. O uso de tecnologias para transmissão de conhecimento promove práticas diversas que podem ser utilizadas no meio educacional. A partir dos anos 2000 uma abordagem que ganhou destaque neste meio foram os Objetos de Aprendizagem (OA). O termo, que pode ser compreendido como entidades ou artefatos digitais utilizados no ensino, aprendizagem e treinamento; representa recursos reutilizáveis e adaptáveis a diferentes conteúdos de aprendizagem. É cada vez mais comum o uso de OA em computadores e dispositivos móveis, como smartphones e tablets, para incremento de práticas tradicionais de educação.

Neste contexto, tecnologias como ambientes imersivos e dispositivos de entrada diferenciados começam lentamente a possibilitar o uso de interações que extrapolam os canais visual e auditivo nos OA. Presente em dispositivos móveis o retorno tátil promovido principalmente por meio da vibração, desperta renovado interesse de pesquisadores para o uso da percepção tátil na educação. O retorno e a percepção tátil são partes do estudo da háptica, para qual pesquisas como de Grunwald (2008) e Barfield (2009) sugerem a possibilidade de promover o aprendizado, facilitar treinamentos e oferecer interações simuladas de atividades reais. Na prática, o uso da háptica em dispositivos móveis é voltado à indicação de funções como avisos, indício de acesso a operações diversas e alarmes. Nestes casos, vibrações simples isoladas ou em conjunto com outros canais comunicacionais indicam o estado do sistema ao usuário.

O vínculo da háptica com os OA em meio digital é pouco recorrente e suas fronteiras não são claras. Investigações da háptica como elemento de aprendizagem têm seu corpo de conhecimento com maior número de ocorrências no campo da psicologia. Neste meio, a percepção háptica é investigada principalmente frente a artefatos reais. Em OA digitais o uso da háptica surge principalmente no discurso teórico, como em Mangen e Velay (2010); em dispositivos físicos, como em Gorlewicz *et al.* (2014) que discutem o uso da hardwares e possíveis caminhos da háptica para educação; ou em perspectivas futuras da educação como em Johnson *et al.* (2015). Em geral, o uso de interações hápticas como componente de OA não é bem esclarecido no design, sendo aplicado na prática em recursos muito específicos com objetivo principal de experimentação e pesquisa.

A pesquisa de Moussette (2012) pode ser considerada um expoente na aproximação do projeto de interações hápticas sob a perspectiva do design. O autor explora de forma ampla o projeto de hardwares com interação háptica, dando ênfase às etapas de prototipação de

produtos com uso de componentes de baixa complexidade. Entretanto, a lacuna de como articular o conhecimento para planejar OA com o componente háptico não é suficientemente abordada. Em Schneider *et al.* (2017) há um maior esclarecimento sobre como o projeto de interações hápticas é compreendido por especialistas e designers. Destaca-se no texto a proposta do termo HaXD (*Haptic Experience Design* - Design de Experiências Hápticas), se aproximando da área de UX (Experiência do Usuário). Dentre as perspectivas apontadas no documento os autores reforçam a necessidade de uma educação formal para habilitar designers ao desenvolvimento de HaXD. Embora seja exposta a possibilidade de aprender com o retorno tátil, a lacuna em como tratar essas experiências como OA permanece.

Durante as revisões sistemáticas que dão corpo teórico a este documento percebeu-se que ainda há dúvidas sobre a tecnologia háptica e possíveis aplicações como OA. Evidencia-se que a háptica como OA suscita questionamentos como: quais tecnologias possíveis de proporcionar o retorno tátil? Como é possível perceber a háptica em dispositivos móveis? Quais possíveis aplicações da háptica como recurso de aprendizagem? Quais orientações podem ser utilizadas para uso de OA considerando o componente háptico? Uma vez que tais questionamentos não foram suficientemente esclarecidos pela ciência até o momento, o presente estudo se aprofunda na exploração de OA com componente háptico como meio de interação e aquisição de informação.

No Capítulo 8| ORIENTAÇÕES PARA O USO DE OAH, são apresentados os resultados finais desta pesquisa através de informações para auxílio nas fases de uso e planejamento de objetos de aprendizagem com componente háptico (OAH), exemplificações de possíveis aplicações e uma estrutura genérica para entendimento do ciclo de vida dos OAH.

1.1 PROBLEMA

O tato é um importante canal sensorial para aquisição do conhecimento, como aponta Sobral *et al.* (2015) que, no contexto digital, ainda é pouco utilizado para educação. Observa-se que, apesar da disponibilização crescente de recursos hápticos em dispositivos móveis, o meio educacional parece absorver estas tecnologias em artefatos específicos e muitas vezes experimentais. Por exemplo, através da substituição sensorial de cores por vibração como demonstrado em Hamilton-Fletcher (2015); testagem de matrizes hápticas para ensino de conceitos matemáticos apresentado em Gorlewicz (2013); ou através de sensores eletromagnéticos como em Banerjee e Horn (2014), para estudo do consumo elétrico. Tais experiências são pontuais e muitas vezes deslocadas de um contexto amplo de recursos de

aprendizagem. Assim, um componente que explora canais sensoriais não usuais em dispositivos móveis, como o tato, parece ainda pouco explorado na educação.

Ainda que os dados identificados através de levantamento bibliográfico sistemático para identificar o estado da arte desta temática discorram observações e análises sobre características específicas da háptica na aprendizagem e também sobre possibilidades tecnológicas de interação tátil, percebe-se que é escassa a literatura quanto a fundamentos para compreensão e planejamento de OA com componente háptico, sendo identificados somente três documentos que trazem apontamentos diretos para esta pesquisa. As orientações, requisitos, modelos e processos descritos em pesquisas com produtos hápticos apresentam lacunas no conhecimento direcionado ao contexto da aprendizagem. Parece que, pela literatura identificada nesta pesquisa, é obscura a compreensão das tecnologias que permitem a percepção háptica e possíveis aplicações deste canal informacional como OA. Assim como, é pouco esclarecido como utilizar este tipo de interação em dispositivos móveis.

Desta forma, verificar as ocorrências e possibilidades da háptica sob a perspectiva de um OA é um importante avanço no conhecimento, assim como a criação de um corpo teórico consolidado com o estado da arte deste meio voltado à compreensão e uso destes recursos educacionais por designers e conteudistas. A pergunta que direciona este posicionamento é definida por **como os objetos de aprendizagem com componente háptico podem ser utilizados para educação através de dispositivos móveis?**

1.2 OBJETIVO GERAL

Com base no contexto apresentado, constitui-se como objetivo geral desta pesquisa descrever o uso e possibilidades dos objetos de aprendizagem com componente háptico para dispositivos móveis.

1.2.1 Objetivos Específicos

- a) Demonstrar o estado da arte dos objetos de aprendizagem com uso do tato em contexto digital;
- b) Apresentar a tecnologia háptica, características e possibilidades em dispositivos móveis;
- c) Sintetizar aspectos chave de desenvolvimento e avaliação de interações hápticas contemplados nas normas nacionais e internacionais;
- d) Consolidar orientações de uso de objetos de aprendizagem com componente háptico para dispositivos móveis.

1.3 DELIMITAÇÃO DO ESCOPO

Compreendendo a possível variação de definições em relação à natureza dos OA, cabe descrever a significação base que será considerada neste documento. Para tanto, recorre-se à proposta de delimitação descrita em McGreal (2004, p. 11, tradução nossa), sendo que para o autor OA são “qualquer recurso digital reutilizável encapsulado em uma lição ou conjunto de lições agrupado em unidades, módulos, cursos e até programas”. Quanto ao suporte da háptica, o foco deste trabalho são os dispositivos móveis (tabletes e smartphones) e, conseqüentemente, as possibilidades hápticas nestes dispositivos.

Não são resultados desta tese: práticas educacionais ou teorias pedagógicas, embora superficialmente abordados para compreensão de tópicos específicos; etapas, processos ou orientações quanto ao desenvolvimento de hardwares ou programação lógica de objetos hápticos. Apesar de mencionados ao longo do documento, não é pretensão atingir com os resultados desta pesquisa conhecimento pleno da percepção háptica em dispositivos móveis para usuários deficientes visuais. Assim, ressalta-se que, ainda que possam ser adequados, os resultados não se aplicam prontamente a este público.

1.4 JUSTIFICATIVA

Na educação, o uso e adaptação de novas tecnologias é um processo importante que altera a forma de perceber e lidar com a informação, impactando na cultura e na sociedade. Para tanto, é necessário compreender as possibilidades e reconhecer o uso adequado dos recursos. Como discorre González (2005, p. 21) a tecnologia não traz isoladamente avanços e seu uso na educação deve ser criterioso:

Os espetaculares avanços nas comunicações e na informática têm passado a falsa imagem de que essas tecnologias podem trazer, por si sós, consistentes melhoras no processo educativo, deixando de lado a importância que uma atitude científica e crítica em relação ao seu emprego é requerida, em função de se conseguirem resultados mais eficientes. É muito importante chamar a atenção para a necessidade das investigações nesta área do conhecimento. Pesquisas que comandem de maneira consciente o processo de integração pedagogia-tecnologia devem passar a ser a verdadeira fonte geradora das necessidades tecnológicas a partir da interpretação do próprio processo.

Em formato digital os OA possibilitam o contato remoto com a informação, assim, possuem significativa relevância social no acesso a conteúdo de aprendizagem. Vinculados a ambientes digitais, os OA também são importantes pela possibilidade de comunicação e colaboração que ocorre nos OA ou em seus repositórios. Por exemplo, a colaboração entre pares

na discussão de soluções para resolução de uma tarefa ou a comunicação em tutoria de professores na orientação de alunos.

O Design Instrucional (DI), quando aplicado ao desenvolvimento de OA, pode desempenhar funções relevantes no aprimoramento das tecnologias da informação e comunicação. Como aponta Braga *et al.* (2015a, p. 15) “o DI torna-se cada vez mais necessário no contexto da educação online, sendo desenvolvido por várias instituições que buscam uma melhor interação entre o usuário e o sistema”. Pensar em como aplicar e distribuir os diversos elementos de OA, como imagem, sons, vídeos, animações e hipertextos, também é alvo de pesquisa de áreas como Engenharia do Conhecimento, Psicologia, Filosofia, Pedagogia entre outras.

O relatório 2015 sobre tecnologias emergentes e tendências na educação, promovido pelo grupo NMC (New Media Consortium), demonstra perspectivas no ensino superior quanto a pesquisas e uso de novas tecnologias para educação, conforme apresentado em Johnson *et al.* (2015). Na edição, o relatório prospecta a exploração e utilização de novas mídias e tecnologias para a aprendizagem observando avanços que possivelmente serão implementados nos próximos anos. Johnson *et al.* (2015), apresentam recursos, tais como: cursos massivos online, tecnologias de eletrovibração, interfaces naturais com o usuário e gamificação. Estas perspectivas devem ser acompanhadas para compreender possíveis incrementos aos OA.

A háptica, como já mencionado anteriormente, é disponibilizada em dispositivos como *smartphones*, tabletes e computadores atuando como canal de informação tátil de estado do sistema. Pesquisas como de Parisi *et al.* (2017), sugerem usos mais abrangentes da háptica, como na viabilização de novas mídias educacionais, além da expansão na disponibilização destes recursos em dispositivos móveis. Como discorrem os autores, “se nossas intuições são corretas - se estamos realmente no meio de um “momento háptico” - então é crucial que mobilizemos um conjunto de recursos intelectuais coletivos para ajudar a entender os seus afluentes e suas orientações futuras”. (PARISI *et al.*, 2017, p. 1520 - tradução nossa).

Corroborando esta reflexão o relatório emitido pelo BCC Research (2015), grupo especializado em pesquisas de ciência e tecnologia, aponta que o mercado global de atuadores hápticos foi de USD1,6 bilhões em 2014 e deve atingir cerca de USD10,3 bilhões em 2020, valores que demonstram um campo crescente de aplicação háptica. Sob aspecto da sustentabilidade, embora não abordado com ênfase nesta tese, os OA são facilitadores, pois permitem que usuários reduzam custos com deslocamento ao realizar acesso remoto à informação limitado apenas pelo acesso à internet, como tratado em Riberio (2015).

O referencial tátil possibilita perceber a informação por meio de um canal ainda pouco explorado nos dispositivos móveis, que pode viabilizar recursos de aprendizagem tátil ao

permitir que o usuário perceba texturas, padrões ou orientações através do toque. Considerando a acessibilidade, embora não seja o foco central desta pesquisa, Adam; Macedo (2013, p. 177) informam que “a acessibilidade para pessoas com deficiência visual em objetos de aprendizagem é ainda precária.” O uso do tato nestes objetos, segundo as autoras, pode ser um facilitador no entendimento da informação tornando estes objetos mais equiparados nas possibilidades de uso. Neste sentido a tese de Almeida (2017) discute profundamente a formação da imagem fora dos olhos; ou seja, a possibilidade de construir através do tato o significado bi ou tridimensional da forma esclarecendo a possibilidade de aquisição de conhecimento através do toque. De acordo com Gorlewicz *et al.* (2014) usuários com baixa visão, também podem ter nos OAH uma melhor acessibilidade no acesso e aquisição da informação. Para estes usuários a delimitação de áreas de interação ou ainda o aumento da informação através do tato pode auxiliar na interação com os OA. Os autores, entretanto, reforçam a necessidade de aprofundar os conhecimentos sobre a háptica na educação.

Desta forma, a investigação de tecnologias táteis que possam aprimorar a informação nos OA é relevante não só para a comunidade acadêmica, mas também aos usuários destes recursos. Para o campo do design, o aprofundamento do estudo desta temática é uma importante contribuição na compreensão de como a tecnologia háptica pode ser considerada no contexto de Objetos de Aprendizagem com Componente Háptico (OAH).

1.5 ESTRUTURA DA TESE

Esta pesquisa é organizada em nove capítulos: 1 | Introdução; 2 | Método de Pesquisa; 3 | Objetos de Aprendizagem e Informações Táteis; 4 | Mostradores Hápticos; 5 | Contexto e Processos no Design Háptico; 6 | Contribuições das Normas ISO e ABNT; 7 | Ensaio de Interação; 8 | Orientações para o uso de OAH e 9 | Considerações Finais. Na Introdução são apresentadas as motivações e justificativas para desenvolvimento da tese, bem como são descritos problema, objetivos e delimitação do escopo.

No “Capítulo 2 | Método de Pesquisa” são indicados o planejamento das fases de pesquisa, uma descrição do ensaio de interação realizado e a definição das práticas de revisão da bibliografia assistemática e sistemática, sendo que para esta última são demonstrados os protocolos aplicados, viabilizando a atualização e replicação das investigações.

Os capítulos 3, 4, 5 e 6 abordam os conceitos fundamentais para a compreensão do contexto no qual se insere esta pesquisa. No “Capítulo 3 | Objetos de Aprendizagem e Informações Táteis” ocorre a conceitualização dos objetos de aprendizagem, tratando dos princípios de desenvolvimento deste recurso educacional e apresentando relações entre

percepção tátil e os objetos de aprendizagem. Neste capítulo também é exposta a metodologia INTERA, de Braga *et al. et al.* (2015b), que é utilizada como plataforma para apresentação das orientações ao final desta tese.

No “Capítulo 4 | Mostradores Hápticos” são contempladas informações para o entendimento do sistema perceptivo háptico, apresentadas tecnologias de mostradores visuais sensíveis ao toque e mostradores hápticos aplicáveis a dispositivos móveis. O “Capítulo 5 | Contexto e Processos no Design Háptico” discorre sobre os frameworks, ontologias e facetas identificadas na literatura, ao final, aborda os envolvidos em processos de desenvolvimento háptico considerando usuários, produtores e fornecedores.

Como complemento técnico estruturado, o “Capítulo 6 | Contribuições das Normas ISO e ABNT” investiga normas nacionais (ABNT) e internacionais (ISO) que podem auxiliar no planejamento de OAH. Em especial, foram apresentadas questões chave das normas ISO 9241-9XX que tratam de modo mais específico das interações hápticas. Para aprofundar o entendimento fornecido pela literatura e convalidar aspectos de aprendizagem dos OAH, o “Capítulo 7 | Ensaio de Interação” realiza três ensaios através de dois dispositivos móveis com mostradores vibracionais. Neles são observados o incremento informacional por meio do tato; reconhecimento de padrões vibracionais e reconhecimento de formas hápticas.

Como resultado da fundamentação teórica e do ensaio de interação o “Capítulo 8 | Orientações para o uso de OAH” traz conteúdo consolidado quanto aos principais aspectos relacionados a objetos de aprendizagem com componente háptico que podem auxiliar no entendimento e uso destes recursos. São apresentadas informações utilizando como plataforma as etapas da metodologia INTERA expostas em Braga *et al.* (2015b). Na sequência, são exemplificadas possíveis aplicações da háptica como recurso de aprendizagem e, por fim, é sugerida uma estrutura para entendimento dos aspectos gerais do uso de OAH.

A tese se encerra com o “Capítulo 9 | Considerações Finais”, que tece conclusões com relação às propriedades e conteúdos apresentados no decorrer do estudo; também discute limitações desta proposta e, por fim, conclui com informações para a pesquisa e desenvolvimento de futuros trabalhos. O documento é encerrado com as Referências e Apêndices da pesquisa.

2 | MÉTODO DE PESQUISA

Nesta tese se desenvolvem conhecimentos para o uso de objetos de aprendizagem com componente háptico. De acordo com Gil (2008), pode-se categorizar esta pesquisa como aplicada, mas também básica e com objetivo predominantemente exploratório, uma vez que aborda conceitos, teorias e tecnologias para proporcionar maior familiaridade ao objeto alvo de pesquisa e auxiliar na compreensão das possibilidades que os recursos hápticos poderão trazer à educação.

Como abordagem geral, utiliza-se como base o Design Science Research (DSR). O DSR, embora seja também descritivo, possui forte base prescritiva, como aponta Manson (2006, p. 162 - tradução nossa): “é mais prescritivo que descritivo, ou seja, busca prescrever formas de realizar as coisas mais eficientemente”. A pesquisa em DSR, conforme Dresch (2013), parte da necessidade de projetar ou prescrever um artefato. Aqui, tal necessidade é evidenciada ao questionar quais orientações podem ser dadas para auxiliar no uso dos OA com componente háptico.

Verifica-se em Lacerda *et al.* (2013) que o DSR é predominantemente qualitativo, apesar de também aceitar práticas quantitativas. Nesta tese, os resultados da coleta de dados, Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) e da testagem experimental realizada têm análise principalmente qualitativa. Outra característica destacada por Dresch (2013) é o fato do DSR utilizar os métodos científicos tradicionais, como indutivo, dedutivo e hipotético-dedutivo, mas também se valer da abdução na condução de propostas para resolução do problema estudado.

O método abdução consiste em estudar fatos e propor uma teoria para explicá-los, logo, a abdução é um processo de criar hipóteses explicativas para determinado fenômeno/situação. Posteriormente, no momento de colocar estas hipóteses à prova, outros métodos científicos podem ser utilizados. A abdução é considerada um processo, acima de tudo, criativo. E por causa desta característica, é o mais indicado para compreensão de uma situação ou problema, justamente em função do processo criativo intrínseco a este tipo de raciocínio. (DRESCH, 2013, p. 91).

Na lacuna observada de um corpo teórico que trate de forma objetiva os Objetos de Aprendizagem com componente háptico, a abdução é exercitada na tese como processo criativo e iterativo na busca de soluções. Os questionamentos, como aponta Silva *et al.* (2012), são respondidos no DSR por meio da observação do universo que permeia o problema. De acordo com Hevner e Chatterjee (2010), o DSR busca resolver problemas de forma inovadora ou única, ou tornar mais eficientes processos já existentes. Os autores oferecem orientações de como

tratar de forma criteriosa o DSR, demonstradas na Figura 1, e que são observadas nas resoluções apresentadas neste estudo.

Figura 1 – Critérios para o Design Science Research

- 1 **Design como Artefato**
 - O Design Science Research deve produzir um artefato viável na forma de um constructo, um modelo, um método ou instanciação.
- 2 **Relevância do Problema**
 - O objetivo do Design Science Research é de desenvolver soluções baseadas em tecnologia para problemas importantes e relevantes nas organizações.
- 3 **Avaliação do Design**
 - A utilidade, a qualidade e eficácia de um artefato de design devem ser rigorosamente demonstradas através de métodos de avaliação bem executados.
- 4 **Contribuições da pesquisa**
 - Uma pesquisa efetiva em Design Science Research deve prover contribuições claras e verificáveis nas áreas de artefatos, fundamentos ou metodologias em design.
- 5 **Rigor da pesquisa**
 - O Design Science Research deve ser fundamentado na aplicação de métodos rigorosos tanto na construção quanto na avaliação dos artefatos de design.
- 6 **Design como um processo de pesquisa**
 - A pesquisa por um artefato efetivo requer a utilização dos meios disponíveis para alcançar os fins desejáveis enquanto satisfaz as leis que regem o ambiente em que o problema se insere.
- 7 **Comunicação da pesquisa**
 - O Design Science Research deve ser apresentado efetivamente tanto para o público orientado à gestão quanto ao público orientado à tecnologia.

FONTE: Adaptada de HEVNER e CHATTERJEE (2010, p. 12 - tradução nossa)

Os critérios abordados por Hevner e Chatterjee (2010) podem ser compreendidos nesta tese da seguinte forma:

Relevância do Problema: tendo como aspecto de interesse o desenvolvimento de soluções pertinentes a academia foi efetuada uma Revisão Bibliográfica Assistemática identificação de referências teóricas como também lacunas importantes descritas na literatura a serem solucionadas tais como, a falta de um corpo de conhecimento consolidado para o uso de OAH. De acordo com Sage (2008), a revisão da literatura é crucial para a construção da proposta de pesquisa, sendo indispensável a localização de fontes relevantes.

Rigor da pesquisa: Sendo pesquisa com foco exploratório utilizou-se de Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), como método principal de pesquisa. Este modo de revisão permite a aplicação de critérios claros de busca e seleção de conteúdo seguindo um processo estruturado replicável. Tal processo é orientado nesta tese pelo trabalho de Conforto *et al.* (2011) e especificado na seção 2.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA. A prática conta basicamente com entradas, processamento e saídas no formato de análises e registro do conteúdo. Para os dados apresentados no capítulo 8 | ORIENTAÇÕES PARA O USO DE OAH se fez uso de avaliação descritiva, que segundo Hevner e Chatterjee (2010) pode fazer uso de argumentos da literatura para demonstrar a utilidade do artefato.

Design como um processo de pesquisa: o conjunto de informações que indicam o uso e também possíveis orientações ao planejamento de OAH, são oriundos dos dados identificados ao longo desta pesquisa nas RBS e também no ensaio de interação. Assim considera o ambiente ao qual se aplica; as convergências; divergências e como resultante prescreve informações para entendimento dos OAH, ampliando modelos e processos disponíveis.

Design como Artefato: os dados apresentados no capítulo 8 | ORIENTAÇÕES PARA O USO DE OAH podem ser compreendidos, conforme Dresch (2013), como instanciações uma vez que informam como utilizar os OAH e também design *propositions*, ou seja um template ou estrutura genérica para o planejamento destes recursos. Desta forma com base no escopo e com base nas análises realizadas se prescreve a solução mais adequada frente ao escopo pesquisado.

Avaliação do Design

A avaliação do design *propositions* assim como das instanciações ocorre nesta tese através da forma descritiva, ou seja, recorre-se a argumentos presentes na literatura para elaborar um OAH e demonstrar a utilidade dos dados de forma restrita. Como é mencionado nas considerações finais deste trabalho práticas em campo podem ser importantes para realizar ajustes e adequação da proposta.

Contribuições da pesquisa: As contribuições desta pesquisa são de forma secundária todas as revisões realizadas levantando o estado da arte do vínculo dos objetos de aprendizagem com a relação tátil em especial no ambiente digital; e de forma principal as informações do capítulo 8 | ORIENTAÇÕES PARA O USO DE OAH que configura-se como artefato da tese. O artefato considera as orientações ao uso de OAH, que possuem relevância sob a lacuna percebida na literatura.

Comunicação da pesquisa: a comunicação dos resultados desta pesquisa se dá através de publicação e disponibilização deste documento na biblioteca da Universidade Federal do

Paraná aos possíveis interessados, em especial conteudistas e designers, como também através da publicação de artigos e capítulos em periódicos e livros pertinentes ao tema.

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ASSISTEMÁTICA

A Revisão Bibliográfica Assistemática (RBA) proporcionou contato exploratório do pesquisador com o contexto geral da pesquisa. A compreensão deste contexto é decisiva para construção de uma proposta de pesquisa com base fundamental de conhecimento e, também, para o levantamento preliminar de possíveis fontes de informação acerca do problema delimitado.

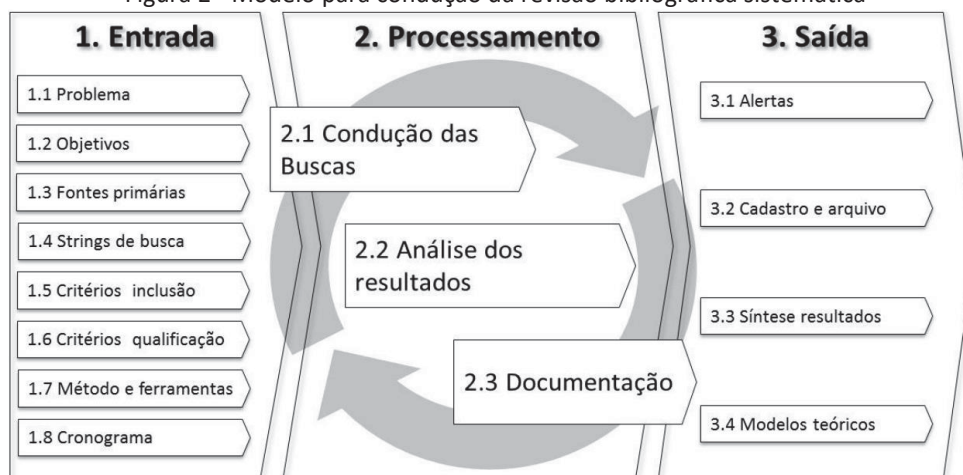
Para esta revisão foram investigados termos correlatos à háptica e objetos de aprendizagem. Esta abordagem, segundo Sage (2008), permite um grande número de verificações em diferentes aspectos da literatura, assim como o levantamento de dados para que se possa realizar posteriormente uma pesquisa sistemática de forma coerente ao problema de pesquisa e ao universo que se desdobra deste problema.

Sendo assim, a RBA foi utilizada para auxiliar na delimitação do tema, verificar a relevância da pesquisa, a identificação de autores, checar características e prospectivas nas pesquisas relacionadas ao tema e também observar documentos em repositórios diversos para fundamentação teórica inicial. Do mesmo modo, para localizar palavras-chave e questionamentos que foram aplicados à Revisão Bibliográfica Sistemática.

2.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

A Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) torna possível uma observação técnica e estruturada do conteúdo. Conforme Lopes e Fracolli (2008, p. 771), “entre as principais características da revisão sistemática estão: fontes de busca abrangentes, seleção dos estudos primários sob critérios aplicados uniformemente e avaliação criteriosa da amostra”. A RBS têm como base a possibilidade de replicar a busca, viabilizando a atualização de dados ou até mesmo a convalidação dos resultados por outros pesquisadores. O trabalho de Conforto *et al.* (2011) articula uma modelo de como proceder a RBS por meio de um roteiro em três grandes etapas: entradas; processamento e saídas. Cabe ressaltar que esta forma de revisão aborda um corpo de conhecimento em cenário limítrofe e que contempla resultados filtrados criteriosamente para o encontro de informações otimizadas ao problema de pesquisa. O roteiro de Conforto *et al.* (2011) é sintetizado na Figura 2

Figura 2 - Modelo para condução da revisão bibliográfica sistemática



FONTE: CONFORTO *et al.* (2011, p. 7)

Durante a coleta de dados foram observados documentos indexados a portais de pesquisa, como o Portal de Periódicos Capes, IEEE Xplore - Digital Library e Google Acadêmico. A definição da amostra se deu através de critérios de inclusão e qualificação, que se referem aos objetivos de pesquisa e informações qualitativas dos documentos, como método abordado, periódico de origem, tipo de resultado apresentado entre outros. A estratégia de análise dos documentos foi qualitativa, inicialmente com o objetivo de filtragem dos resultantes, e após, com foco no aprofundamento do conteúdo buscando convergências e divergências nas informações localizadas. A execução da RBS nesta tese é protocolada observando o modelo de Conforto *et al.* (2011), tais protocolos são apresentados nas seções seguintes. Ressalva-se que os discursos de autores identificados durante a RBA também poderão ser contemplados nos capítulos teóricos para refutar, reforçar ou fornecer conteúdo adicional diante das temáticas desenvolvidas.

2.2.1 RBS - Objetos De Aprendizagem e Informações Táteis

Nesta seção é descrito o protocolo de revisão realizado; as classes de problema identificadas na RBA e que dão entrada a esta revisão são: **tecnologia**, não é suficientemente esclarecido a aproximação entre os OA e tecnologias táteis; **aplicação**, não está claro o entendimento de como é utilizado o referencial háptico em OA; **interface**; o entendimento de como se dão as interfaces entre os componentes táteis dos OA com os usuários demanda esclarecimentos; **processo**, não está clara a existência de metodologias ou processos específicos para o desenvolvimento de OA com referencial tátil.

Com base nestas classes de problema tem-se como objetivo geral desta revisão identificar estudos e desenvolvimentos que relatam o uso de interfaces táteis em OA. Para

tanto, foram utilizados como fontes primárias desta revisão os portais indexadores Portal de Periódicos Capes e Google Acadêmico.

No Portal de Periódicos Capes foram efetuadas as seguintes buscas:

- Utilizando o Campo (qualquer e contém): “objeto de aprendizagem” AND “háptico”; resultando em (4) retornos destes (1) de documentos revisados por pares e (3) de recursos online;
- Utilizando o Campo (qualquer e contém): “objeto de aprendizagem” AND “háptica”; resultando em (1) resultado destes (1) de periódicos revisados por pares;
- Utilizando o Campo (qualquer e contém): “objetos de aprendizagem” AND “háptico”; resultando em (4) resultados destes (1) de documentos revisados por pares e (3) de recursos online;
- Utilizando o Campo (qualquer e contém): “objetos de aprendizagem” AND “háptica”; resultando em (1) resultado destes (1) de periódicos revisados por pares;
- Utilizando o Campo (qualquer e contém): “objeto de aprendizagem” AND “tátil”; resultando em (30) resultados destes (10) de documentos revisados por pares e (20) de recursos online;
- Utilizando o Campo (qualquer e contém): “objetos de aprendizagem” AND “tátil”; resultando em (30) resultados destes (10) de documentos revisados por pares e (20) de recursos online;
- Utilizando o Campo (qualquer e contém): “objeto de aprendizagem” AND “tato”; resultando em (121) resultados destes (55) de documentos revisados por pares e (90) de recursos online.
- Utilizando o Campo (qualquer e contém): “objeto de aprendizagem” AND “toque”; resultando em (181) resultados destes (72) de documentos revisados por pares e (111) de recursos online

No Portal de Google Acadêmico; não incluindo patentes ou citações; foram efetuadas as seguintes buscas:

- "objeto de aprendizagem" AND háptico; resultando em (43) documentos;
- "objeto de aprendizagem" AND háptica; resultando em (56) documentos;
- "objetos de aprendizagem" AND háptico; resultando em (60) documentos;

- "objetos de aprendizagem" AND háptica; resultando em (91) documentos;
- "objetos de aprendizagem" AND tátil; resultando em (486) documentos;

Com este último *string* verificou-se que muitos resultados não abordavam os OA em contexto digital assim foi necessário refinar para:

- "objetos de aprendizagem" AND tátil AND "dispositivos móveis"; resultando em (109) documentos;
- "objeto de aprendizagem" AND tátil AND "dispositivos móveis"; resultando em (78) documentos;
- "objeto de aprendizagem" AND "interface tangível"; resultando em (10) documentos;
- "objetos de aprendizagem" AND "interface tangível"; resultando em (13) documentos;
- "objetos de aprendizagem" AND "tato" AND dispositivos; resultando em (121) documentos;

Na sequência foram pesquisados os termos em inglês para OA como também as principais tecnologias relacionadas a simulação tátil identificadas na RBA. Cabe mencionar que através de uma amostragem inicial verificou-se que o Google Acadêmico oferecia melhores resultados que o Portal de Periódicos Capes optando-se por pesquisar apenas neste indexador. Também foi delimitada uma janela de tempo com resultados somente a partir do ano de 2013, considerando que ocorrem modificações rápidas nas tecnologias dos dispositivos móveis e mostradores hápticos uma pesquisa mais ampla se tornaria ineficaz no entendimento do contexto atual deste meio:

- "learning objects" AND haptic > ano 2013; resultando em (293) documentos;
- vibration AND "learning content" AND haptic > ano 2013; resultando em (63) documentos;
- ultrasonic AND "learning content" AND haptic > ano 2013; resultando em (12) documentos;
- electrostatic AND "learning content" AND haptic > ano 2013; resultando em (5) documentos;
- vibration AND "m-learning" AND haptic > ano 2013; resultando em (44) documentos;

- ultrasonic AND "m-learning" AND haptic > ano 2013; resultando em (7) documentos;
- electrostatic AND " m-learning " AND haptic > ano 2013; resultando em (2) documentos;
- vibration AND "mobile learning" AND haptic > ano 2013; resultando em (105) documentos.

Seguindo o processo descrito por Conforto *et al.* (2011), como **critérios de inclusão** foram definidos:

Data de publicação: a qualquer tempo, ou seja, não foram definidas faixas de tempo específicas exceto na última seção da revisão quando se efetuou filtro para o ano de 2013

Tipo de material:

- Portal de Periódicos CAPES/MEC; artigos e publicações acadêmicas utilizando o campo de filtragem “revisado por pares”
- Google Acadêmico; artigos e publicações acadêmicas não incluindo patentes ou citações

Idioma: qualquer idioma que obtivesse retorno com as *strings* de busca.

Data final: 01/09/2017 referente a data de realização da pesquisa.

Como **critérios de qualificação** foram utilizados somente os documentos filtrados através do campo “revisado por pares”, ou seja, aqueles documentos que já passaram por algum tipo de auditoria segundo o Portal. No Google Acadêmico não foram considerados patentes ou citações, sendo filtrados também documentos não vinculados a nenhum periódico.

Como **métodos e ferramentas** utilizou-se de conta Meu Espaço no Portal de Periódicos CAPES/MEC, na qual foram adicionadas e salvas buscas e alertas para o recebimento de novas indexações, conforme *strings* de busca. Utilizou-se o navegador Firefox para acesso via proxy à rede universitária federal. Os documentos foram abertos e salvos em armazenamento local e em plataforma online Google Drive. Para edição do texto, utilizou-se o software Word. Para registro dos documentos, o gerenciador de citações Mendeley. Para leitura e anotações nos documentos, o Foxit Reader.

Quanto ao **cronograma de pesquisa** a coleta de dados teve seu início em agosto de 2016 no Portal de Periódicos CAPES/MEC sendo encerrada em 01 de setembro de 2017. No Google Acadêmico o período de pesquisa foi de 20 de agosto de 2017 a 01 de setembro de 2017.

Para **processamento** da pesquisa foram conduzidas buscas através de acesso remoto à rede utilizando proxy acadêmico da Universidade Federal do Paraná para possibilitar o uso de documentos do Portal de Periódicos CAPES/MEC e Google Acadêmico com acesso financiado

pelo governo federal. Os portais atuam como indexadores de periódicos, possuindo em sua base de dados Artigos, Teses e Dissertações. Em acordo ao processo descrito por Conforto *et al.* (2011) também foram realizados os seguintes filtros:

Filtro 1: Com tempo de desenvolvimento de aproximadamente 16 horas foi efetuada a leitura de título, resumo e palavras-chave. Neste filtro foram eliminados documentos que tratavam prioritariamente de OA não digitais, ou seja, recursos para aprendizagem físicos ou ainda documentos que tratavam da avaliação de práticas aplicadas em contexto não digital. Resultou em 150 documentos.

Filtro 2: Com tempo de desenvolvimento de aproximadamente 22 horas foi efetuada a leitura da introdução e conclusão dos documentos, releitura do título, resumo e palavras-chave. Neste filtro foram eliminados documentos que não atendem a nenhuma das classes de problemas utilizadas na revisão (**tecnologia, aplicação, interface, processo**). Na sequência foram excluídos documentos que possuem como foco central usuários com deficiência visual, ou seja, trazem especificações e demandas exclusivas a este público que não são parte do escopo desta pesquisa; como também documentos que consideram interfaces externas ao OA digital, como por exemplo objetos que dependem de códigos para realidade aumentada ou objetos de realidade virtual que demandam de visualizadores específicos. Resultou em 31 documentos.

Filtro 3: Com tempo de desenvolvimento de aproximadamente 56 horas foi efetuada a leitura por completo dos documentos seguida de análise e interpretação do texto. Foram eliminados os documentos que apesar da introdução e conclusão tratarem do escopo da pesquisa em seu corpo desenvolvem aspectos diversos de investigação. Resultou em 19 documentos.

Os documentos resultantes são analisados no capítulo 3 | OBJETOS DE APRENDIZAGEM E INFORMAÇÕES TÁTEIS, através de diálogo entre autores e encontro de divergências e convergências nos dados pesquisados. No Quadro 1, são descritos os demais elementos deste protocolo de revisão.

Quadro 1 - Revisão Objetos de Aprendizagem e Informações Táteis

Saída	
3.1 Alertas	Foi definido um único alerta até a data de fechamento desta pesquisa, informando a indexação de novos documentos ao Portal de Periódicos CAPES/MEC. No portal Google Acadêmico, a filtragem de novos documentos ocorreu manualmente.
3.2 Cadastro de Arquivo	Os documentos foram salvos utilizando o título completo, sempre que possível, editando caracteres não reconhecíveis e títulos longos. As referências de todos os documentos foram salvas em formato exportação, RIS ou BibTex, para então, serem adicionados ao Mendeley.
3.3 Síntese Resultados	Foram identificados 1.262 documentos nas duas bases de dados (considerando entradas repetidas)

	Filtro 1 – Resultou em 150 artigos. Filtro 2 - Resultou em 31 documentos Filtro 3 - Resultou em 19 documentos.
3.4 Modelos Teóricos	Com esta revisão foram identificadas orientações básicas para o design de OA táteis, não foram localizados modelos teóricos abrangentes ao processo produtivo. Os dados são tratados no capítulo 3 OBJETOS DE APRENDIZAGEM E INFORMAÇÕES TÁTEIS

FONTE: O autor (2017)

Na próxima seção são descritos sintaticamente os documentos resultantes desta revisão.

2.2.1.1 Documentos identificados

Nesta seção são apontados quais documentos fazem parte do corpo teórico final da RBS com uma breve descrição de suas propriedades.

Quadro 2- Resultado Objetos de Aprendizagem Tátil

Adam e Macedo(2013)	As autoras discorrem sobre a acessibilidade dos objetos de aprendizagem para pessoas com deficiência visual. O artigo demonstra uma biblioteca de imagens hápticas, a TGIL (Tactile Graphic Image Library), e analisa quatro imagens através de critérios de variáveis gráficas e acessibilidade que podem ser transpostas aos OA puramente digitais.
Liberto (2012)	Nesta dissertação a autora discorre sobre a percepção de usuários com cegueira e baixa visão de interfaces grafo-tátil. Também traz importantes considerações sobre o tato e a percepção háptica na construção de significados.
Vergara-Nunes (2016)	A tese do autor explora a compreensão da audiodescrição em objetos didáticos para cegos. Contribui para esta pesquisa com a orientação de aspectos táteis que podem ser considerados em ambiente digitais.
Peña (2013)	A autora investiga o desenvolvimento de designs gráficos hápticos pelos usuários. Assim, demonstra que a construção imagética para um usuário cego é distinta do tipo de imagem utilizada pelo usuário normovisual. Conclui abordando a importância das imagens hápticas na aquisição do conhecimento.
Hamilton-Fletcher (2015)	Nesta tese o autor discute como a audição influencia o processamento da informação visual durante a substituição sensorial. Contribui para esta pesquisa com capítulo em que discorre sobre aspectos táteis que podem ser considerados em ambiente digitais.
Walshet al. (2017)	Os autores discutem o desenvolvimento de simulações hápticas para interações com dispositivos físicos. Contribuem para esta pesquisa com a discussão de aspectos táteis gerais que podem ser considerados em ambiente digitais.
Possatti (2015)	A dissertação realiza uma proposta de um conjunto de diretrizes para o projeto de livros digitais interativos para tabletes. A autora faz uma compilação de 1.052 diretrizes que são reduzidas por aglutinação, redução e agrupamento, resultando em 78 diretrizes. As diretrizes de interação e multimídia trazem algumas relações com o toque que podem auxiliar no entendimento da relação tátil com a interface digital.

Mombach e Welfer (2013)	O autor investiga a interação de usuários com deficiência visual na identificação de imagens em <i>smartphones</i> . Propõe um aplicativo que utiliza o contraste como entrada para realizar retorno tátil vibracional. Conclui que a abordagem é satisfatória na abstração de imagens primitivas geométricas.
Toennies et al. (2011)	Os autores propõem o uso da interface de toque na tela com retorno háptico para apresentar conceitos gráficos e matemáticos através de áudio e vibração tátil. Utilizando um painel com retorno háptico, os autores concluem que os canais sensoriais podem ser úteis na percepção da informação.
Almeida (2017)	Na tese a autora investiga o conceito da formação da imagem tátil decorrente das experiências sensoriais não visuais em usuários cegos. Apresenta informações sobre o processo de aprendizagem, canais sensoriais e formação cognitiva de significados ao toque. Traz como exemplo objetos de aprendizagem em imagens táteis, físicos e textuais. Contribui para esta pesquisa com a discussão do aprendizado e da formação da imagem através dos diversos canais sensoriais.
Toshniwal et al. (2015)	Os autores propõem um sistema para enriquecer a interação de estudantes com o aprendizado multimídia. O produto utiliza vibração háptica para recuperar ou reter atenção do usuário na interface. Voltado especialmente para usuários com desabilidades intelectuais, o estudo demonstra importantes relações de aprendizagem tátil.
Bumatay (2015)	A autora investiga se um dispositivo móvel com retorno háptico pode ser aplicado a um contexto de aprendizagem do ritmo respiratório para relaxamento. Na proposta, um aparato é utilizado para que o usuário perceba as vibrações e, auxiliado ou não por sinais auditivos, é conduzido para movimentos de respiração mais pausados. A autora conclui que o sinal háptico foi um importante componente da aprendizagem no contexto proposto.
Banerjee e Horn (2014)	Neste artigo é proposta uma ferramenta de aprendizagem em tablete com um componente sensível ao eletromagnetismo. Por meio do experimento, os autores puderam comprovar o engajamento dos usuários através das informações visuais e táteis. Concluem que a proposta foi hábil em demonstrar as fontes de consumo de energia conhecidas e algumas desconhecidas da família, bem como em promover a integração entre pais e filhos na atividade.
Epp et al. (2016)	Os autores estudam um framework durante cinco meses considerando a interação de estudantes da educação especial com dispositivos móveis. Ao considerar o uso de retorno tátil, o experimento demonstrou que em condições com possibilidade de controle os estudantes preferiram a interação com retorno tátil.
Khurelbaatar et al. (2016)	Neste documento os autores propõem o uso do referencial tátil na parte traseira do dispositivo móvel. Composto por 61 eletrodos, um conjunto háptico permitiu a navegação do usuário com a ponta dos dedos e a percepção de formas e movimentos. Os autores sugerem o aprendizado musical e histórias aumentadas pelo canal háptico.

FONTE: O autor (2017)

Os documentos resultantes desta revisão são explorados com maior ênfase no capítulo

3 | OBJETOS DE APRENDIZAGEM E INFORMAÇÕES TÁTEIS.

2.2.2 RBS - Mostradores Hápticos

Nesta seção é descrito o protocolo de revisão realizado; as classes de problema identificadas na RBA e que dão entrada a esta revisão são: **tecnologia**, não é suficientemente esclarecido na literatura quais tecnologias podem ser utilizadas na captura e retorno tátil em dispositivos móveis; **interface**, como o uso de diferentes mostradores influencia na aquisição e entrada de informações táteis não é relatado em corpo de conhecimento consolidado.

Com base nestas classes de problema tem-se como objetivo geral desta revisão identificar quais avanços em mostradores hápticos ocorreram no contexto dos dispositivos móveis nos últimos cinco anos? Para tanto, foi utilizada como fonte primária desta revisão o portal indexador Portal de Periódicos Capes.

No Portal de Periódicos Capes foi efetuada a seguinte busca:

- No campo (título) contém o termo haptic AND em (qualquer campo) contém o termo display* e variantes: (494) resultados destes (421) de documentos revisados por pares.

Seguindo o processo descrito por Conforto *et al.* (2011), como **critérios de inclusão** foram definidos:

Data de publicação: posterior a 11/08/2012, ou seja, considerou-se os últimos cinco anos. Esta faixa de tempo observa que um período mais amplo de pesquisa não traria resultados efetivos uma vez que a tecnologia apresenta um desenvolvimento rápido neste campo de pesquisa.

Tipo de material: indexados ao Portal de Periódicos CAPES/MEC; artigos e publicações acadêmicas utilizando o campo de filtragem “revisado por pares”

Idioma: qualquer que obtivesse retorno com a *string* de busca.

Data final: 11/08/2017 referente a data de realização da pesquisa.

Como **critérios de qualificação** foram utilizados somente os documentos filtrados através do campo “revisado por pares”, ou seja, aqueles documentos que já passaram por algum tipo de auditoria segundo o Portal.

Como **métodos e ferramentas** utilizou-se de conta Meu Espaço no Portal de Periódicos CAPES/MEC, na qual foram adicionadas e salvas buscas e alertas para o recebimento de novas indexações, conforme *strings* de busca. Utilizou-se o navegador Firefox para acesso via proxy à rede universitária federal. Os documentos foram abertos e salvos em armazenamento local e em plataforma online Google Drive. Para edição do texto, utilizou-se o software Word. Para registro dos documentos, o gerenciador de citações Mendeley. Para leitura e anotações nos documentos, o Foxit Reader.

Quanto ao **cronograma de pesquisa** a coleta de dados teve seu início em agosto de 2016 no Portal de Periódicos CAPES/MEC sendo encerrada em 11 de agosto de 2017. Para **processamento** da pesquisa a busca foi conduzida através de acesso remoto à rede utilizando proxy acadêmico da Universidade Federal do Paraná viabilizando o uso de documentos do Portal de Periódicos CAPES/MEC com acesso financiado pelo governo federal. O portal atua como um

indexador de periódicos possuindo em sua base de dados Artigos, Teses e Dissertações. Seguindo o processo sugerido por Conforto *et al.* (2011) também foram realizados os seguintes filtros:

Filtro 1: Com tempo de desenvolvimento de aproximadamente 28 horas foi efetuada a leitura de título, resumo e palavras-chave. Considerando a relevância do assunto tratado ao problema de pesquisa neste filtro foram eliminados artigos que exploravam hardwares mecânicos para simulação tátil com mais de um grau de liberdade, inadequados em dispositivos móveis. Resultando em 46 artigos.

Filtro 2: Com tempo de desenvolvimento de aproximadamente 13 horas foi efetuada a leitura da introdução e conclusão dos artigos, releitura do título, resumo e palavras-chave. Os artigos que não atenderam as classes de problema da busca (**tecnologia e interface**) como também ao uso em dispositivos móveis, foram eliminados da revisão. Resultando em 26 artigos.

Filtro 3: Com tempo de desenvolvimento de aproximadamente 96 horas e leitura por completo dos documentos, foram eliminados documentos que tratavam prioritariamente da programação de hardware e software. Resultando em 19 artigos. Os resultados demonstraram uma variedade de termos correlatos como: Machine haptics; Human haptics; Computer Haptics; Haptic Rendering; Haptically; Human-haptic system; Haptic ontology.

Os documentos resultantes são analisados no capítulo 4 | MOSTRADORES VISUAIS e HÁPTICOS, através de diálogo entre autores e encontro de divergências e convergências nos dados pesquisados. No Quadro 3, são descritos os demais elementos deste protocolo de revisão.

Quadro 3 - Revisão Mostradores Hápticos

Saída	
3.1 Alertas	Foi definido um único alerta até a data de fechamento desta pesquisa informando a indexação de novos documentos ao Portal de Periódicos CAPES/MEC, com encerramento em 11 de agosto de 2017.
3.2 Cadastro de Arquivo	Os documentos foram salvos utilizando o título completo, sempre que possível, editando caracteres não reconhecíveis e títulos longos. As referências de todos os documentos foram salvas em formato exportação, RIS ou BibTex, para então, serem adicionados ao Mendeley.
3.3 Síntese Resultados	Foram identificados 494 documentos com a string de Busca (no título contém haptic and qualquer contém display*), destes apenas 421 revisados por pares. Filtro 1 – Resultando em 46 documentos. Filtro 2 – Resultando em 26 documentos. Filtro 3 – Resultando em 19 documentos.
3.4 Modelos Teóricos	Os resultados teóricos são explorados no decorrer do capítulo 4 MOSTRADORES VISUAIS e HÁPTICOS

FONTE: O autor (2017)

Na próxima seção são descritos sintaticamente os documentos resultantes desta revisão.

2.2.2.1 Documentos Identificados

Nesta seção são apresentados os documentos identificados com uma breve descrição de suas propriedades:

Quadro 4 - Resultados Mostradores Hápticos

Autor	Informações gerais do documento
Nakamura e Yamamoto (2016a)	Os autores discutem um sistema de retorno visual e háptico para interação multiusuários através de monitor LCD com adesão eletrostática e sensores capacitivos incorporados. Concluem que a tecnologia proposta parece ser útil para a indústria do entretenimento uma vez que esta modalidade não solicita renderização exata. A melhora na resolução segundo os autores, poderá abrir novos campos de aplicação para a tecnologia apresentada.
Nakamura e Yamamoto (2016b)	Os autores apresentam duas variáveis com relação ao sistema de previsão de força, através de um modelo aberto e um modelo fechado de renderização. O uso do modelo considerando a direção de movimento apresentou melhor qualidade na renderização.
Park et al. (2015)	Os autores apresentam um mostrador visual-háptico de onda óptica desenvolvido junto a um filme transparente flexível com atuador de superfície. O experimento evidencia que o mostrador é capaz de promover referenciais táteis e exibir caracteres de forma integrada.
Kim et al. (2016)	Os autores avaliam qual a resistência adequada para a produção e comercialização de tecnologias táteis eletrostáticas sem prejuízo à segurança do usuário ou componentes na utilização dos dispositivos hápticos. Concluem que uma resistência de 1 MΩ pode ser utilizada com segurança pelo sistema de retorno eletrostático e toque capacitivo simultaneamente.
Moustakas e Lalos (2017)	Os autores questionam modelos de renderização que buscam uma aproximação da háptica real. No documento apresentam uma estrutura teórica de informação considerando a renderização háptica uma entidade singular e não dependente da interação. Concluem que a proposta traz possibilidades importantes ao campo da háptica, mas há necessidade do prosseguimento das investigações.
Myrgiotti et al. (2013)	Os autores desenvolvem uma breve revisão sobre a tecnologia háptica e trazem uma ontologia para modelagem de aplicações háptica para software. Concluem que a ontologia baseada tanto em sistemas humanos quanto nos sistemas da máquina pode auxiliar na construção de um vocabulário comum e permitir o projeto de melhores interfaces de software.
Manuel et al. (2015)	Neste documento é investigado como a percepção de sensações táteis em múltiplos dedos pode provocar a ilusão de um único estímulo. Através de um aparato, os autores investigam se esta ilusão permanece quando os estímulos são distanciados espacialmente e temporalmente. Concluem que quando os estímulos ocorrem simultaneamente o cérebro recorre a interpretação mais simples.
Park et al. (2014)	Os autores investigam se o tipo de painel afeta como é percebida a interação nas telas sensíveis ao toque, especialmente para dispositivos móveis. No estudo, 80 participantes comparam de forma empírica o uso de quatro painéis mostradores. Os autores concluem que é possível correlacionar painéis específicos a funções específicas, embora o uso do painel capacitivo seja cada vez mais comum nos dispositivos móveis.
Pitts et al. (2012)	Através de um simulador veicular os autores desenvolvem um experimento comparando o uso de um painel sensível ao toque com as modalidades, visual e toque, visual e áudio, visual e áudio e toque; e somente visual. O estudo aponta que a atividade de interagir com uma interface digital durante a direção reduziu a atenção dos motoristas, por outro lado, houve uma grande preferência pelo uso da interface multimodal, contemplando visual e áudio e toque.

Seifi e MacLean (2017)	Os autores apresentam facetas hápticas - categorias de atributos que caracterizam coleções de itens em diferentes formas. Para os autores, é uma forma de descrever, navegar e analisar os frameworks cognitivos com os quais os usuários compreendem aspectos qualitativos e afetivos das sensações hápticas. As facetas concluem, podem facilitar o design de experiências multimodais que vão além da háptica, promovendo uma base cognitiva comum ao projeto em diferentes modalidades.
Pan <i>et al.</i> (2014)	Seria o retorno háptico capaz de promover uma interação implícita do homem com o computador? A partir desta questão principal os autores desenvolvem experimentos através de um tocador de música que possui demarcações hápticas para a pausa e retorno entre faixas. Os resultados apontam que os usuários obtiveram um desempenho melhor com o retorno háptico e preferiram o uso combinado da interação visual e háptica para a navegação.
Schneider <i>et al.</i> (2017)	Os usuários esperam que componentes de retorno háptico estejam presente nas interações. Ao entrevistar profissionais especialistas em projetos hápticos os autores verificam a natureza multissensorial das experiências hápticas, como ocorre a colaboração entre as áreas de desenvolvimento e o contexto cultural da háptica. O trabalho permite uma visualização de como a háptica é compreendida na indústria e perspectivas futuras no design de Experiências Hápticas (HaXD)
Klatzky <i>et al.</i> (2013)	Uma revisão para identificar propriedades do toque acessíveis através da interação háptica. Os autores identificam propriedades como fricção, rugosidade, conformidade e propriedades térmicas sendo simuladas em dispositivos móveis, instrumentos para navegação veicular e simuladores para treinamento médico. Concluem ressaltando a importância do desenvolvimento contínuo para transformar os experimentos em aplicações práticas do cotidiano.
Doxon <i>et al.</i> (2013)	Os autores ressaltam a necessidade de pesquisar o sinal tátil que é percebido pelo usuário para o projeto de hardware adequado e sem excessos. Para tanto, investigam a capacidade de identificar marcadores táteis em um ambiente simulado. Os autores identificam dados máximos para o projeto de hardware que podem servir a uma grande variedade de dispositivos hápticos.
Tian <i>et al.</i> (2017)	Com uso de uma caneta háptica os autores analisam a interação com imagens através de diferentes algoritmos para avaliar a renderização de contornos e profundidade. A proposta é adicionar a percepção háptica pela vibração em um dispositivo externo (caneta) que possibilite a implementação da função em diferentes dispositivos móveis. Destaca-se a independência de cabos na conexão com o dispositivo móvel.
Ammi e Katz (2015)	Os autores examinam os benefícios de usar um mostrador áudio-háptico em comparação com o retorno háptico tradicional para uma tarefa colaborativa. Com os testes foi observada uma redução na necessidade de comunicação verbal, mas também a introdução de conflitos na comunicação em etapas que demandam interações complexas entre usuários.
Kim <i>et al.</i> (2014)	Os autores desenvolvem um atuador com princípio piezoelétrico utilizando camadas de filme transparente de acetato de celulose. Com proposta de aplicar a tecnologia em dispositivos portáteis, um experimento é conduzido para avaliar a força e vibração percebida no uso do atuador. Os autores concluem que a proposta é viável.
Smith <i>et al.</i> (2015)	Os autores discutem o efeito háptico através da captura de vibração de um transdutor eletroacústico. O experimento utilizou diferentes granulometrias de lixas para verificar se o efeito produzido é considerado equivalente à superfície de entrada. Concluem que para granulometrias de 40 e 180 os usuários obtiveram 99,3% de acertos.
Pitts <i>et al.</i> (2012)	Os autores investigam a carga de trabalho ao executar ajustes em um painel de toque durante a direção de um veículo. Para tanto, efetuam um experimento comparando o uso de sinais hápticos e visuais combinados em um simulador. Os resultados apontam que a carga de trabalho é maior quando somente o canal visual é disponibilizado, sendo que o retorno háptico trouxe melhoria no tempo de execução das tarefas e na qualidade subjetiva do sistema de acordo com os entrevistados.

FONTE: O autor (2017)

Os documentos resultantes desta revisão são explorados com maior ênfase no capítulo 4 | MOSTRADORES VISUAIS e HÁPTICOS

2.2.3 RBS - Frameworks Hápticos

Nesta seção é descrito o protocolo de revisão realizado; as classes de problema identificadas na RBA e que dão entrada a esta revisão são: **método**, não está clara a existência de metodologias para o desenvolvimento de interações com referencial tátil; **processo**, não está clara a existência de processos específicos para o desenvolvimento de interações com referencial tátil.

Com base nestas classes de problema tem-se como objetivo geral desta revisão identificar estudos que apresentam processos para facilitar o desenvolvimento de conteúdo háptico aplicável a dispositivos móveis. Para tanto, foram utilizados como fontes primárias desta revisão os portais indexadores Portal de Periódicos CAPES/MEC e IEEE Xplore - Digital Library.

No Portal de Periódicos Capes foi efetuada a seguinte busca:

- No campo (título) contém o termo haptic AND framework; a pesquisa retornou (23) resultados destes (11) de documentos revisados por pares.

No IEEE Xplore - Digital Library foi efetuada a seguinte lógica booleana para busca:

- [("Document Title":haptic) AND "Document Title":framework], ou seja, no campo título do document possui o termo haptic e framework. Resultando em 37 documentos

Seguindo o processo descrito por Conforto *et al.* (2011), como **critérios de inclusão** foram definidos:

Data de publicação: a qualquer tempo, ou seja, não foram definidas faixas de tempo para a pesquisa

Tipo de material:

- Portal de Periódicos CAPES/MEC; artigos e publicações acadêmicas utilizando o campo de filtragem “revisado por pares”

- IEEE Xplore - Digital Library; qualquer documento

Idioma: qualquer idioma que obtivesse retorno com as *strings* de busca.

Data final: 01/09/2017 referente a data de realização da pesquisa.

Como **critérios de qualificação** foram utilizados somente os documentos filtrados através do campo “revisado por pares”, ou seja, aqueles documentos que já passaram por algum tipo de auditoria segundo o Portal de Periódicos CAPES/MEC.

Como **métodos e ferramentas** utilizou-se de conta Meu Espaço no Portal de Periódicos CAPES/MEC, na qual foram adicionadas e salvas buscas e alertas para o recebimento de novas indexações, conforme *strings* de busca. Utilizou-se o navegador Firefox para acesso via proxy à rede universitária federal. Os documentos foram abertos e salvos em armazenamento local e em plataforma online Google Drive. Para edição do texto, utilizou-se o software Word. Para registro dos documentos, o gerenciador de citações Mendeley. Para leitura e anotações nos documentos, o Foxit Reader.

Quanto ao **cronograma de pesquisa** a coleta de dados teve seu início em dezembro de 2016 no Portal de Periódicos CAPES/MEC sendo encerrada em 11 de agosto de 2017. No IEEE Xplore - Digital Library a pesquisa foi realizada em um único dia em 10 de agosto de 2017.

Para **processamento** da pesquisa foram conduzidas buscas através de acesso remoto à rede utilizando proxy acadêmico da Universidade Federal do Paraná para possibilitar o uso de documentos do Portal de Periódicos CAPES/MEC e IEEE Xplore - Digital Library com acesso financiado pelo governo federal. Os portais atuam como indexadores de periódicos, possuindo em sua base de dados Artigos, Teses e Dissertações. Em acordo ao processo descrito por Conforto *et al.* (2011) também foram realizados os seguintes filtros:

Filtro 1: Com tempo de desenvolvimento de aproximadamente 5 horas efetuou-se a leitura de título, resumo e palavras-chave. Considerando a relevância do assunto tratado ao problema de pesquisa. Foram eliminados artigos que exploravam frameworks para a programação das interfaces, renderização de imagens e simulações específicas em medicina ou para dispositivos com múltiplos graus de liberdade. Resultando em 35 documentos.

Filtro 2: Com tempo de desenvolvimento de aproximadamente 15 horas efetuou-se a leitura da introdução e conclusão dos artigos, releitura do título, resumo e palavras-chave. Os artigos que não atenderam as classes de problema da busca (**método e processo**) como também ao uso em dispositivos móveis, foram eliminados da revisão. Resultando em 27 documentos

Filtro 3: Com tempo de desenvolvimento de aproximadamente 54 horas efetuou-se a leitura completa dos documentos. Processos que não poderiam ser adequados ao contexto dos dispositivos móveis foram desconsiderados, assim como eliminados arquivos duplicados. Resultando em 13 documentos.

Os documentos resultantes são analisados no capítulo 5 | CONTEXTO E PROCESSOS NO DESIGN HÁPTICO, através de diálogo entre autores e encontro de divergências e convergências

nos dados pesquisados. No Quadro 5 são descritos os demais elementos deste protocolo de revisão.

Quadro 5 - Revisão Frameworks e Modelos Hápticos

Saída	
3.1 Alertas	Foi definido um único alerta até a data de fechamento desta pesquisa informando a indexação de novos documentos ao Portal de Periódicos CAPES/MEC, com encerramento em 11 de agosto de 2017.
3.2 Cadastro de Arquivo	Os documentos foram salvos utilizando o título completo, sempre que possível, editando caracteres não reconhecíveis e títulos longos. As referências de todos os documentos foram salvas em formato exportação, RIS ou BibTex, para então, serem adicionadas ao Mendeley.
3.3 Síntese Resultados	Foram identificados 60 documentos nas duas bases de dados, sendo que no Portal de Periódicos CAPES/MEC o total foi de 23 documentos, com apenas 11 revisados por pares. Filtro 1 – Resultando em 35 documentos. Filtro 2 - Resultando em 27 documentos Filtro 3 - Resultando em 13 documentos
3.4 Modelos Teóricos	Os resultados teóricos são explorados no decorrer do capítulo 5 CONTEXTO E PROCESSOS NO DESIGN HÁPTICO

FONTE: O autor (2017)

Na próxima seção são descritos sintaticamente os documentos resultantes desta revisão.

2.2.3.1 Documentos identificados

Nesta seção são apontados quais documentos, verificar Quadro 6, fazem parte do corpo teórico da RBS com uma breve descrição de suas propriedades.

Quadro 6 - Resultados Frameworks e Modelos Hápticos

Autor	Informações gerais do documento
Kim et al. (2009)	Os autores discorrem sobre a comunicação háptica bidirecional. Realizam um experimento com comunicação vibracional e térmica para indicar estados do operador. Por fim, apresentam um framework genérico para hardwares táteis considerando dispositivos múltiplos.
Braun et al. (2008)	Os autores observam como a háptica é compreendida através de múltiplos atores no processo de desenvolvimento. Apresentam o estado da arte da tecnologia e propõem uma estrutura de projeto para a análise e design de interações hápticas.
Cha et al. (2009)	Os autores exploram os problemas teóricos e práticos da transmissão de mídia háptica através dos canais streaming. Com foco em ambientes imersivos, os autores apresentam pontos importantes ao tratamento das mídias hápticas e à compreensão das relações vibracionais entre imagem e operador.
Bae et al. (2013)	Os autores discutem como variações dos dispositivos influenciam na experiência háptica e a complexidade de prever a experiência do usuário. Para solucionar este problema, eles propõem um framework dividido em função, comportamento e estrutura.

El-Far et al. (2007)	Dados hápticos devem ser transmitidos em grandes volumes de informação e com taxas de reposição iguais ou superiores a 600Hz para prover precisão e relevância da informação. Com esta premissa os autores sugerem uma proposta de repositório de dados capaz de recuperar, filtrar e armazenar localmente as informações, promovendo melhores taxas de reprodução.
Orozco e Saddik (2008)	Apesar dos avanços nos estudos de tecnologias hápticas, os autores avaliam que muitas das propostas existentes consideram apenas um tipo de dispositivo para gerar aplicativos, texturas, ou soluções de projeto. Assim, a funcionalidade destas interfaces depende dos recursos escolhidos e características únicas do dispositivo háptico como pontos de interação. Os autores propõem um framework adaptável a diferentes modelos e formatos de dispositivos hápticos e uma ferramenta de avaliação quantitativa
Popovici et al. (2012)	Os autores exploram diferentes frameworks e APIs de desenvolvimento háptico para identificar através de 11 critérios abrangentes a melhor plataforma para uma simulação visual-háptica. Como conclusões, os autores apontam que o estudo foi capaz de prover uma perspectiva para o processo de seleção e classificação de uma plataforma para o desenvolvimento de objetos hápticos para medicina.
Khan et al. (2011a)	Os autores desenvolvem uma estrutura de avaliação conceitual da usabilidade de sistemas hápticos baseada nos padrões ISO de orientações sobre a interação háptica/tátil. Os autores pretendem que o framework seja aplicável tanto para a avaliação por usuários quanto por especialistas.
Khan et al. (2011b)	Os autores discutem a ausência de sistemas de avaliação para aplicações hápticas e apresentam a abordagem de pesquisa através dos quesitos de usabilidade. Concluem que a pesquisa pode garantir a confiabilidade da proposta e esta pode ser útil em estudos similares.
Khan et al. (2012)	Dando prosseguimento a trabalhos anteriores, os autores avaliam o framework de usabilidade háptica desenvolvido. Consideram que a proposta é útil para avaliar diferentes sistemas hápticos no contexto do usuário.
Le et al. (2016)	Este artigo apresenta uma estrutura para a configuração de softwares de interface háptica para diferentes tipos de interação em grupo. O framework consiste de bibliotecas de código aberto com informações pertinentes a diferentes tecnologias. Concluem que o framework apresentou boa estabilidade e é possível de ser aplicado à robótica.
Adi e Sulaiman (2010)	Para os autores, a combinação das áreas da computação háptica e visual pode beneficiar a recuperação de informação. Desenvolvem um framework que envolve algoritmo de visão por computador e algoritmo de renderização háptico. Concluem que um algoritmo de visualização pode ser aplicado e adequado para a geração de texturas hápticas.
Melo et al. (2012)	Os autores apresentam as etapas e procedimentos envolvidos na construção de um framework com o objetivo de facilitar o desenvolvimento de aplicações em Realidade Virtual, principalmente para a área de Saúde. Concluem que a proposta pode ser utilizada em contextos específicos de desenvolvimento.

FONTE: O autor (2017)

Os documentos resultantes desta revisão são explorados com maior ênfase no capítulo

5| CONTEXTO E PROCESSOS NO DESIGN HÁPTICO.

2.2.4 RBS - Contribuições Das Normas ISO e ABNT

Nesta revisão buscamos compreender quais orientações, diretrizes e padrões podem ser observados nas Normas Brasileiras ABNT e nas Normas Internacionais ISO que auxiliam, orientam ou podem ser adequados ao planejamento de OAH. Foram observadas, em especial, as NBR/ISO 9241-9XX, que tratam especificamente das interações táteis. Este trabalho possui como limites as normas que puderam ser acessadas diretamente por meio de servidor de acesso virtual da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e o portal ABNT Coleção - opção realizada considerando o volume mais expressivo do banco de normas disponível dentre as possibilidades de acesso ao pesquisador (UFSC - UFPR e UTFPR) - e que através de pesquisa apontaram possuir as palavras-chave “tátil”, “háptica” e “usabilidade” além de documentos contemplados no acervo pessoal do pesquisador.

2.2.4.1 Normas pesquisadas

As normas identificadas com as palavra-chave acima descritas e que puderam ser acessadas pelo pesquisador, ou já faziam parte do acervo do pesquisador são apresentadas no Quadro 7:

Quadro 7 - Normas que contribuem a pesquisa

Código	Seção	Parte
ABNT NBR ISO 5492:2017	Análise sensorial	Vocabulário
ABNT NBR ISO 9241-11:2011	Requisitos ergonômicos para o trabalho com dispositivos de interação visual	Parte 11: Orientações sobre usabilidade
ABNT NBR ISO 9241-12:2011	Requisitos ergonômicos para o trabalho com dispositivos de Interação Visual	Parte 12: Apresentação da informação
ABNT NBR ISO 9241-151:2011	Ergonomia da interação humano-sistema	Parte 151: Orientações para interfaces de usuários da World Wide Web
ABNT NBR ISO 9241-210:2011	Ergonomia da interação humano-sistema	Parte 210: Projeto centrado no ser humano para sistemas interativos
ABNT NBR ISO/IEC 25062:2011	Engenharia de software	Requisitos e avaliação da qualidade de produto de software (SQuaRE) — Formato comum da indústria (FCI) para relatórios de teste de usabilidade
ISO 9241-910:2011*	Ergonomia da interação humano-sistema	Framework for tactile and haptic interaction **Estrutura para interações táteis e hápticas
ISO 9241-920:2009(E)*	Ergonomia da interação humano-sistema	Guidance on tactile and haptic interactions **Orientação sobre interações tácticas e hápticas
ISO 9241-960:2017(E)*	Ergonomia da interação humano-sistema	Framework and guidance for gesture interactions **Estrutura e orientação para interações gestuais

**documento sem tradução ao português. **tradução nossa*

FONTE: O autor (2017)

Os documentos desta revisão são explorados com maior ênfase no capítulo 6 |
CONTRIBUIÇÕES DAS NORMAS ISO E ABNT

2.3 ENSAIO DE INTERAÇÃO

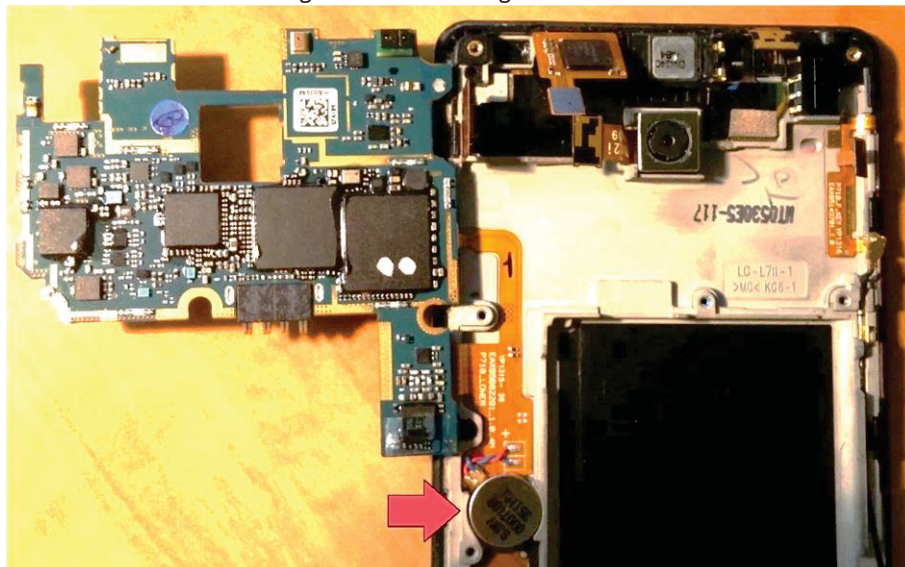
Neste ensaio de interação, propõe-se explorar a relação perceptiva frente a diferentes demandas cognitivas, como memória, reconhecimento de padrões, dissonância cognitiva e qualidade subjetiva. Sendo assim, apresenta uma investigação aplicada a um dispositivo móvel padrão e a um dispositivo modificado com anel háptico. Os dados coletados demonstram a interpretação dos participantes diante das aplicações estudadas, assim como aspectos quantitativos.

2.3.1 Materiais e Instrumentos

Para o ensaio foram utilizados dois smartphones da marca LG, modelo LG OPTIMUS L7 II DUAL P716. O smartphone (aparelho) possui processador dual-core de 1GHZ e tela IPS de 4.3 polegadas com resolução nativa de 800X480 pontos por polegada. Um dos smartphones foi modificado para permitir o uso do motor vibracional em um componente vestível externo (anel háptico). Para tanto, foi realizado o seguinte procedimento:

- a) Abertura da tampa posterior do aparelho;
- b) Remoção dos parafusos e do invólucro protetor dos componentes lógicos;
- c) Remoção da placa mãe, *Figura 3*;
- d) Dessolda do motor da placa base, indicado pela seta na *Figura 4* e inserção de cabo condutor padrão com dois fios de cobre isolados;
- e) Soldagem do motor vibracional em anel háptico;
- f) Remontagem do produto.

Figura 3 - Desmontagem do P716



Fonte: O autor (2017)

Com a remoção da placa-mãe, foram acessados os pinos conectores do motor vibracional, destacado na figura anterior. Desta forma, foi realizada sua remoção utilizando ferro de solda para equipamentos eletrônico com aquecimento máximo de 410°C e potência de 40Watts em 110 Volts.

Figura 4 - Soldagem motor vibracional em anel háptico



Fonte: O autor (2017)

A imagem demonstra o componente já soldado junto ao anel háptico e também um motor vibracional extra, que foi adquirido para contornar eventuais falhas durante o procedimento. O anel é composto por materiais reciclados (tubo plástico seccionado, elástico siliconado “de cabelo”, EVA, motor vibracional, fita isolante azul, cabo conector) e foi desenvolvido especificamente para este ensaio. Para a passagem do cabo através da tampa de proteção da placa-mãe, foi removido um parafuso de fixação e por meio do alargamento da casa deste parafuso foi traspassado o condutor. Observou-se durante a remontagem que o cabo condutor poderia atrapalhar o uso da capa posterior do produto. Por isso, a capa foi alterada recebendo um sulco, *Figura 5*, para viabilizar a passagem do cabo sem esmagamento.

Figura 5 - Capa do aparelho com sulco para passagem do cabo



Fonte: O autor (2017)

Em cada um dos dispositivos móveis foram instalados os aplicativos selecionados para o ensaio, *Figura 6*, em sua versão gratuita: a) Haptic Mystery, b) Tactile Mobile Free e c) Haptic Memory Match.

Figura 6 - Telas dos softwares estudados



Fonte: Captura de tela - O autor (2017)

a) **Haptic Mystery**: a interface deste aplicativo apresenta um painel no qual é demonstrado um fundo branco com textura não distinguível e, na base, são oferecidas quatro opções de resposta. Há ainda o título do aplicativo e a barra de progressão do usuário. Uma mensagem aparece no topo informando o usuário a cada acerto ou erro, assim como a imagem háptica oculta é revelada. Durante a interação, o usuário utiliza o tato para rastrear a imagem escondida em cada nível através das vibrações.

b) **Tactile Mobile Free**: o aplicativo possibilita a conversão de imagens para imagens com componente háptico. Como exemplo, um fundo preto pode representar vibração totalmente ativa e fundo branco totalmente inativa. A interface ainda demonstra funções de ajustes, zoom, além de outros dados do aplicativo, que não foram utilizados neste ensaio.

c) **Haptic Memory Match**: neste aplicativo é fornecido ao usuário um jogo de memória baseado em matriz de ícones para os quais é necessário encontrar os pares de vibração. Na sua versão com maior variação, apresenta oito sinais táteis distintos em uma matriz 4x4. No topo da interface existe a opção “novo jogo”, que deve ser acionada ao final de cada partida para iniciar um novo desafio.

Também foram utilizados durante o ensaio os seguintes materiais: cronômetro para controle do tempo de execução de cada atividade; canetas para registro das respostas dos participantes e folhas de avaliação, distribuídas individualmente.

2.3.2 Participantes

Trinta e três voluntários participaram deste ensaio, com idades entre 18-36 anos, estudantes de graduação ou pós-graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), todos com conhecimento básico em inglês. A amostra consistiu em 17 homens na faixa de 18 a 36 anos, com idade média de 23 anos; e 16 mulheres na faixa de 18 a 31 anos, com idade média de 22 anos. Os participantes são normovisuais ou utilizam lentes corretivas. Nenhuma alteração congênita, danos ou lesões nas mãos que pudessem atrapalhar o entendimento do tato foram identificadas ou relatadas pelos participantes.

2.3.3 PROCEDIMENTOS DO ENSAIO

Após o esclarecimento oral dos objetivos da pesquisa e do uso dos dados coletados e dispositivos utilizados, foi solicitada aos participantes a leitura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), contemplado no Apêndice 2, contendo os objetivos, natureza do experimento, riscos, forma de divulgação dos resultados, tempo de ensaio e forma de contato com o pesquisador. Os participantes em anuência ao TCLE assinaram sua concordância à pesquisa e receberam uma cópia do documento. Após a assinatura de cada participante, foi entregue uma folha contendo as questões do ensaio a serem respondidas durante a execução. Realizou-se uma breve leitura das questões abordadas junto aos participantes para reduzir possíveis dúvidas antes do início da etapa prática.

O ensaio ocorreu em um laboratório de ergonomia da UTFPR, com iluminação na mesa utilizada em 300 lux (mensurada através de luxímetro) e ventilação artificial. Cada participante foi orientado a se sentar em uma cadeira estofada, na qual permaneceram durante o tempo de ensaio. Os dispositivos móveis empregados foram configurados para iluminação máxima. Durante a interação dos participantes foram realizados registros esporádicos de vídeo e imagem, assim como observação direta.

Nos próximos capítulos são demonstrados os resultados das RBS realizadas que dão corpo teórico a esta pesquisa.

3 | OBJETOS DE APRENDIZAGEM E INFORMAÇÕES TÁTEIS

Os Objetos de Aprendizagem são recursos importantes para o desenvolvimento do ensino em contextos que extrapolam a sala de aula. Seu uso vinculado ao cenário digital permite o acesso a elementos educacionais, limitado apenas pelo sustentáculo tecnológico. Como aponta Ferreira *et al.* (2015, p. 2):

Até o século XIX, as atividades de ensino e aprendizagem foram vinculadas principalmente a ambientes físicos, onde docente e discente mantêm um contato direto para troca de informações. Técnicas como o uso de apostilas, cartas e de vídeos surgiram com o objetivo de facilitar e promover o aprendizado à distância e até hoje são implementadas como alternativa de acesso ao conhecimento. Posteriormente, a redução de custos e o incremento de novas tecnologias permitiu a inclusão da informática no cotidiano viabilizando uma nova forma de distribuição de conteúdo, a informação digital com acesso global.

Neste contexto, surgem os OA. O termo em inglês “*Learning Objects*” apresenta como uma das definições a proveniente do IEEE - Instituto de Engenheiros Eletrônicos e Eletricitistas (*Institute of Electrical and Electronic Engineers - IEEE*): “objetos de aprendizagem são definidos como qualquer entidade - digital ou não digital - que pode ser utilizada para o aprendizado, educação e treinamento”, IEEE/LTSC (2002, tradução nossa). Embora importante para a compreensão histórica dos OA, esta definição é discutida por sua amplitude. Não é objetivo deste documento exacerbar a discussão, portanto, um breve apanhado de conceitos é descrito na seção 3.1 CONCEITO DE OBJETO DE APRENDIZAGEM, com viés didático e referencial.

Apesar de não possuir uma definição única, é certo que os OA têm um papel de grande relevância no contexto educacional. De acordo com Wiley (2002, p. 13, tradução nossa), “os OA são elementos de um novo tipo de instrução fundamentada no paradigma da orientação por objetos da ciência da computação”, isto é, relativo à definição de elementos ou componentes instrucionais que podem ser reutilizados em diferentes contextos de aprendizagem. Por sua finalidade de reuso, os OA permitem que professores e educadores tenham acesso a elementos educacionais desenvolvidos por pares e façam uso direto destes ou na construção de novos conteúdos educacionais. Esta situação é explorada por Bratina *et al.* (2002, s/p, tradução nossa) ao expor que:

Seria insensato que cada professor escrevesse seu próprio livro didático. Similarmente, não é admissível que cada professor tenha de desenvolver todos os objetos de aprendizagem para um curso. A reusabilidade de objetos de aprendizagem oferece uma forma eficiente de facilitar o ensino de conceitos comumente abordados, procedimentos, aplicações e habilidades;

é possível readaptar alguns objetos de aprendizagem para diferentes tipos de usuários.

A função de reuso dos OA, quando observado o contexto da disponibilidade do conteúdo para uso por pares, parece ainda não ter alcançado uma base sólida. A complexidade dos elementos desenvolvidos para OA, as diversas granularidades da informação e os variados repositórios fazem com que ainda seja intrincada a obtenção e a localização rápida de conteúdo educacional, e muitas vezes promove a replicação de OA já desenvolvidos. Para dirimir, ou ao menos reduzir esta problemática, a adoção de padrões de metadados é uma alternativa que pode facilitar a obtenção de informações em repositórios de OA.

No Brasil, como aponta Vicari *et al.* (2010), a proposta do padrão Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes (OBAA) foi desenvolvida por meio de uma parceria da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Universidade do Vale dos Sinos (Unisinos), e acompanha práticas dos padrões de metadados da “IEEE LOM (2002) e o IMS (2002), além das especificações para catalogação de arquivos multimídia e TV-Digital (2001), MPEG-7 (2004) e SBTVD (2008)”, conforme Vicari *et al.* (2010, p. 2). Entretanto, o “Banco Internacional de Objetos Educacionais” (2017) disponibilizado através do portal do Ministério da Educação, não contempla esta proposta e faz uso do padrão Dublin Core Metadata Initiative (2005). O portal classifica os objetos por nível de educação e em: animação/simulação; áudio; experimento prático; hipertexto; imagem; mapa; *software* educacional e vídeo. Entretanto, observa-se que nenhum destes padrões faz referência direta a OAH.

Uma leitura mais completa quanto aos repositórios e padrões de OA pode ser realizada em Macedo (2010) e Braga *et al.* (2015a, 2015b). Neste contexto, a profusão de abordagens e conceitos acerca dos OA é importante de ser compreendida, pois permite que grupos de desenvolvimento façam escolhas mais assertivas quanto ao formato de disponibilização dos OA e sua relevância no universo em que se inserem. A próxima seção traz uma síntese de conceitos identificados na literatura.

3.1 CONCEITO DE OBJETO DE APRENDIZAGEM

Apesar da definição do IEEE/LTSC - que trata os objetos educacionais como qualquer entidade digital ou não digital - ainda ser referência nos discursos de apresentação de OA, há autores que sugerem releituras desta proposta. O trabalho de Rory McGreal (2004) oferece uma revisão sobre os conceitos de OA, em um esforço para promover uma definição mais estrita do que é compreendido como OA. O mesmo pode ser observado na tese de Levi (2009) e em Braga

et al. et al. (2015b), o que demonstra a recorrência na busca por uma definição atualizada e menos genérica para OA.

Esta seção não objetiva aprofundar essas pesquisas, mas sim, demonstrar com objetivo didático o que é compreendido como OA. Nesta direção, o trabalho de McGreal (2004) é um importante recurso que explora termos correlatos, como Objeto de Conteúdo “*Content Object*”; Objeto de Informação Reutilizável “*Reusable Information Object*” e Recurso de Aprendizagem “*Learning Resource*” entre outros, que podem ser entendidos no contexto de OA. Para o autor, as diferentes terminologias possibilitam interpretações como:

- Qualquer coisa ou todas as coisas; o objeto de aprendizagem pode ser entendido como qualquer elemento que venha ou não ser utilizado para contexto educacional;
- Qualquer elemento digital; que venha ou não a ser utilizado para contexto educacional;
- Qualquer coisa que tenha uma proposta educacional; qualquer elemento digital ou não-digital que tenha objetivo de ser utilizado em contexto educacional;
- Qualquer objeto digital que tenha um propósito formal de educação;
- Qualquer objeto digital que seja proposto de uma forma específica para objetivos educacionais; por exemplo, um objeto que possa ser utilizado somente em determinado contexto e por determinadas pessoas.

Ao analisar a definição do IEEE/LTSC, já mencionada, e as relativas dificuldades referentes à abrangência deste conceito, David Wiley (2002, p. 6, tradução nossa) propõe a seguinte descrição para OA: “qualquer recurso digital que pode ser reutilizado para suportar a aprendizagem”. Posteriormente, a pesquisa de Braga *et al. et al.* (2015b) acrescenta ao conceito de Wiley que os OA sejam definidos somente pelos recursos digitais que podem interferir diretamente na aprendizagem. Os autores explicam esta opção:

Por exemplo, os ambientes digitais de ensino, que serão denominados neste livro de Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), apesar de ser um recurso digital usado para apoiar na aprendizagem, não o faz diretamente, ou seja, o apoio dado por eles é mais operacional do que voltado ao ensino propriamente dito. Sendo assim, um AVA não é considerado um OA no contexto deste livro. Por outro lado, há diversos tipos de recursos digitais que podem ser considerados um OA como: imagens, vídeos, animações etc. (BRAGA ET AL. ET AL., 2015a, p. 14)

Braga *et al. et al.* (2015b) parece seguir a mesma linha de pensamento de McGreal (2004, s/p, tradução nossa) que conclui seu estudo com a seguinte explicação:

Os objetos de aprendizagem podem ser definidos como qualquer recurso digital reutilizável que é encapsulado em uma lição ou conjunto de lições agrupados em unidades, módulos, cursos, e até programas. Uma lição pode ser definida como um pedaço de instrução, normalmente incluindo um objetivo de aprendizagem ou objetivos.

Tratando-se de terminologia recente, é compreensível a diversificação no entendimento do que são os OA e os limites de seu universo de desenvolvimento e uso. No entanto, um consenso que pode ser observado nos documentos que abordam a temática atualmente é que esses objetos de aprendizagem possuem elementos estruturados e revisados para a educação. Wiley (2002) propõe que os OA sejam classificados de acordo com características e atributos que exibem, e elabora uma taxinomia na qual define cinco tipos de OA e sugere objetos que podem ser disponibilizados para o Design Instrucional (DI):

- **Fundamental:** elemento individual com função de exibição, por exemplo, imagem;
- **Combinado-fechado:** alguns elementos combinados, não disponíveis individualmente para reutilização, vídeo com áudio narração;
- **Combinado aberto:** elementos combinados, acessíveis para reutilização, imagem com arquivo de narração em áudio e texto descritivo disponível;
- **Gerador de apresentação:** elementos combinados capazes de gerar informações apresentadas ao usuário, por exemplo, um gráfico de curvas editável;
- **Gerador instrucional:** elementos combinados capazes de instruir e definir procedimentos para prática, elemento editável que identifica ação e provém retorno instrucional ao usuário.

O autor aponta que esta taxinomia permite uma classificação bastante abrangente de OA, enquanto apresenta elementos capazes de compatibilizá-la com teorias vinculadas ao DI. Outras propostas de categorização vinculadas ao formato podem ser visualizadas no “Banco Internacional de Objetos Educacionais” (2017), Macedo (2010) e Braga *et al. et al.* (2015b), que por semelhança são combinadas aqui como:

- Imagem (estática / movimento)
 - Figura

- Vídeo
- Animações
- Simulações
- Software Educacional
- Jogos Educacionais
- Cursos Virtuais
- Experimento Prático
- Texto/Tabela

Outro entendimento é proposto por Wagner (2002), que apresenta uma classificação denominada *Learnativity Content Model* em tradução livre para Modelo de Conteúdo de Aprendizagem, na qual demonstra os seguintes elementos:

- **Recursos:** conteúdos brutos, como fotos e diagramas;
- **Objeto de informação:** classificado como um conceito, fato, processo, princípio, referência de comando ou procedimento;
- **Objeto de aprendizagem:** conjunto de objetos de informação;
- **Componente de aprendizagem:** conjunto de objetos de aprendizagem, como lições e cursos;
- **Ambiente de aprendizagem:** ambiente web de aprendizagem, como comunidades, componentes, bancos de dados e comunicação.

Mais classificações podem ser visualizadas no trabalho de Macedo (2010), Silva (2012) e Braga *et al. et al.* (2015b), que efetuam revisões da literatura e apresentam dados de outros autores e grupos de desenvolvimento. Com a compreensão de como são conceituados os OA e quais tipos e características podem ser observados em OA, a próxima seção aborda brevemente aspectos do desenvolvimento destes recursos educacionais.

3.2 PRINCÍPIOS DE DESENVOLVIMENTO DE OA

Os princípios para o desenvolvimento de OA são versados por diferentes autores e instituições. A tese de Macedo (2010) oferece uma revisão dos princípios adotados em organizações diversas e propõe uma base consolidada de diretrizes para criação de OA acessíveis na web, por exemplo, o uso de fundo de cor sólida para textos; utilização de mídias alternativas para imagens em movimento; texto alternativo para mídias em áudio, entre outros. Uma

representação dessas diretrizes é demonstrada de forma sintética em Ferreira *et al.* (2015). Com uma abordagem mais ampla e atualizada, o livro organizado por Braga *et al.* (2015a) apresenta uma revisão de parâmetros e conceitos que devem ser contemplados no desenvolvimento de OA, bem como a proposta da metodologia INTERA (Inteligência em Tecnologias Educacionais e Recursos Acessíveis). De acordo com Braga *et al.* (2015a, p. 15):

Existem três tipos de abordagens que vêm sendo utilizadas para o desenvolvimento de OA: a primeira são as metodologias que consideram fortemente o design instrucional (os aspectos pedagógicos), outras que consideram somente o processo de desenvolvimentos de softwares (aspectos computacionais) e outras, ainda, que mesclam um pouco desses dois aspectos.

Os autores discorrem sobre quatro processos distintos de desenvolvimento de OA (ADDIE - Analyze, Design, Develop, Implement, RIVED - Rede Interativa Virtual de Educação, SOPHIA - Ambiente Virtual de Aprendizagem da Universidade do Vale do Itajaí (Univali) e RUP - Rational Unified Process) e traçam um comparativo desses processos com as atividades vinculadas ao Design Instrucional (DI), o que pode ser observado no Quadro 8.

Quadro 8 - Atividades do DI nas metodologias de desenvolvimento de OA

Atividades do DI	Metodologia que contém a atividade
Analisar as necessidades de aprendizagem	ADDIE, RIVED
Identificar o problema de aprendizagem	ADDIE
Conceber um currículo ou programa	ADDIE, RIVED
Selecionar e utilizar técnicas para determinar o conteúdo instrucional	ADDIE, RIVED
Analisar as características do Ambiente Virtual de Educação	ADDIE
Analisar as características das tecnologias para uso no ambiente de ensino	ADDIE
Estabelecer vocabulário comum	ADDIE, RUP
Planejar a situação didática	ADDIE, RIVED, SOPHIA
Mapear e sequenciar o conteúdo	ADDIE, RIVED, SOPHIA
Definir estratégias e atividades	ADDIE
Preparar os suportes (pedagógicos, tecnológicos e administrativos)	ADDIE, RIVED, SOPHIA
Desenvolver medidas de avaliação	ADDIE
Avaliar produtos resultantes de cada fase do DI (relatório de análise, storyboards ou roteiros, interface do curso ou material instrucional, relatórios de acompanhamento, relatórios finais de avaliação)	ADDIE
Avaliar solução Educacional	ADDIE
Realizar plano de avaliação formativa/somativa	ADDIE

Fonte: Braga *et al.* (2015a, p. 18)

Ao identificar a abordagem com maior abrangência e possíveis pontos de melhoria, o grupo realiza uma proposta adicional para o processo de desenvolvimento de OA que integra

características do ADDIE, do guia PMBOK®, conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos, entre outros. De acordo com Braga *et al.* (2015a), a metodologia INTERA é iterativa e considera o processo de desenvolvimento de OA como um projeto e, assim, contempla o ciclo de vida do objeto. A metodologia INTERA considera os seguintes componentes de projeto: fases, papéis, etapas e artefatos. Tais componentes são descritos no Quadro 9.

Quadro 9 - Componentes da metodologia INTERA

FASES: são os períodos aos quais as etapas da metodologia podem pertencer, ressaltando-se que uma etapa pode pertencer a mais de uma fase. As fases geralmente são sequenciais e normalmente são definidas pela entrega de algum componente do OA. São três as fases da metodologia INTERA: inicial, intermediária e de transição.

PAPÉIS: descrevem como as pessoas devem se comportar no projeto e quais são suas funções. Assim, uma pessoa pode assumir mais de um papel na metodologia.

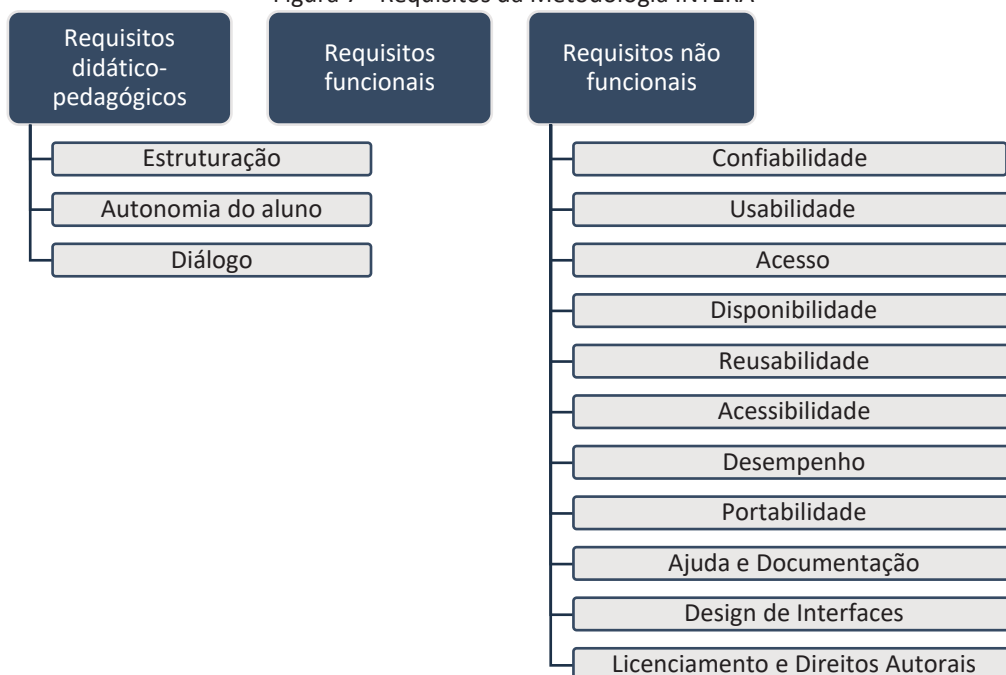
ARTEFATOS: em quase todas as etapas da metodologia, dados são gerados pela equipe envolvida, desde documentos até código fonte (caso o OA seja um software). Todos esses dados contendo informações são considerados artefatos para a metodologia INTERA.

ETAPAS: são coleções de atividades relacionadas a uma área de interesse principal. A duração de uma etapa depende do tipo de objeto e de sua complexidade. As etapas podem ocorrer concomitantemente ou não, e variam de acordo com o modelo de desenvolvimento adotado pela equipe.

Fonte: Adaptado de Braga *et al.* (2015a, p. 20 e 22)

Neste documento, destacam-se as ETAPAS da metodologia INTERA, que são: contextualização, requisitos, arquitetura, desenvolvimento, testes e qualidade, disponibilização, avaliação, gestão de projetos e ambiente, e padrões. Das atividades contempladas em ETAPAS dá-se ênfase aos requisitos. Braga *et al.* (2015a) denomina três classes de requisitos: requisitos didático-pedagógicos, funcionais e não funcionais. Uma visão geral desses elementos é apresentada na Figura 7.

Figura 7 - Requisitos da Metodologia INTERA



Fonte: Adaptado de Braga *et al.* (2015a, p. 70–72)

Embora os requisitos funcionais não sejam aprofundados nesta representação, compreende-se que eles se relacionam com os atributos dos OA. Segundo Braga *et al.* (2015a, p. 72), os requisitos funcionais:

[...] trazem a relação de todas as funcionalidades que um OA deverá conter e como elas devem ser apresentadas. A metodologia para o levantamento dos requisitos funcionais deve considerar o tipo de OA que será construído, pois as funções de um OA, algumas vezes, estão relacionadas com o seu tipo (vídeo, software etc.). Além disso, para evitar ruídos na comunicação entre o desenvolvedor e o requisitante, a metodologia de coleta destes requisitos deve ser expressa em linguagem clara e objetiva, pois o bom entendimento entre os envolvidos garante o sucesso do projeto.

Nesta pesquisa, entende-se que os requisitos para um Objeto de Aprendizagem com componente háptico (OAH) podem apresentar características específicas que solicitam o conhecimento dos envolvidos no projeto. No entanto, embora seja importante a discussão de todas as fases de desenvolvimento e requisitos didático-pedagógicos, funcionais e não funcionais; este documento possui foco nos requisitos não funcionais e características iniciais para o planejamento dos OAH. Considerando o tato como componente chave na discussão de OAH, as próximas seções deste capítulo abordam aspectos gerais da percepção na aprendizagem e o uso do tato em recursos educacionais.

3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A PERCEPÇÃO NA APRENDIZAGEM

Os dados sensoriais fazem parte do processo de aprendizagem. É o questionamento das informações percebidas que permite a análise, comparando a sensação a conhecimentos já adquiridos. O processo de análise, segundo Liberto (2012, p. 55), tem origem na desconfiança da percepção sensorial:

Com o crescimento, observa-se uma maior desconfiança dos próprios sentidos havendo uma maior confiança noutras fontes de conhecimento, ou seja, com o desenvolvimento e, em especial a partir dos seis anos, a criança confia mais no seu conhecimento pessoal em detrimento da informação imediata dos sentidos. Os sentidos tornam-se, com o crescimento, menos importantes, uma vez que a determinada altura deixa-se de confiar na evidência transmitida por eles, privilegiando-se a capacidade de julgar e explicar a realidade.

Esse processo é importante na aquisição do conhecimento, pois promove a discriminação progressiva da informação, tornando a interpretação parte integrante do processo de significação. De acordo com Liberto (2012), o sentido do tato é interdependente do sentido da visão, pois facilita a compreensão de dados acerca do espaço e da forma. Outro exemplo: pessoas cegas podem ter dificuldade na construção da imagem mental de algo que apenas ouvirem uma descrição. Para o autor, a percepção envolve fundamentalmente sujeito e objeto.

A construção da imagem tátil é complexa e, como aponta Almeida (2017, p. 71), o tato “é um sentido que precisa ser realmente compreendido no ato de sua realização. Diferentemente da visão que é imediata, sintética, global, a percepção tátil é analítica. A polpa do dedo apreende parte por parte. Assim, o objeto explorado é conhecido da parte para o todo”. A identificação tátil depende, então, da relação de memória com a aquisição prévia de conhecimento tátil, como objetos e suas características.

Conforme Vergara-Nunes (2016, p. 163), ao receber um estímulo tátil, “comparar com objetos conhecidos do cotidiano do usuário pode facilitar a formação da imagem mental desse objeto”. A imagem mental tátil, de acordo com Almeida (2017), surge da experiência concreta de interação do corpo com um estímulo externo, considerando informações como sensação térmica, tamanho e forma, discriminação de elementos, textura, peso e movimentos. Nesta direção, Oñativia (1963) apud Liberto (2012, p. 55 - grifo nosso) aponta algumas características gerais que intervêm na percepção:

- **Características estruturais**, que resultam do impacto dos estímulos físicos no aparelho perceptivo e a sua organização no córtex cerebral;

- **Características funcionais**, que dependem de fatores de aprendizagem e inteligência, motivações, necessidades, características da personalidade (sensibilidade, seleção e defesa perceptiva), da experiência passada e de atitudes e pressões sociais;
- **Características de significação**, que contribuem para que um objeto tenha não só uma forma e uma textura, mas uma consistência e uma dada posição.

Considerando que as informações percebidas podem apresentar características diversas, Liberto (2012, p. 58) afirma:

As nossas percepções não são cópias do real, mas sim uma fonte de informações que correspondem à natureza dos receptores, de forma que ao agir sobre a realidade a transformem. Enquanto mediadora intermodal privilegiada, a imagem mental pode constituir um código comum no qual as informações vindas das diferentes fontes podem ser convertidas. Interpreta as sensações e faz o seu reconhecimento e identificação.

Outro ponto reforçado pela autora é a diferença de relação do sistema visual e háptico. Enquanto na visão a relação atitudinal é passiva e receptiva, a aquisição de informação háptica solicita o toque, assim, a relação atitudinal do observador é ativa e intencional. Esta relação pode ser observada nos dispositivos móveis que, além de recursos como áudio, movimento (identificado por acelerômetros) e vídeo, possuem sensores táteis que permitem a exploração intencional ativa. Como aponta Toshniwal *et al.* (2015), existe uma tendência cada vez mais presente da inclusão de recursos tecnológicos para transmissão da informação. A háptica, neste contexto, pode desempenhar um papel importante nos OA, uma vez que a utilização de canais múltiplos de informações auxilia na compreensão dos objetos e do meio em que o usuário está imerso.

3.4 OBJETOS DE APRENDIZAGEM E O TATO

Uma das funções dos OA é basicamente transferir informações de um lugar para outro. Para tanto, utilizam canais de entrada e saída de dados. O usuário se comunica com o sistema através da entrada de dados, enquanto o sistema demonstra informações e provém retorno das ações realizadas pelo usuário. Este retorno é essencial para tornar as comunicações de duas vias efetivas, podendo ser verbais, ou escritas; auditivas, como sons e alertas e também percebidas por meio de padrões táteis vibracionais. Para Peña (2013), a háptica permite relações táteis que tornam a interação com os objetos uma extensão natural da mente, uma vez que o que é visto

e percebido é co-localizado. O retorno tátil provém uma relação sensorial instantânea e pode vir a reduzir a demanda cognitiva de outros canais, como o visual ou auditivo.

Considerando a necessidade do aprendizado, o trabalho de Griffin e Gerber, 1996 apud Liberto (2012, p. 75), identifica quatro fases que implicam na função educativa do tato; “consciência da qualidade tátil; conceito e reconhecimento da forma (reconhecimento da estrutura e da relação das partes com o todo); compreensão de representações gráficas e utilização de simbologia”. Considerando os dispositivos móveis, a qualidade tátil pode ser compreendida como a resolução tátil; o conceito e reconhecimento envolve a forma com que a informação é transmitida; a compreensão das representações é relacionada à maneira como são percebidos os objetos e as simbologias indicam padrões no sistema.

Dessa forma, o trabalho de Peña (2013) traz o conceito de design gráfico háptico (*haptic graphic design*), que pode ser compreendido como uma linha de design que busca facilitar o acesso à informação através de imagens identificadas por meio do toque ativo. Para o autor, os OA atuais, ao favorecerem prioritariamente o recurso visual - o design gráfico - excluem outras possibilidades de percepção que poderiam ser um campo fértil para o desenvolvimento de inovações. Peña (2013) afirma que explorar múltiplos sentidos pode ser um caminho para alcançar usuários que dependem de outros canais sensoriais que não o visual.

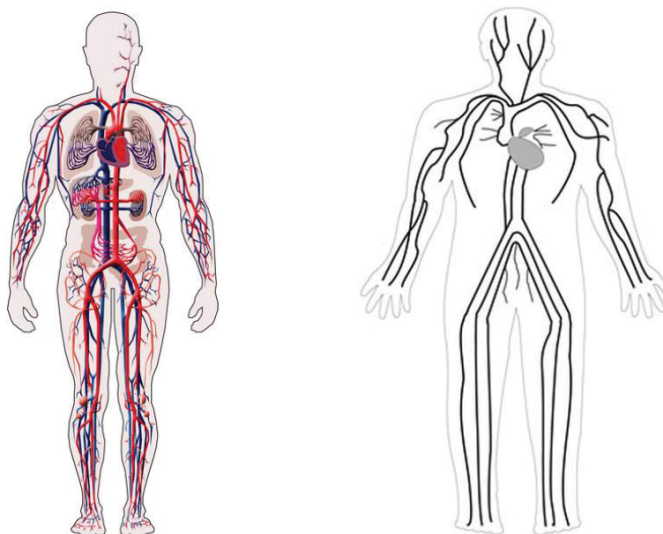
O trabalho de Mombach e Welfer (2013), também considera a informação multissensorial como um aspecto positivo na aprendizagem, uma vez que os canais sensoriais podem se complementar auxiliando uma compreensão baseada em um conjunto mais amplo de informações. Explorando esta temática com maior profundidade, a próxima seção aborda trabalhos que foram identificados através das revisões realizadas e apresentam conteúdos que podem ser compreendidos em contexto de aprendizagem digital com componente tátil.

3.4.1 Representações táteis na aprendizagem

As representações táteis como recursos de aprendizagem são bastante referendadas no contexto físico, entretanto, a literatura ainda não esclarece suficientemente este tema ao focar os recursos digitais em OA. Um dos trabalhos que podem ser utilizados para começar esta discussão é o de Adam e Macedo (2013), em que as autoras apresentam a problemática de que não existe um repositório brasileiro para imagens hápticas, o que torna necessário o uso de repositórios externos, como o *TGIL - Tactile Graphic Image Library*. Embora as imagens táteis do TGIL não sejam necessariamente utilizadas em contexto digital e muito ser tratado sob ponto de vista dos usuários cegos, o repositório pode ser compreendido como fonte de informações e é uma alternativa aparentemente viável para a elaboração de OAH. A Figura 8 demonstra um

exemplo de uma imagem, à esquerda, tipicamente voltada ao público normovisual e uma imagem, à direita, planejada para a aquisição tátil do conteúdo.

Figura 8 - Sistema Circulatório e Respiratório



Fonte: Extraído de Adam e Macedo (2013, p. 183)

Observa-se na imagem à esquerda que não se trata apenas de uma mera reprodução do sistema circulatório; para a elaboração da imagem tátil, é necessário considerar a capacidade tátil na distinção de linhas, padrões e formas. Tais distinções dependem também da forma como a imagem será renderizada. Para avaliação das imagens sob o contexto da acessibilidade, Adam e Macedo (2013) consideraram as seguintes características: espessura da linha como diferenciador; espaço entre formas; imagem escalonável; cor monocromática; cor alto contraste; rótulo, palavra, blocos de texto; texto alternativo, braile, áudio. Na avaliação de Adam e Macedo (2013, p. 189) mesmo as imagens que foram retiradas do repositório tátil “não são completamente acessíveis devido à disposição da informação textual em braile e a quantidade de elementos muito próximos e sobrepostos que confundem a percepção háptica”.

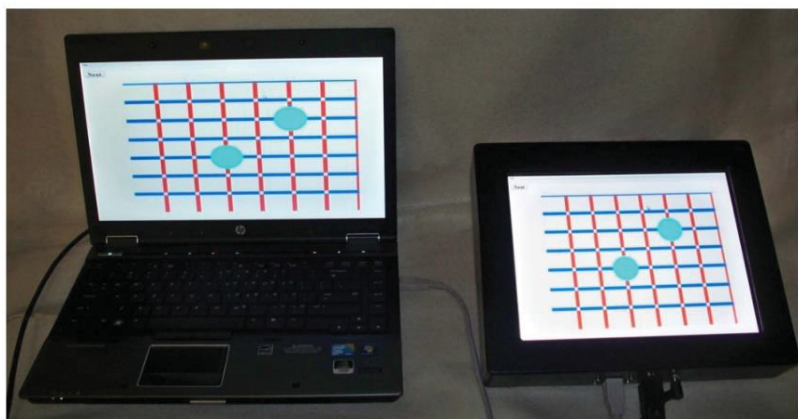
Também tratando de usuários com baixa visão, Liberto (2012, p. 79) discorre que “os novos conhecimentos sobre o tato levaram a considerar esta modalidade perceptiva como um sistema de processamento de informação independente da visão, com características próprias que deverão ser estudadas com rigor”. Sobre este ponto, o autor pondera que, se houver associação entre canais sensoriais, como áudio e háptica, melhor será a memorização da informação pelo estudante. Tal conhecimento é corroborado por Vergara-Nunes (2016, p. 195):

Sempre que possível, recursos táteis, mesmo os mais simples, podem complementar a audiodescrição. Além disso, esses recursos também podem ser usados em sala de aula por alunos sem deficiência visual. Se houver essa associação entre a audiodescrição e o manuseio tátil, haverá maior memorização para o estudante com deficiência visual. Essa experiência diminui

a carga cognitiva para esses alunos para conhecimento de determinados conteúdos.

Entretanto, observa-se que esta prática ainda é pouco presente em recursos digitais. Como aponta Walsh *et al.* (2017), poucas simulações utilizam o conjunto de informação visual e háptica para OA, principalmente ao se tratar de recursos de aprendizagem com objetos estáticos. Neste sentido, Toennies *et al.* (2011) acreditam que dispositivos hápticos portáteis, e que possuam uma capacidade robusta de demonstrar conceitos hápticos, têm um potencial ainda pouco explorado na apresentação de conteúdos didáticos. Os autores desenvolvem um experimento através do retorno tátil e auditivo controlado por computador e um mostrador sensível ao toque com atuadores hápticos, ver Figura 9:

Figura 9 - Malha de pontos táteis



Fonte: Toennies *et al.* (2011, p. 3)

Neste estudo, Toennies *et al.* (2011) solicitaram aos participantes que efetuassem a navegação na tela sem uso do recurso visual, assim, os pontos eram ativados e percebidos pelos usuários apenas pelos canais auditivos ou táteis durante o toque. Para os autores, o resultado do experimento com alto índice de identificação das formas pelos usuários indica que a informação tátil pode ser adquirida e bem compreendida.

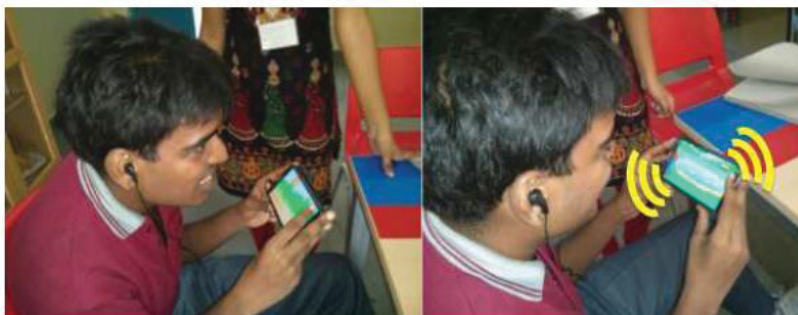
Tratando a respeito da importância da informação multissensorial, Almeida (2017, p. 197) discorre:

As vias sensoriais são canais condutores de componentes que vão formar os sentidos; sentidos que, por sua vez, transmitem sensações, percepções, informações, construindo saberes, solidificando conhecimentos. [...] A antiga concepção de que as imagens somente se criam no âmbito da visão, é agora esvaziada. Os sentidos remanescentes (tato, audição, olfato, paladar, todos mediados pela cinestesia - movimentos corpóreos, possuem estruturas capazes de fornecer dados que levam o cego a construir imagens táteis, auditivas, olfativas e gustativas.

Neste contexto, a tela sensível ao toque com retorno háptico, segundo Toennies *et al.* (2011), possui capacidade de incrementar a educação de diversas formas. Para os usuários normovisuais, a informação tátil pode trazer mais dados ao que está sendo visualizado; para usuários com baixa visão, a informação pode ser facilitada ou ainda dependente de canais como o auditivo e tátil. De acordo com os autores, as interfaces táteis em dispositivos móveis poderão ser um grande componente da aprendizagem em um futuro próximo.

Neste meio, o trabalho de Toshniwal *et al.* (2015) propõe que a háptica seja utilizada como mais de um modo referencial. No experimento dos autores, o retorno tátil atua tanto como informação-alvo do objeto quanto para recuperar a atenção do usuário ao sistema através de alertas vibracionais, conforme Figura 10.

Figura 10 - Utilização da câmera e vibração para recuperação da atenção

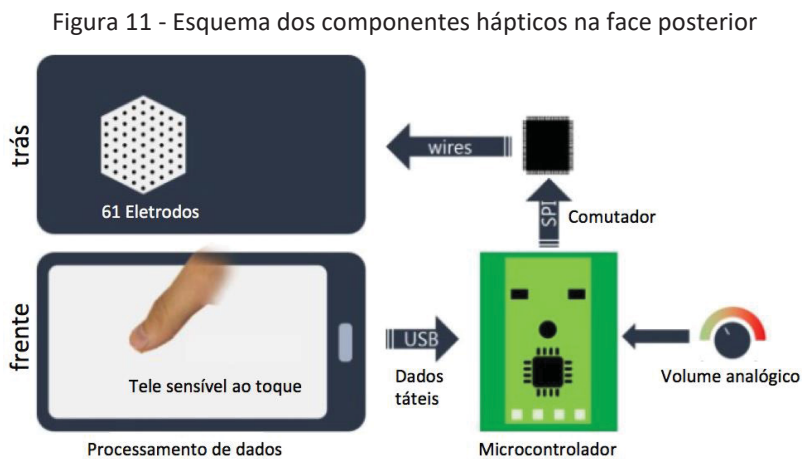


Fonte: Toshniwal *et al.* (2015, p. 6)

Na figura anterior, o usuário simula um momento de desatenção ao conteúdo da tela olhando para outros elementos do ambiente em que se encontra. Identificando o desvio do olhar do usuário, o sistema emite um sinal vibratório de longa duração que é interrompido quando o usuário recobra a atenção (olhar) ao dispositivo. Durante a navegação, o sistema também fornece dicas táteis de curta duração para informar sobre o sucesso do usuário em atividades e acesso às funções. Assim, a vibração cumpre um papel secundário na recuperação da percepção, entretanto, a médio prazo é possível que o excesso de estímulo possa se tornar habitual pela acomodação sensorial e ignorado pelo usuário.

Dado similar foi encontrado no trabalho de Epp *et al.* (2016), com o qual os autores relataram que na interação com a interface com o retorno tátil ativo os estudantes muitas vezes achavam a informação excessiva (unindo tato, visão e audição) e acabavam decidindo desligar a interface tátil. Neste ponto, os autores tecem que isto não sugere que o retorno háptico vai sobrecarregar o processamento da informação em todos os contextos de aplicação, mas que o retorno háptico possui um potencial de prover uma grandeza de informação tátil similar ou maior que as informações visuais e sonoras.

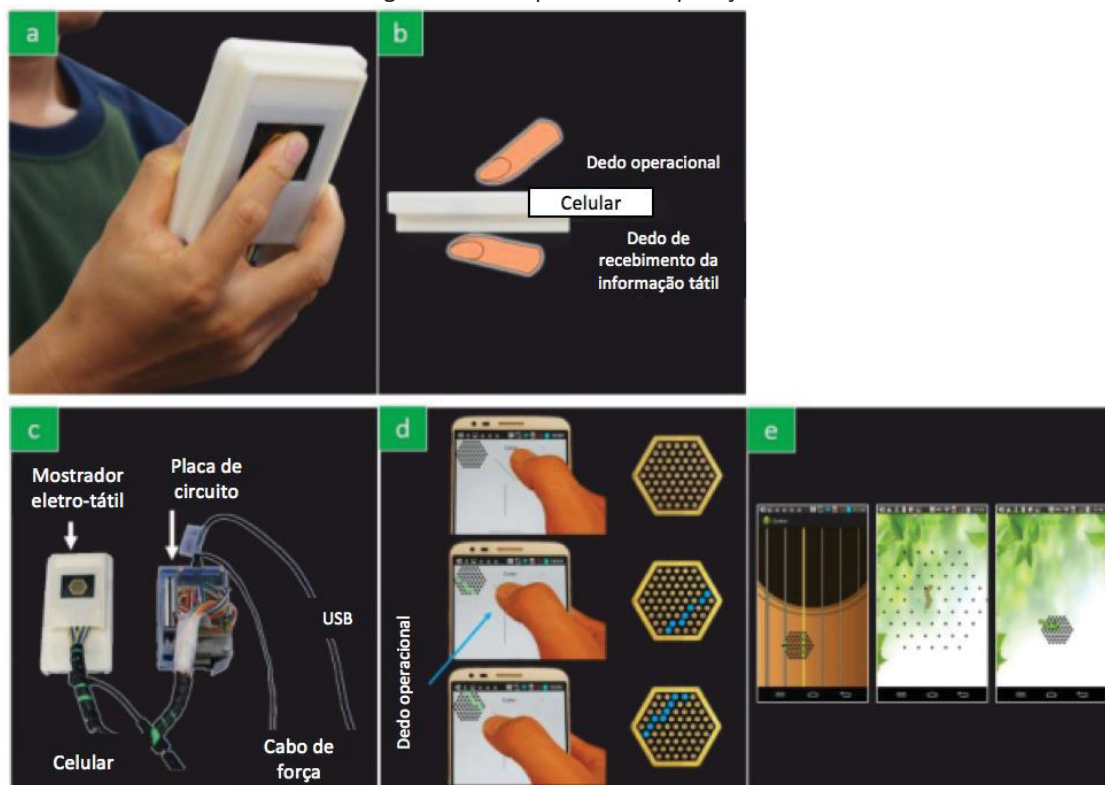
Outra proposta é desenvolvida por Khurelbaatar *et al.* (2016), utilizando o lado posterior do aparelho o protótipo permite que o dispositivo móvel simule o retorno tátil ao usuário através de uma matriz em losango com 61 eletrodos, como mostra a Figura 11.



Fonte: Extraído de Khurelbaatar *et al.* (2016, p. 3718 - tradução nossa)

O uso de um segundo mostrador no dispositivo permite que os autores não enfrentem a dificuldade de desenvolver o retorno eletrostático no painel frontal, o que poderia influenciar a sensibilidade dos sensores de toque. Khurelbaatar *et al.* (2016) exploram dois conceitos no documento, o primeiro da aprendizagem de um conteúdo de música auxiliado pelo retorno tátil, o segundo do reconhecimento de imagens táteis, através de uma história aumentada, Figura 12.

Figura 12 - Componentes e operação

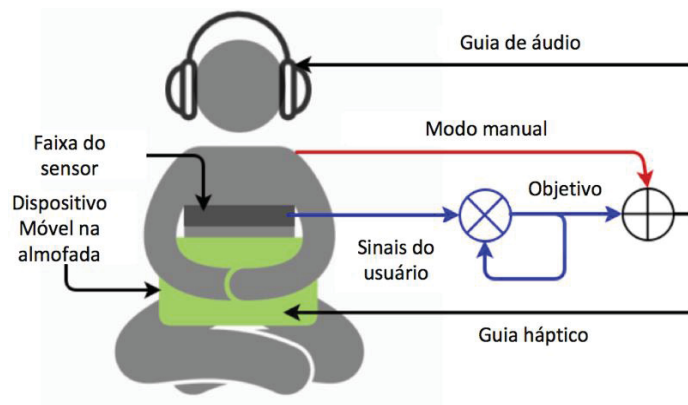


Fonte: Adaptado de Khurelbaatar *et al.* (2016, p. 3717 - tradução nossa)

Na figura anterior, Khurelbaatar *et al.* (2016) demonstram o dispositivo móvel já adaptado (a); indicam que a operação do usuário através do dedo está deslocada da percepção tátil (b); apresentam o circuito adicionado na parte posterior do aparelho em conjunto aos cabos necessários para a operação (c); revelam como são representados os formatos no mostrador háptico (d) e expõem as sugestões de interação para o aprendizado de instrumento musical e uma interação incrementada com o referencial tátil em uma história aumentada (e). No experimento, os autores obtiveram resultados que reforçam o funcionamento multissensorial na aprendizagem e esclarecem que o referencial tátil foi melhor compreendido quando o usuário utilizava apenas uma mão no controle do dispositivo.

Em uma abordagem distinta, Bumatay (2015) posiciona o dispositivo móvel dentro de uma almofada na qual o usuário fica em contato. O objetivo do sistema é aprender através da audição e do retorno vibracional como realizar técnicas de respiração para o relaxamento, Figura 13.

Figura 13 - Diagrama do sistema para aprendizagem de técnicas de respiração

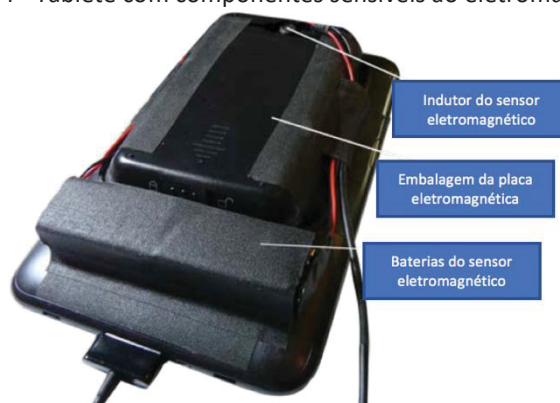


Fonte: Extraído de Bumatay (2015, p. 20 - tradução nossa)

O autor acredita que o toque pode produzir maior engajamento do usuário com o objeto. Bumatay (2015) discorre que neste tipo de interação a relação com o objeto é de exclusividade e intimidade, o usuário abraça a almofada, o que poderia, segundo o autor, aprimorar a sensação de bem-estar pelo envolvimento direto com o objeto. De fato, em suas conclusões o autor reforça que, se não a modalidade mais significativa das interações testadas, a háptica se apresentou como uma forma efetiva e importante de orientação aos usuários.

Outro exemplo aplicado pode ser observado através do aplicativo *Ghost: Hunter*; em tradução livre Caça: Fantasmas. Desenvolvido por Banerjee e Horn (2014), o aplicativo propõe uma abordagem lúdica para o aprendizado sobre o consumo de energia. Por meio de um tablete adaptado com um sensor de campo eletromagnético e retorno háptico, Figura 14, os autores sugerem uma prática interativa de aprendizagem.

Figura 14 - Tablete com componentes sensíveis ao eletromagnetismo



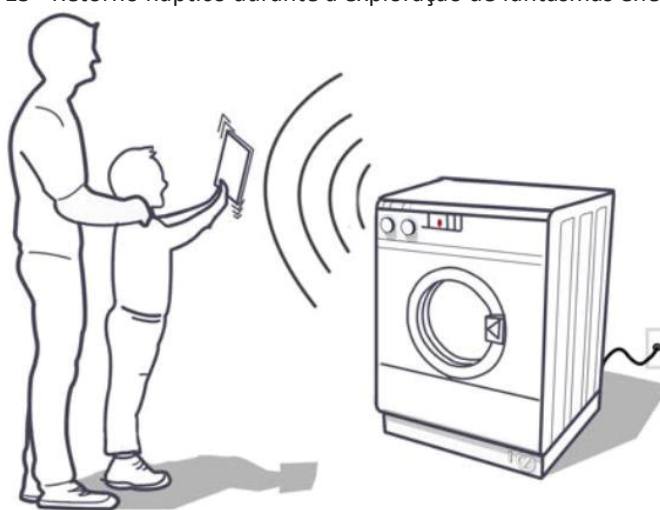
Fonte: Extraído de Banerjee e Horn (2014, p. 269 - tradução nossa)

O tablete é montado junto ao indutor eletromagnético sendo alimentado por uma bateria de 9 volts, o conjunto é conectado pela porta USB. Banerjee e Horn (2014) listam como objetivos de aprendizagem: aumentar a percepção do consumo energético em casa;

compreender diferentes tipos de dispositivos e consumos; verificar quais dispositivos consomem energia mesmo desligados; tornar as unidades de consumo, como o quilowatt-hora (kWh), familiares.

A atividade proposta por Banerjee e Horn (2014) apresenta características de gamificação, com avanço e pontuações. Os usuários que testaram o protótipo - principalmente as crianças - se divertiram bastante com a prática de tentar identificar nos aparelhos domésticos vibrações (fantasmas) indicando o consumo de energia. Por outro lado, a supervisão dos adultos, Figura 15, durante a exploração do ambiente pode proporcionar a troca de informações adicionais e comentários sobre o funcionamento dos produtos descobertos pelas crianças.

Figura 15 - Retorno háptico durante a exploração de fantasmas energéticos



Fonte: Recorte de Banerjee e Horn (2014, p. 268)

Para Banerjee e Horn (2014), o uso da gamificação como uma mecânica de aprendizagem promoveu relações sociais que extrapolaram os objetivos de aprendizagem do jogo, conseguiram também integrar a família em uma atividade de engajamento entre pais e filhos. Entretanto, apesar disso, o diálogo não foi consolidado no tema sustentabilidade, sendo que outras temáticas, como o uso dos equipamentos ou funcionalidades na casa, foram mais presentes.

3.5 ORIENTAÇÕES PARA INTERAÇÕES E INFORMAÇÕES TÁTEIS

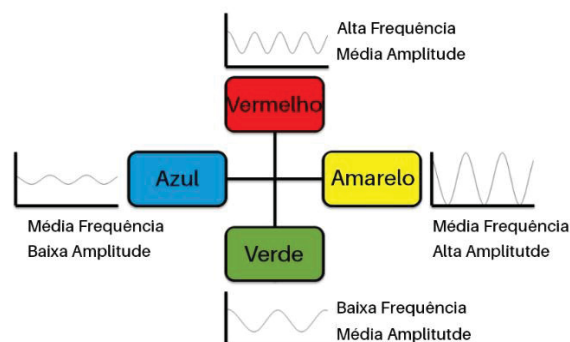
Na tela dos dispositivos móveis, o usuário, através da manipulação com os dedos, entra em contato “direto” com o objeto virtual. Como apontam Toennies *et al.* (2011), embora seja apenas uma relação simulada, é análoga ao real e traz vantagens frente a outros sistemas nos quais as interfaces estão separadas, como monitor e mouse, na compreensão da interação. O estudo de Liberto (2012, p. 97) aborda características importantes a serem consideradas nas

imagens em relevo que aqui são observados como possíveis paralelos com a imagem háptica em dispositivos móveis:

- a) Respeitar as exigências do tato, as suas qualidades específicas de percepção, que em oposição à visão, tem uma capacidade de discriminação mais reduzida;
- b) A simplificação de cada imagem ser sinônimo de essencialidade - o desenhador não pode abandonar o esforço de interpretar o sentido profundo do que tem por intenção representar;
- c) As imagens devem ser representadas de acordo com a escala;
- d) Os signos e ícones gráficos utilizados devem ter uma configuração essencial, clara e facilmente perceptível ao tato de forma a serem imediatamente e automaticamente reconhecidos.

Para o autor, a exploração da imagem e interpretação da imagem tátil demanda um processo de aprendizagem que requer tempo e auxílio de suporte verbal adequado. A representação tátil também pode trazer significado a elementos digitais. Como exemplo, o trabalho de Hamilton-Fletcher (2015) sugere a possibilidade de transformar uma cor em uma representação tátil utilizando o canal vibracional. Para tanto, ele utiliza o conceito de substituição sensorial demonstrando a informação tátil com duas variáveis; frequência e intensidade do sinal, Figura 16.

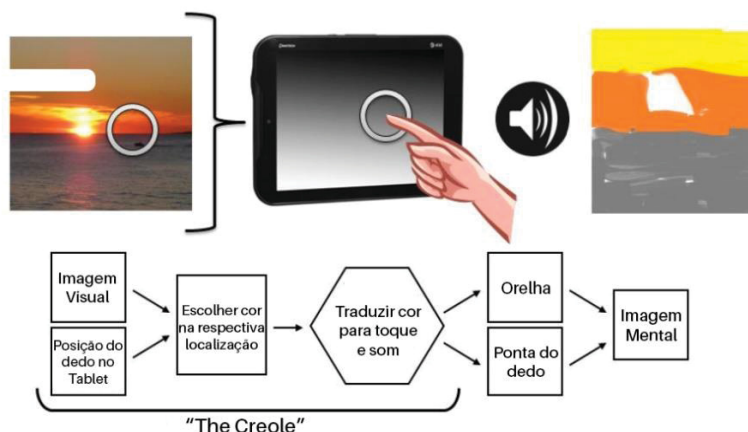
Figura 16 - Dimensões de frequência e amplitude para o significado de cores



Fonte: Adaptado de Hamilton-Fletcher (2015, p. 81 - tradução nossa)

Para Hamilton-Fletcher (2015), a substituição sensorial pode ser disponibilizada a um usuário cego com intuito da identificação das cores. Com base nesta proposta, o autor desenvolve o aplicativo *"The Creole"*, que por meio das cores de uma imagem gera uma representação vibracional que é atualizada enquanto o usuário rastreia com os dedos a área da tela. A operação do aplicativo é descrita na Figura 17.

Figura 17 - Aplicativo de cores "The Creole"

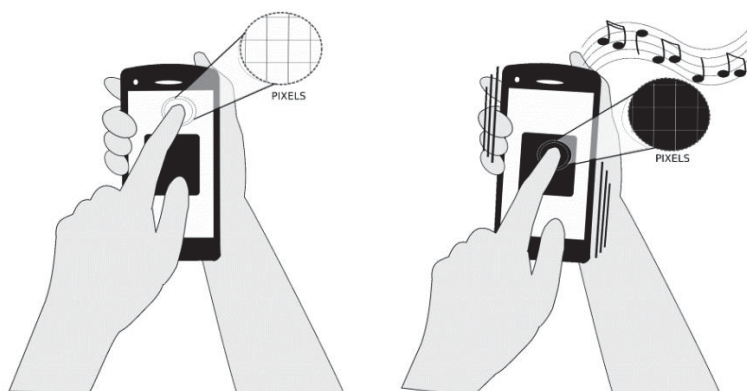


Fonte: Extraído de Hamilton-Fletcher (2015, p. 133 - tradução nossa)

Este processo, segundo o autor, demanda uma curva de aprendizagem até que o usuário consiga criar significado da informação tátil e construa uma imagem mental da percepção tátil. Para um usuário normovisual, o estímulo de múltiplos canais pode ser um incremento na informação e, embora seja possível a visualização do objeto em tela, a referência tátil também é nova e deve ser compreendida. Os autores orientam que os níveis de vibração devem ser claramente distinguíveis e, para tanto, pode ser necessário desconsiderar todos os níveis de gradação de cor.

Em conceito similar, o trabalho de Mombach e Welfer (2013) sugere uma proposta binária em que pixels escuros geram retorno no dispositivo em áudio e háptica, já as áreas com pixels claros têm ausência de estímulo ao usuário, Figura 18.

Figura 18 - Proposta de aplicativo tátil



Fonte: Mombach e Welfer (2013, p. 4)

Uma das características importantes percebidas pelos autores na avaliação do conceito foi a relação de contorno ou preenchimento háptico. Para Mombach e Welfer (2013), o uso de imagens com fundo tátil permite melhor identificação do que imagens que apenas

indicam o seu contorno através da vibração. Este dado pode estar vinculado ao conceito *affordance* (reconhecimento) do objeto, que é apresentado por Walsh *et al.* (2017, p. 5 - tradução nossa) com base no trabalho anterior de Gaver de 1991:

As três *affordances* são: 1) *affordances* falsas, 2) *affordances* escondidas, e 3) *affordances* perceptíveis. *Affordances* falsas não possuem uma função real; pessoas podem incorretamente tentar agir, mas não há *affordances* que dão suporte à ação. *Affordances* escondidas são possibilidades para ação, mas não são percebidas pelo ator. Tanto a *affordance* falsa quanto a escondida levam a erros no uso da tecnologia. *Affordances* perceptíveis são quando os atores realizam uma ação sobre o *affordance*, em outras palavras, há uma ligação entre percepção e ação.

Neste sentido, os autores ainda ressaltam que os dispositivos hápticos são componentes novos nos ambientes de aprendizagem. Assim, podem ser necessários - até que a tecnologia se estabeleça como uma forma padrão de interagir com os objetos de aprendizagem - sessões ou momentos de treinamento para uso dos objetos.

Considerando o uso de livros interativos dentro do contexto de OA, o trabalho de Possatti (2015) apresenta um conjunto de diretrizes que podem auxiliar no planejamento das interações e na relação do usuário com multimídias, Figura 19.

Figura 19 - Diretrizes para recursos interativos e multimídia

Recursos interativos e multimídia (B)
Certifique-se de que a área da superfície de toque de elementos interativos do livro seja grande o suficiente.
Sinalize os elementos interativos.
Faça referência cruzada entre partes do livro através de <i>hyperlinks</i> .
Considere que a quantidade de imagem pode comprometer o download em conexões lentas.
Incorpore <i>feedback</i> visual às ações realizadas.
Utilize cores diferentes em elementos interativos e não interativos.
Escolha uma cor-chave para interatividade.
Projete elementos interativos cuja forma sugira a interação.
Complemente a informação textual com elementos multimídia e interativos.
Use animação em atividades instrucionais.
Permita que o usuário visualize imagens em janelas separadas, isto é, em <i>pop ups</i> .
Adicione movimento em gráficos para chamar atenção.

Fonte: Possatti (2015, p. 168)

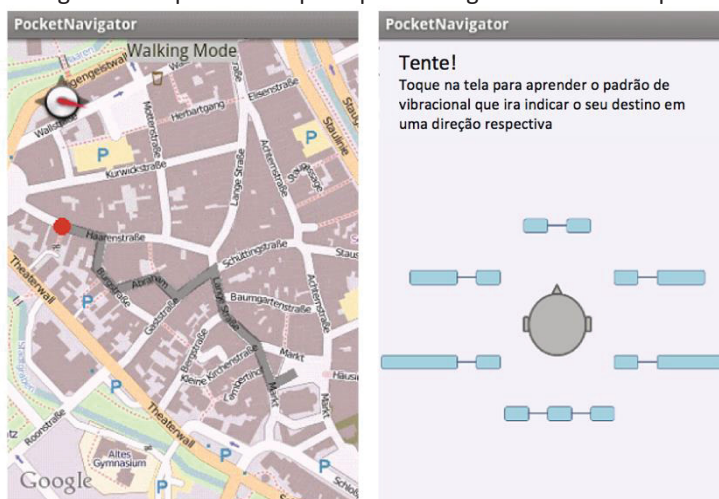
A primeira diretriz da lista, “certifique-se de que a área da superfície de toque de elementos interativos do livro seja grande o suficiente”, é a única que faz relação direta com a interação tátil. Nela, reforça-se a importância de manter as dimensões do conteúdo adequadas ao contato do usuário. Superfícies muito pequenas ou demasiadamente agrupadas podem gerar erros na localização do usuário, acionando comandos incorretos na tela do dispositivo. Assim, torna-se interessante “o planejamento de alvos maiores para facilitar a interação dos leitores

com o conteúdo”, Possatti (2015, p. 168). Observadas essas orientações, aborda-se na sequência diferentes referenciais táteis contemplando os principais aspectos e formatos dos OA.

3.5.1 Interações Informacionais

A háptica em dispositivos móveis é utilizada em muitos momentos como meio informacional do sistema operacional. A indicação de funções (como o acionamento de um botão, alarme, modo silencioso, abertura e fechamento de aplicativos e também ao digitar) contempla os usos mais recorrentes da vibração em smartphones. Pesquisadores como Poppinga *et al.* (2012) avançam nesta possibilidade informacional ao sugerir o uso da háptica como indicador de direção em sistemas de navegação GPS, exemplificado na Figura 20.

Figura 20 - Aplicativo háptico para navegabilidade em mapas

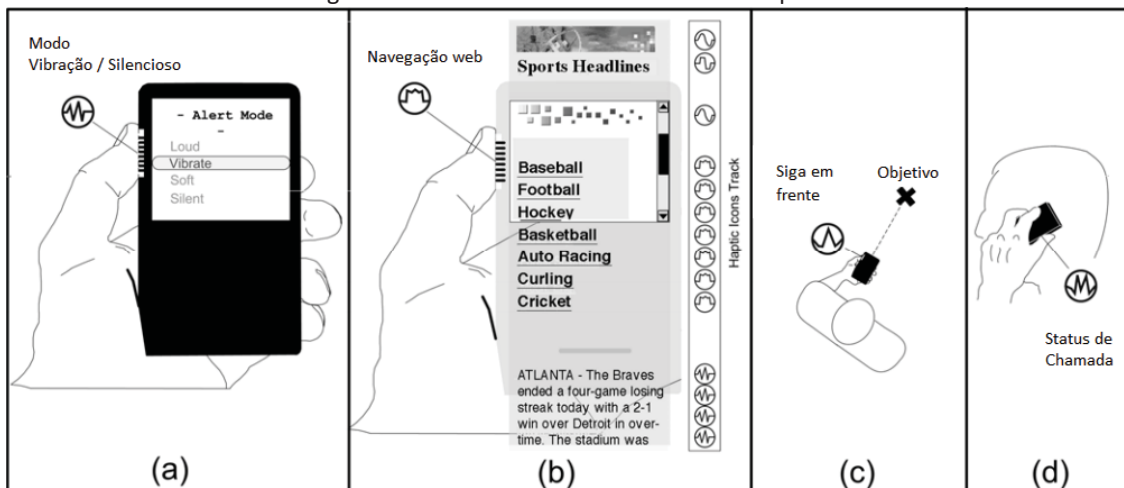


Fonte: Poppinga *et al.* (2012, p. 114 - tradução nossa)

Os autores propõem um padrão binário de retorno vibracional, entre acionamentos curtos e longos, para indicar a direção que o usuário deveria seguir para alcançar o destino em um mapa. Ao todo, são apresentados seis padrões de vibração referentes a ângulos 60 graus. Segundo Poppinga *et al.* (2012), deve-se compreender que tal abordagem solicita do usuário um período de aquisição de conhecimento e também é interdependente da precisão do sistema receptor GPS para não indicar direções incorretas ao usuário.

Anterior a este direcionamento, em Luk *et al.* (2006), são traçados paralelos entre as tecnologias hápticas e as possibilidades então futuras de interação nos dispositivos móveis. Os autores já exprimiam a perspectiva de utilizar a interações hápticas (IH) nos *smartphones* como indicação de direção, como é possível observar na Figura 21.

Figura 21 - Possibilidades informacionais háptica



Fonte: Adaptado de Luk *et al.* (2006, p. 3, tradução nossa)

Outras interações são ainda relatadas na Immersion Corporation (2015a), tais como: definir alertas personalizados nos dispositivos para identificar quem está realizando uma chamada, indicar o pressionamento de botões no teclado virtual e mandar mensagens personalizadas com informações vibracionais. A empresa também indica que a háptica poderá ser utilizada para dar a percepção de presença em ambientes compartilhados, assim, dois usuários poderiam utilizar um aplicativo ao mesmo tempo e perceber a influência do outro remotamente.

3.5.2 Interações Colaborativas

Os espaços virtuais compartilhados se tornaram comuns com o uso da Internet. Em OA, como aponta MacLean (2008), é frequente os usuários serem orientados ou guiados por um instrutor, seja ele um assistente virtual, parte integrante de programação do OA, ou uma pessoa física atuando em espaços compartilhados de colaboração remota. Cabe esclarecer que o termo colaboração nem sempre é apresentado com o mesmo significado. De acordo com Heemann *et al.* (2008, p. 1341):

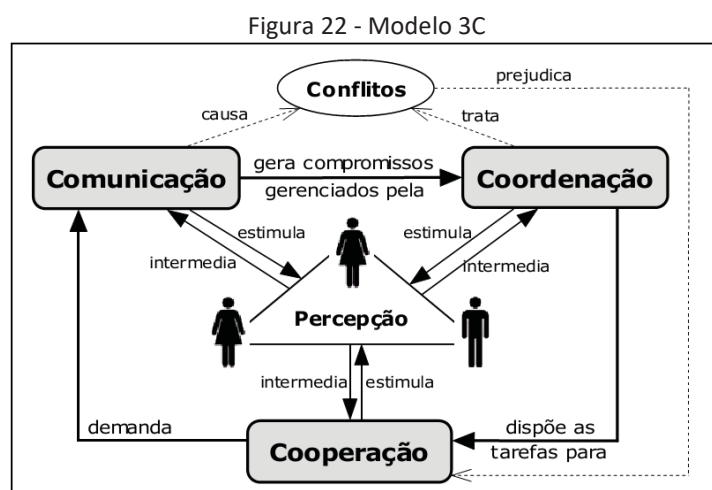
“colaboração” anuncia um labor, um trabalho ou atividade em conjunto. Portanto, o uso conjunto das palavras “trabalho” e “colaborativo” pode ser considerado uma redundância ou pleonismo, porém de emprego legítimo quando se intenta conferir maior vigor ao caráter solidário de um trabalho.

Os autores apresentam uma revisão de conceitos correlatos da colaboração, que levam a compreensão de uma atividade conjunta para um objeto único e compartilhado. Como exemplo, enquanto professor e aluno - ou alunos e alunos - têm a mesma finalidade no OA, que

é o aprendizado, a colaboração é clara. Entretanto, é importante observar que a definição de colaboração proferida por Gonzalez e Ruggiero (2009, p. 570) no contexto do OA é relevante e, portanto, prudente de ser explorada:

um objeto de aprendizagem colaborativo[sic] é qualquer recurso digital envolvido em atividades instrucionais para grupos, que pode ser reutilizado no suporte à aprendizagem colaborativa, e que, na sua reutilização pode adquirir significados diferentes segundo o cenário onde esteja envolvido.

Para o autor, a colaboração também atinge a característica de formação do OA. Considerando as atividades instrucionais mencionadas por Gonzalez e Ruggiero (2009), detentoras de significados que podem ser percebidos diferentemente ou reutilizados em diferentes contextos, é possível compreender a interação para colaboração através do modelo de colaboração 3C, Figura 22, proposto por Fuks *et al.* (2003).



Fonte: Fuks *et al.* (2003, p. 4)

Apesar do modelo 3C ter sido desenvolvido para groupwares, as ações e interações propostas podem ser observadas no contexto de OA. De acordo com Ferreira (2014, p. 20), neste modelo:

a colaboração é assimilada através de estímulos de comunicação, coordenação e cooperação aferidos e compreendidos pelo processamento cognitivo da percepção. Estes estímulos podem ser enviados e interceptados por diferentes envolvidos no processo colaborativo e derivam de diferentes canais de comunicação e troca informacional, como a fala, olhar, os gestos e o tato.

O trabalho desenvolvido por Buttolo *et al.* (1997) identifica três classes gerais de interações compartilhadas: a **navegação em ambientes estáticos**, percebendo o retorno háptico

em elementos como documentos, objetos, páginas web; os **ambientes compartilhados colaborativos**, no quais os usuários alternam na manipulação do ambiente comum; e **interação cooperativa no ambiente**, no qual é requerida uma ação simultânea dos usuários para desenvolver uma tarefa. Apesar da compreensão um pouco diferenciada da colaboração pelos autores, pode-se dizer que existem dois momentos de colaboração: um síncrono sob o objeto e outro assíncrono, em que cada usuário executa a ação em seu turno específico.

Nesta direção Chan *et al.* (2005) efetuam um experimento desenvolvendo ícones hápticos para indicar diferentes relações colaborativas no contexto da atividade. Tais ícones, demonstrados no Quadro 10, foram definidos em três famílias: troca de controle, no controle e aguardando controle; e apresentam sensações hápticas para indicar diferentes estados dos usuários.

Quadro 10 - Conjunto de ícones hápticos

Família	Identificação do Ícone	Estado	Sensação Háptica
Troca de Controle	CH+	Usuário ganhou controle da aplicação compartilhada	Uma vibração curta e fraca seguida por uma vibração curta e forte
	CH-	Usuário perdeu controle da aplicação compartilhada	Uma vibração curta e forte seguida de uma vibração curta e fraca
Em controle	IN	Usuário está no controle da aplicação	Uma vibração detectável e periódica
	IN+	Usuário está no controle, mas alguém quer assumir o controle da aplicação	Uma vibração detectável periódica e não muito agradável
	IN++	Usuário está no controle, mas alguém quer assumir urgentemente o controle da aplicação	Uma vibração notória periódica e desagradável
Esperando o controle	WAIT	Usuário requer gentilmente o controle	Uma vibração curta e rápida periódica
	WAIT+	Usuário requer urgentemente o controle	Duas vibrações curtas e rápidas exibidas de forma periódica

Fonte: Adaptado de Chan *et al.* (2005, p. 4, tradução nossa)

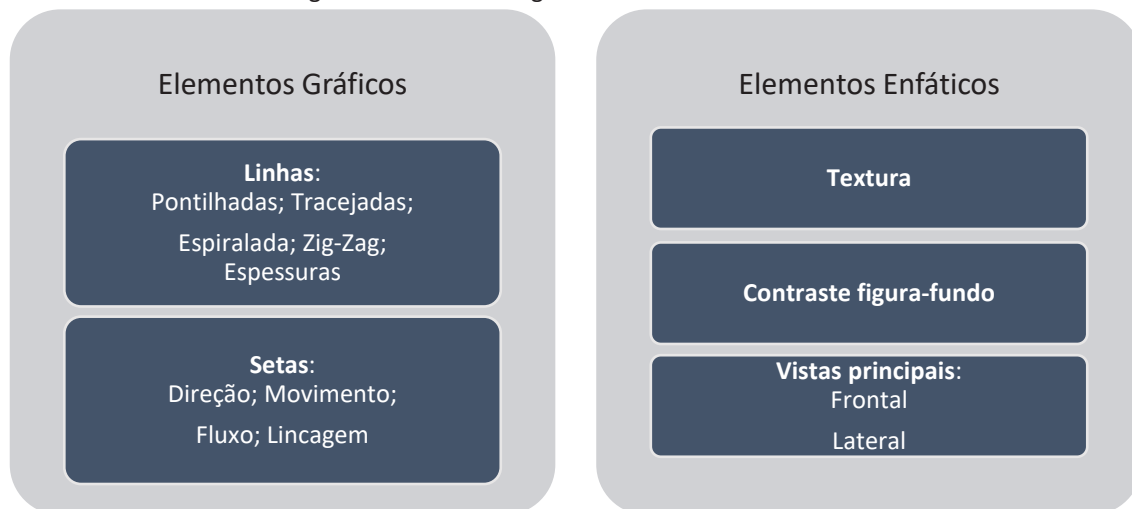
O trabalho foi apresentado como um estudo preliminar e os autores concluíram que as IH através dos ícones se demonstraram relativamente fáceis de aprender e manter durante o experimento.

3.5.3 Imagem

Ao desenvolver sua dissertação *Objetos de Aprendizagem para Cegos*, Adam (2015) promove uma extensa revisão da literatura na busca de elementos que contribuem na geração

de premissas para criação de imagens hápticas em relevo. No discurso da autora, o uso de imagem como informação háptica parece recair em dois princípios base: elementos gráficos e elementos enfáticos, conforme a Figura 23:

Figura 23 - Elementos gráficos e elementos enfáticos



Fonte: Adaptado de Adam (2015)

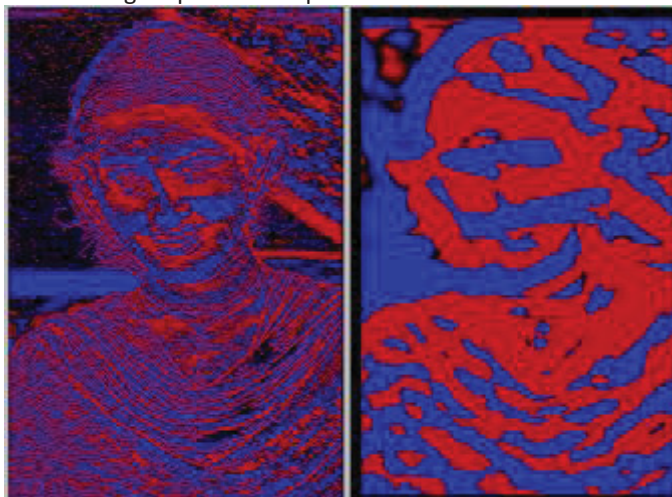
Embora estes elementos estejam vinculados a OA não digitais, os resultantes da pesquisa parecem se adequar sem grandes dificuldades ao contexto da háptica para OA disponibilizados em dispositivos móveis. Cabe observar no trabalho de Adam (2015) que os elementos gráficos podem ser entendidos principalmente como aqueles que contornam as formas, uma vez que o contraste figura-fundo se encontra no domínio dos elementos enfáticos. A autora aponta a necessidade de realizar sínteses gráficas para a representação tátil dos objetos e o uso de elementos de apoio, como descrições em áudio, podem facilitar a compreensão da forma por usuários com deficiências visuais.

Frente a esta temática, Mac Carthy *et al.* (2005) relata que para os cegos pode ser mais comum compreender os objetos em sua forma tridimensional, considerando que o contato com o mundo através dos receptores da pele já reflete inerentemente uma tridimensionalidade tátil. O estudo conclui que as imagens tangíveis são importantes para a aquisição de informação digital por grupos com deficiências visuais, mas o acesso com capacidade muito limitada de interação, por exemplo, navegação com apenas um ponto de contato, pode não ser eficaz para compreensão da informação.

Quanto aos elementos enfáticos, o contraste figura e fundo, de acordo com Adam (2015), é fundamental para o entendimento dos limites da imagem e também dos elementos que a compõem. A simulação de texturas hápticas geralmente necessita do objeto modelo para captação de informação da superfície, da forma e posicionamento no meio, vinculando sua

transcrição digital para dispositivos hápticos com certa liberdade de movimento. Trabalhos como o de Vasudevan e Manivannan (2008) buscam algoritmos para a tradução dos dados bidimensionais em elementos hápticos. Os autores apontam que a definição da forma pode ser realizada através de processamento de contraste e máscara, mas a medição do correto nível de detalhamento é um desafio, já que ruídos na imagem e o tamanho da máscara utilizada (vinculado à resolução do dispositivo háptico) podem prejudicar a compreensão da forma.

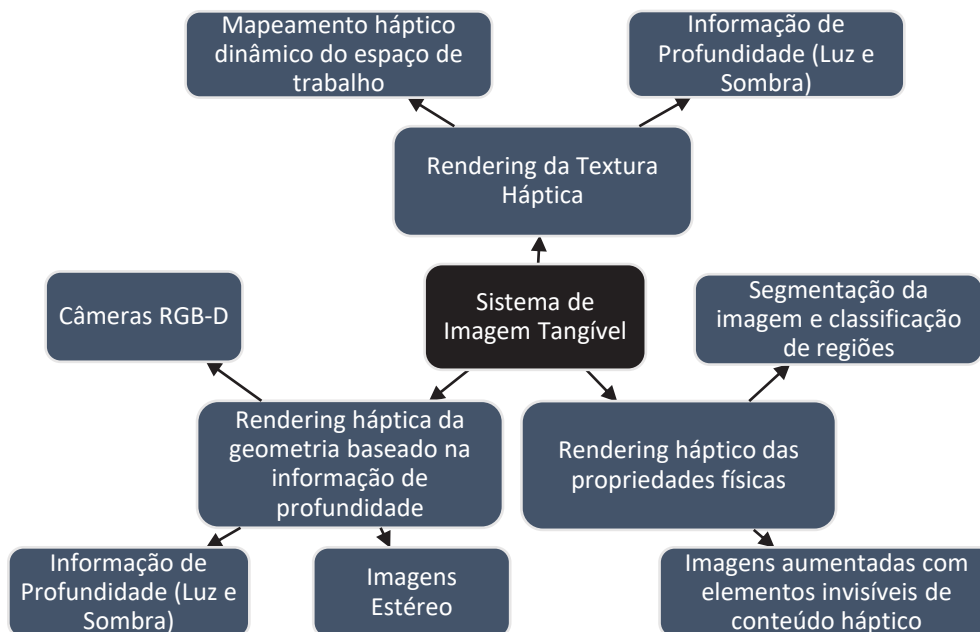
Figura 24 - Imagem processada por máscaras de diferentes resoluções



Fonte: Vasudevan e Manivannan (2008, p. 359)

Para os usuários visuais as dificuldades recaem na interpretação das texturas e contornos da forma (como elementos fiéis à realidade). Neste caso, a resolução dos dispositivos pode ser também um fator complicador para a correta exploração háptica. Rasool e Sourin (2011) propõem uma estrutura para sistemas de imagem tangível, disponível na Figura 25.

Figura 25 - Estrutura de sistema de imagens tangíveis



Fonte: Adaptado de Rasool e Sourin (2011, p. 15, tradução nossa)

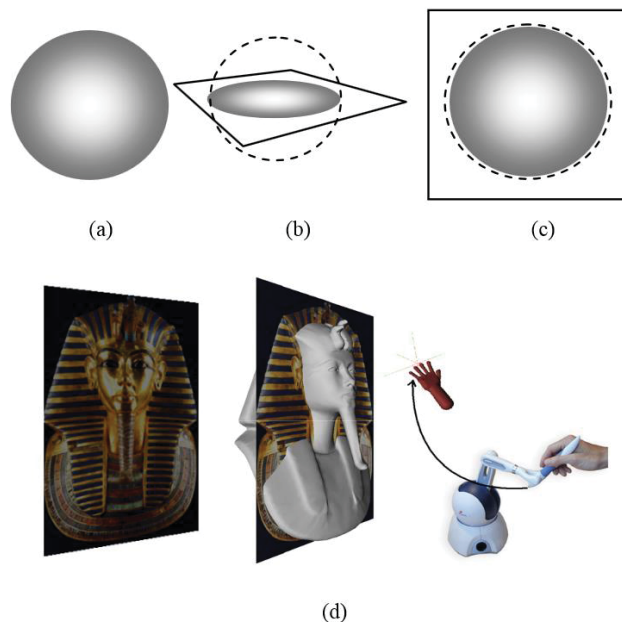
Os autores desenvolvem um algoritmo com base na estrutura para tornar tangíveis contextos tridimensionais em dispositivos hápticos com liberdade de movimento. No entanto, o algoritmo de Rasool e Sourin (2011) pode ser adequado para dispositivos de tela que, aliados a diferentes sistemas de retorno háptico, podem promover a percepção da forma e textura. Os autores também tiveram êxito ao explorar imagens de vídeo com pouca dinâmica utilizando do algoritmo que foi capaz de capturar formas geométricas e transformar em referencial tátil com sucesso.

3.5.4 Vídeo e Animações

A visualização de vídeos através do tato é um processo que geralmente envolve grande complexidade. De acordo com Rasool e Sourin (2010), muitos pesquisadores, ao buscar exibir elementos tridimensionais por meio da háptica, tentam a virtualização poligonal dos objetos para que sejam realizadas então as leituras de textura e formato. Em seu estudo, os autores propõem o uso de imagens reais dos objetos e a definição de camadas invisíveis sobre estes, contemplando os aspectos hápticos a serem percebidos.

A abordagem dos autores assume que grande parte da informação recebida do ambiente é visual. Então, seria possível que, ao observar um objeto ou um vídeo demonstrando um elemento, já sejam antecipadas relações táteis com o objeto. Para demonstrar sua abordagem, Rasool e Sourin (2010) apresentam a Figura 26.

Figura 26 - Ilustração da abordagem por camadas hápticas



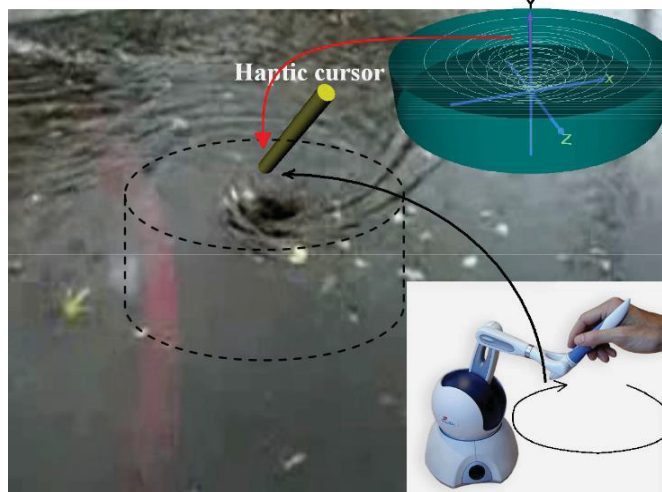
Fonte: Rasool e Sourin (2010, p. 93)

Na imagem, a) uma esfera 3D; b) uma esfera em um plano e uma esfera invisível háptica 3D; c) vista de uma esfera e a geometria correspondente e d) superposição de uma geometria simplificada com uma imagem real. Como o ser humano vidente é acostumado a sentir aquilo que vê, mesmo as representações hápticas simplificadas ao serem sobrepostas a imagens reais podem produzir sensações de tato em sua completude.

De acordo com Rasool e Sourin (2010), sem a necessidade de virtualizar todo o elemento de uma imagem ocorre uma redução significativa no processamento de dados e nos custos de desenvolvimento destes elementos. Os objetos propostos pelos autores podem ainda utilizar representações de força simplificadas, e talvez já pré-estabelecidas em um repositório, simplesmente adicionando estas camadas à imagem.

Ao discutir a referência tátil em um vídeo Rasool e Sourin (2010) afirmam que para alguns elementos de dinâmica regular é possível inserir uma camada de conteúdo háptico única simulando os aspectos físicos do que está sendo exibido, Figura 27.

Figura 27 - Aplicação Háptica em Vídeo



Fonte: Rasool e Sourin (2010, p. 95)

No vídeo de redemoinho de água uma camada háptica helicoidal invisível é tocada pelo cursor do dispositivo háptico. Com este arranjo o usuário, ao utilizar o dispositivo háptico, possui uma referência visual do elemento em observação e o aspecto tátil é aprimorado pelo conjunto de informações sensoriais, visual e tátil. Apesar de o autor utilizar em seus exemplos um dispositivo com liberdade de movimento, é possível que tais aspectos sejam adequados a dispositivos móveis - como tablets e smartphones - utilizando parâmetros similares no design dos objetos.

O trabalho de Gleeson e Johnson (2010) explora o exagero na sensação háptica. Os desenvolvedores se baseiam nas animações em desenho animado para demonstrar que algumas interações podem ser enaltecidas com o objetivo de promover uma imersão diferenciada do usuário no sistema. De acordo com os autores, o exagero em algumas situações pode tornar o ambiente mais divertido, uma vez que recorre para conceitos físicos muitas vezes utilizados em jogos para tornar o ambiente componente lúdico.

3.5.5 Simulações e Experimentos Práticos

Como já mencionado, a háptica pode simular interações relacionadas a instruções médicas; treinamento de equipamentos, maquinários e interfaces; auxiliar no desenvolvimento de produtos tanto no desenvolvimento quanto na prototipagem e possibilitar o recebimento de instruções pela vibração. Acrescentando a estas funções, o trabalho de Kanke *et al.* (2015) procura desenvolver nos alunos o aprendizado rítmico por meio das instruções hápticas. Como demonstrado na Figura 28, a proposta dos autores é estimular o aprendizado através de vibrações que refletem o ritmo a ser impresso no instrumento.

Figura 28 - Uso dos sistemas de aprendizagem rítmico



Fonte: Adaptado de Kanke et al. (2015, p. 2, tradução nossa)

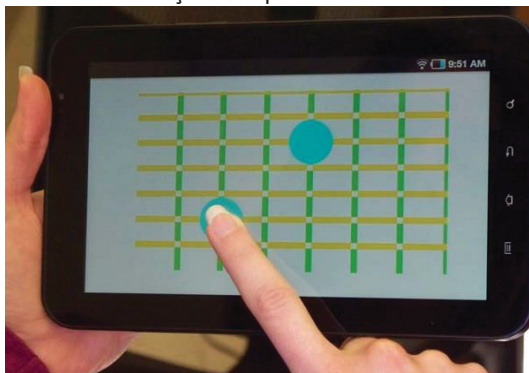
Após a internalização da instrução rítmica o aluno passa a uma segunda fase, que é o treinamento diretamente no instrumento. No estudo, os autores puderam constatar a redução no tempo de aprendizado de uma estrofe musical e sugerem pesquisas futuras contemplando séries rítmicas mais complexas.

No repositório do “Banco Internacional de Objetos Educacionais” (2017) é possível identificar OA simulando experimentos físicos, como a oscilação de objetos, relações de força e empuxo; químicos, demonstrando reações entre elementos e matemáticos, como a simulação de frequências; tais conteúdos podem ser incrementados de forma semelhante através da IH.

3.5.6 Software Educacional

Em sua tese, Gorlewicz (2013) investiga o papel das superfícies hápticas na educação e desenvolve estudos em dispositivos comerciais e novas tecnologias que permitem o retorno tátil. A autora realiza experimento háptico objetivando a aprendizagem de gráficos matemáticos por usuários cegos. Para Gorlewicz (2013), o uso de interfaces táteis em dispositivos como tablets pode promover uma oportunidade singular da implementação destes recursos para o aprendizado, que, ao contrário dos sistemas táteis físicos, pode ser rapidamente produzida e disponibilizada. O estudo para gráficos matemáticos utilizou um mapeamento da tela do dispositivo em grade e executava a ativação vibracional quando o usuário posicionava o dedo em cima da forma gráfica simulada, conforme ilustrado na Figura 29.

Figura 29 - Demonstração do aplicativo de matemática háptica



Fonte: Gorlewicz (2013, p. 67)

No estudo, os usuários conseguiram identificar formas geométricas simples no dispositivo. Segundo Gorlewicz (2013), os resultados são promissores e demonstram a possibilidade de incrementar o aprendizado através das simulações táteis. A redução de custo dos dispositivos com telas hápticas e o avanço na resolução dos sistemas é um fator crítico para o sucesso desta abordagem.

3.5.7 Jogos Educacionais

Os jogos educacionais devem ser compreendidos como ferramentas de aprendizagem. Apesar esses jogos serem um elemento com contexto lúdico, não têm como base fundamental o entretenimento, mas permitir o aprendizado através de uma experiência imersiva. Neste meio, a háptica é contemplada em uma diversidade de aplicações e, conforme Orozco *et al.* (2012), aprendizados voltados à educação e à saúde são os principais tópicos de interesse. Tratando dos aspectos da saúde, os estímulos podem ser utilizados em contextos como a reabilitação de movimentos e o reforço cognitivo, enquanto para a educação os autores destacam aplicações como na simulação de interações químicas e no desenvolvimento de habilidades manuais.

Estudos recentes, como o de Alves *et al.* (2014), demonstram uma abordagem atualizada para os jogos educacionais ao tratar destes elementos em OA, como gamificação, que é a incorporação de elementos de jogos a atividades de não jogos. Neste contexto, Alves e Teixeira (2014, p. 124) apontam que:

No âmbito educacional objetos gamificados atuam como objetos de aprendizagem estruturados como jogos ou que adotam algumas características destes. Para isso, se faz necessário remodelar o design destes objetos, adotando alguns padrões e conceitos dos jogos assim como algumas diretrizes para desenvolvimento das atividades sob esta ótica.

No livro *Gamification by Design*, de Zichermann e Cunningham (2011), são discutidos fundamentos dos jogos, características de motivação dos jogadores, mecânicas de jogos, e também são demonstrados estudos de caso e tutoriais para implementação de elementos de gamificação na web. Os autores sugerem alguns elementos que podem promover mecânicas sociais nos jogos, são estes: reconhecimento de padrões; objetos colecionáveis; surpresa; organização e ordenação; presentes; flertar e romances; reconhecimento de conquista; liderança; fama, ganhar atenção; ser o herói, receber status; cultivar, alimentar.

Estes elementos podem ser utilizados como pontos referenciais na narrativa para o planejamento de IH através dos parâmetros discutidos por Nordvall (2012) em sua dissertação:

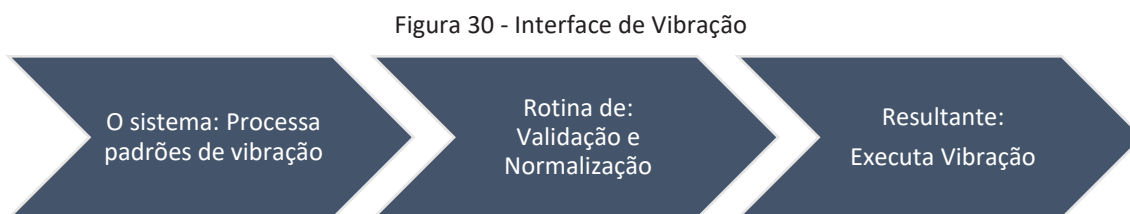
- **Frequência** - relativa ao número de ocorrências por tempo;
- **Amplitude** - relativa ao máximo distanciamento de um valor zero;
- **Forma de onda** - cada forma de onda produz um referencial distinto;
- **Duração** - sinais com duração de até 0.1 segundos são percebidos como cliques, enquanto sinais com duração maior são entendidos como ondas contínuas;
- **Ritmo** - vêm da combinação de vibração com diferentes durações;
- **Localização no corpo** - usualmente a interface é com as mãos, mas pode-se utilizar todo o revestimento do corpo;
- **Padrões espaço-tempo** - o deslocamento de padrões ao longo do dispositivo.

Os parâmetros descritos em Nordvall (2012) não tratam de percepções resultantes específicas, o que permite seu uso em ilimitados ajustes para o retorno adequado a cada necessidade. Entretanto, para o planejamento inicial de IH em OA, como o que ocorre no DI, é interessante a tangibilização destes parâmetros em guias de orientação.

3.5.8 Cursos Virtuais

Os cursos virtuais são disponibilizados em sua maioria através de repositórios web e, embora a interface com os navegadores ainda seja prioritariamente de apontar e clicar, os computadores com tela tátil permitiram o uso de gestos na navegação. Neste contexto, os dispositivos móveis com vibro-atuadores emergem a possibilidade de inserir informação vibracional ao conteúdo web. O consórcio W3C (*World Wide Web Consortium*), uma comunidade internacional onde organizações, pessoas e profissionais trabalham para desenvolver padrões Web, lançou a primeira interface de programação de aplicação (API) voltada ao uso de vibrações em fevereiro de 2015, conforme W3C (2015).

A recomendação do W3C não trata de aplicações hápticas avançadas, mas do retorno vibracional simples. Também não são especificados momentos em que a vibração poderá estar ativa ou referências de uso. O processo lógico é descrito em três etapas que são demonstradas na Figura 30:



Fonte: Adaptado de W3C (2015,s/p tradução nossa)

A entrada do API vibracional é o processamento de um padrão vibracional em um dado momento da navegação do usuário. Este padrão é então validado e, se necessário, normalizado para não extrapolar capacidades do sistema, por fim, é executado e o usuário percebe a vibração no dispositivo. O grupo de desenvolvimento do navegador Mozilla Developer Network (2015) também apresentou sua proposta de API Vibracional, que é explicada em termos de vibrações únicas, padrões vibracionais, cancelamento de vibrações existentes e vibração contínua. Como exemplo, o grupo sugere o uso dos padrões vibracionais em alertas, aplicações multimídia e jogos. Até o momento, não foram identificados sites funcionais para verificação da implementação desta vibração.

3.5.9 Texto

A leitura de textos através do tato não parece ser uma abordagem que se desenvolverá pela tecnologia háptica, entretanto, a tradução de textos para o Braille é bastante discutida na literatura e casos como da Tactus Technology (2015a) e da BLITAB Technology Ltd (2017) dão vislumbres de possíveis caminhos de desenvolvimento. As ISO 9241-910 (2011) e ISO 9241-920 (2009), por exemplo, sugerem o uso de dispositivos hápticos tanto para a escrita em Braille quanto para a leitura, embora não sejam demonstrados casos práticos ou descritos procedimentos de implementação.

Trabalhos como o de Sjöström (2002) realizam estudos aprofundados de como promover IH para usuários não visuais. O autor sugere algumas orientações para o desenvolvimento de IH ao público não visual:

- Elaborar objetos virtuais específicos, evitando superfícies pequenas ou complexas e considerando representações distintas para enaltecer características;

- Facilitar a navegação e visão global, fornecendo pontos de navegação bem definidos e fáceis de encontrar;
- Prover informação contextual, considerar explicações sobre o ambiente e contexto em formatos multimídia;
- Utilizar todas as modalidades disponíveis, combinar diferentes canais sensoriais para alimentar a informação;
- Ajudar o usuário a compreender os métodos de interação com o ambiente, considerar regras simples e limitadas.

Conforme Sjöström (2002), as orientações objetivam facilitar a aquisição de informação por usuários não visuais, todavia, é necessária uma validação pontual de como estas orientações combinadas são percebidas pelos usuários e a realização de ajustes de acordo com as necessidades e possibilidades de IH.

Autores como Southern *et al.* (2012) promovem desenvolvimentos na busca de uma interface que permita a escrita não visual em dispositivos móveis. O aplicativo demonstrado na *Figura 31* foi proposto pelo grupo como uma forma de inserir ou escrever textos em Braille através do contato com a tela do dispositivo, observa-se que nesta abordagem o usuário não teria acesso visual a tela.

Figura 31 - Sistema de escrita Braille



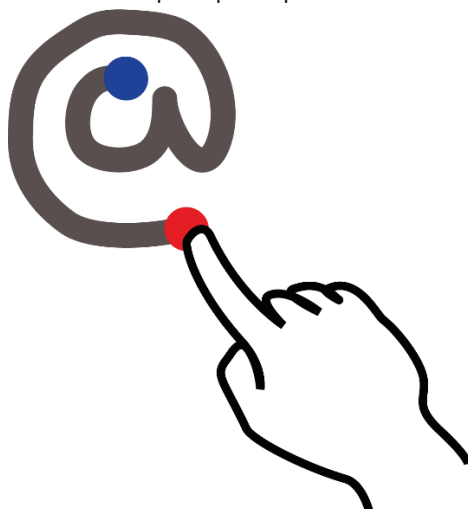
Fonte: Southern *et al.* (2012)

Ao testar o aplicativo junto a um grupo de usuários com deficiência visual foi constatado que, apesar da curva de aprendizagem necessária, esta forma de viabilizar a digitação em Braille através de dispositivos móveis pode beneficiar a produção de conteúdo e

abordagens de interação diferenciadas para usuários cegos, por meio de um recurso de baixo custo.

Embora não se tenha localizado documentos que tratem da informação textual sendo representada através de IH, o trabalho de Poppinga *et al.* (2012) sugere o uso de vibrações similares ao código Morse para indicar funções espaciais, que poderia ser aplicado também em texto. Minogue e Jones (2006), por sua vez, trazem a perspectiva de que pode ser possível aprender letras do alfabeto por meio de IH, aproveitando o movimento motor do usuário na produção do conhecimento cognitivo. A *Figura 32* ilustra uma possibilidade de uso da háptica para o aprendizado de letras e símbolos. No exemplo, o usuário poderia ter retorno do sistema indicando se está ou não seguindo a forma e ter desafios relacionados ao tempo de execução.

Figura 32 - Uso da háptica para aprender letras e símbolos



Fonte: Adaptado de GestureWorks (2015)

De acordo com Mangen e Velay (2010), o sistema sensório-motor possui papel relevante no aprendizado e a escrita, ao se aproveitar deste sistema em conjunto ao processamento visual, permite a aquisição de informação de uma forma mais completa. Os autores exemplificam este fato pelo grau de atenção necessário ao escrever manualmente que é usualmente maior frente ao de digitar em um teclado. O contato e o manuseio de objetos e ferramentas, segundo os autores, apresenta um importante papel no desenvolvimento cognitivo. Assim, as IH podem ser capazes de produzir um conjunto de informações importantes para a memorização de letras e padrões.

Apesar desta seção trazer algumas referências importantes para o planejamento de OAH, fica evidente que a literatura que vincula conteúdos digitais ao tato ainda não é profusa. Como bem aponta Walsh *et al.* (2017, p. 5 - tradução nossa), a interação háptica em dispositivos

móveis é relativamente nova e ainda demanda o desenvolvimento do conhecimento e aplicações.

3.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Este capítulo explorou os objetos de aprendizagem e as informações táteis como recursos de aprendizagem. As primeiras seções apresentaram conceitos a respeito de como os OA são compreendidos por variados grupos. Estabeleceu-se a linha de entendimento de que esses objetos são recursos digitais voltados à aprendizagem e que podem ser reutilizados por outros desenvolvedores em diferentes contextos. Na sequência, foram demonstradas categorias de OA contemplando aspectos convergentes de vários autores.

O capítulo também aborda a metodologia INTERA, de Braga *et al.* (2015), que foi utilizada como base de conhecimento em diversas fases da pesquisa. Observando a relação tátil na aprendizagem são demonstrados estudos que compreendem este canal de informação como incremento a outros canais comunicacionais e também como elemento principal da interação.

Na continuação, são expostas: as diretrizes para recursos interativos; um modelo de colaboração para habilitar a comunicação e interação entre os envolvidos; um sistema para imagens tangíveis, além de discussões quanto ao uso do tato diante das categorias imagem, vídeos e animações; simulações; software e jogos educacionais; cursos virtuais e texto. É, portanto, um capítulo que tece conhecimentos básicos em relação aos OA e explora de maneira ampla a relação tátil com a aprendizagem.

Com foco nas possibilidades tecnológicas de promoção do tato em dispositivos móveis, o capítulo seguinte trata dos mostradores visuais e hápticos e é importante ao entendimento de como esses hardwares alteram as formas de interação do usuário. Desta forma, explora aspectos técnicos dos mostradores hápticos, tecnologias de telas sensíveis ao toque e modelos de aplicação, auxiliando na construção do conhecimento sobre a temática.

4 | MOSTRADORES VISUAIS E HÁPTICOS

O estudo da háptica teve seu início compreendido nas questões psicológicas. Atualmente, é possível encontrar o termo em inglês *haptic* e *haptics* em contextos variados, como história da arte, moda e estética, arquitetura, embora seja mais frequentemente vinculado a ciências, psicologia e engenharias, Paterson (2007). No sentido da percepção do toque, a háptica permeia as tarefas do dia a dia, como digitar, segurar utensílios e atividades sociais, como um aperto de mãos. De acordo com Hatzfeld e Kern (2014), é a percepção sensorial tátil que permite compreender os limites físicos do corpo e a sua distribuição no espaço.

Na literatura, como em Sjöström (2002) e Siciliano e Khatib (2008), é comum encontrar a seguinte explicação: a palavra háptica tem suas raízes na língua grega, na qual o termo *ἅπτικός* (*haptikos*) significa algo que pertence ao sentido do toque e o verbo *ἅπτεσθαι* (*haptesthai*) se relaciona com o sentido do contato, tocar. Assim, háptica pode ser entendida como algo que pode ser percebido pelo contato e toque. A norma ISO 9241-920 (2009) apresenta a háptica como a atividade sensorial ou motora da pele, músculos, juntas e tendões. Nesta direção, Schneider *et al.* (2017, p. 5 - tradução nossa) compreende que “a háptica se refere a uma ou mais sensações de toque percebidas; isto inclui o retorno tátil e proprioceptivos, o toque humano ativo e a experiência passiva da tecnologia de atuadores”. Corroborando tal ideia, Myrgiotti *et al.* (2013) esclarecem que os sinais hápticos são gerados quando diferentes tipos de estímulos são aplicados aos receptores da pele. Os receptores, por sua vez, transmitem os sinais táteis para as fibras nervosas que são responsáveis por conduzir o impulso ao cérebro e formar a percepção de um objeto.

O'Malley e Gupta (2008) oferecem uma leitura do tema sob o viés cognitivo e compreendem a háptica e sua percepção como um processo de aquisição, interpretação, seleção e de organização da informação sensorial tátil. Para Dias (2009, p. 65):

A percepção tátil se refere à informação adquirida, exclusivamente, por meio do sentido cutâneo, quando o receptor adota uma postura estática e a mantém, durante o tempo que dura o processamento da estimulação. A percepção cinestésica se refere à informação proporcionada pelos músculos e tendões. Já a percepção háptica, quando ambos componentes, o tátil e cinestésico se combinam, para proporcionar ao receptor informações válidas com relação aos objetos.

No entanto, como apontam Hatzfeld e Kern (2014, p. 5, tradução nossa) “na verdade, a consciência sobre a compreensão do sentido háptico mudou muitas vezes na história da humanidade”. Neste sentido, o glossário disponibilizado em Paterson (2007) observa diferentes terminologias relacionadas ao senso do toque que podem ser mencionadas ao tratar da háptica:

- **Propriocepção**, percepção da posição, estado e movimento do corpo e membros no espaço. Inclui as sensações cinestésica, cutânea e vestibular
 - **Cinestesia**, a sensação de movimento do corpo e membros. Relacionada às sensações originadas em músculos, juntas e tendões.
 - **Cutâneo**, pertencente à pele ou à pele como órgão sensorial. Inclui as sensações de pressão, temperatura e dor.
 - **Vestibular**, pertence às percepções do balanço, posição da cabeça, aceleração e desaceleração. Com informação obtida através dos canais semicirculares do ouvido interno.
- **Tátil**, pertence ao senso cutâneo, mas mais especificadamente às sensações de pressão (por mecanorreceptores), temperatura (termo receptores) ou dor (nociceptores)
- **Retorno de força**, relacionado à produção mecânica de força ou informação percebida pelo sentido cinestésico humano. Dispositivos que provêm retorno cutâneo ou cinestésico usualmente relacionados a mostradores visuais.

A háptica é, então, um processo complexo e, como indica Moussette (2012), alguns dos seus mecanismos de interação ainda não são totalmente compreendidos pela ciência. Nos limites do estudo desta tese, a háptica pode ser simplificada entendida como dispositivos para a interação humano-computador; controlados por lógicas de programação, entradas gestuais e pressão; que inferem ao usuário o sentido do toque através de diferentes hardwares. De modo geral, é possível dizer que o uso da háptica se dá em atividades de: **aprendizado**, incluindo o treinamento; **simulação**, tal como a prototipagem virtual ou navegação de grandes embarcações e **interação**, com interfaces e hardwares mediados. De modo similar, Pantelios *et al.* (2004) apontam que a háptica é utilizada para as seguintes modalidades de conhecimento na educação:

- Ciência Médica, através de simuladores que recriam procedimentos médicos reais;
- Geociência, na exploração de ambientes e superfícies em tarefas complexas;
- Simulação Mecânica, simulando partes ou sistemas mecânicos;
- Modelagem 3D, constituindo uma experiência diferenciada de modelagem com retorno de força;
- Jogos e entretenimento, com controladores e sistemas que reproduzem a percepção de força.

Com uma definição mais ampla, Minogue e Jones (2006) discorrem que a háptica pode ser identificada na educação em dois campos de estudo: um que tenta compreender a percepção tátil do ponto de vista da psicologia cognitiva e do desenvolvimento de aspectos fundamentais dos processos hápticos e outro, mais tecnológico, que busca entender a eficácia do referencial tátil nas práticas instrucionais. Este último é desenvolvido por educadores e desenvolvedores de tecnologia que investigam os aspectos práticos de tecnologias emergentes para educação.

No entanto, apesar dos avanços na tecnologia de dispositivos móveis com recursos que facilitam a interação entre usuários - tanto visual quanto auditiva, o uso do tato ainda é bastante restrito. Schneider *et al.* (2017), em pesquisa recente, informam que, embora o volume de literatura que trata da háptica tenha aumentado ao longo dos últimos cinco anos, o conteúdo efetivo ainda parece não ser suficiente e o conhecimento provido é restrito. Este mesmo dado já havia sido relatado por Kim *et al.* (2016), que afirmam que os dispositivos com múltiplos toques se tornaram populares desde o lançamento dos smartphones, em 2005. Neste meio, a tecnologia de toque foi adotada como a principal forma de interação, entretanto, os autores apontam que o retorno háptico como interface e interação permanece nos estágios iniciais de pesquisa. Anteriormente, Park *et al.* (2015) também levantaram questionamento similar ao declarar que, apesar da qualidade crescente na resolução visual das telas de toque, um dos motivos para os usuários ainda não estarem satisfeitos com seus smartphones é que a sensação tátil não foi bem desenvolvida.

Assim, observa-se que, embora a recorrente necessidade de se desenvolver a háptica em dispositivos móveis, permanece uma lacuna de conhecimento a ser preenchida. Uma possível explanação é sugerida por Schneider *et al.* (2017), que propõem que, mesmo com os desafios tecnológicos para desenvolvimento de dispositivos com retorno háptico, pouco é relatado na literatura sobre estas dificuldades. Para os autores, isto poderia ser decorrente de restrições devido a questões relacionadas ao direito de propriedade intelectual, visto que muitas tecnologias se encontram em estágio de pesquisa e desenvolvimento.

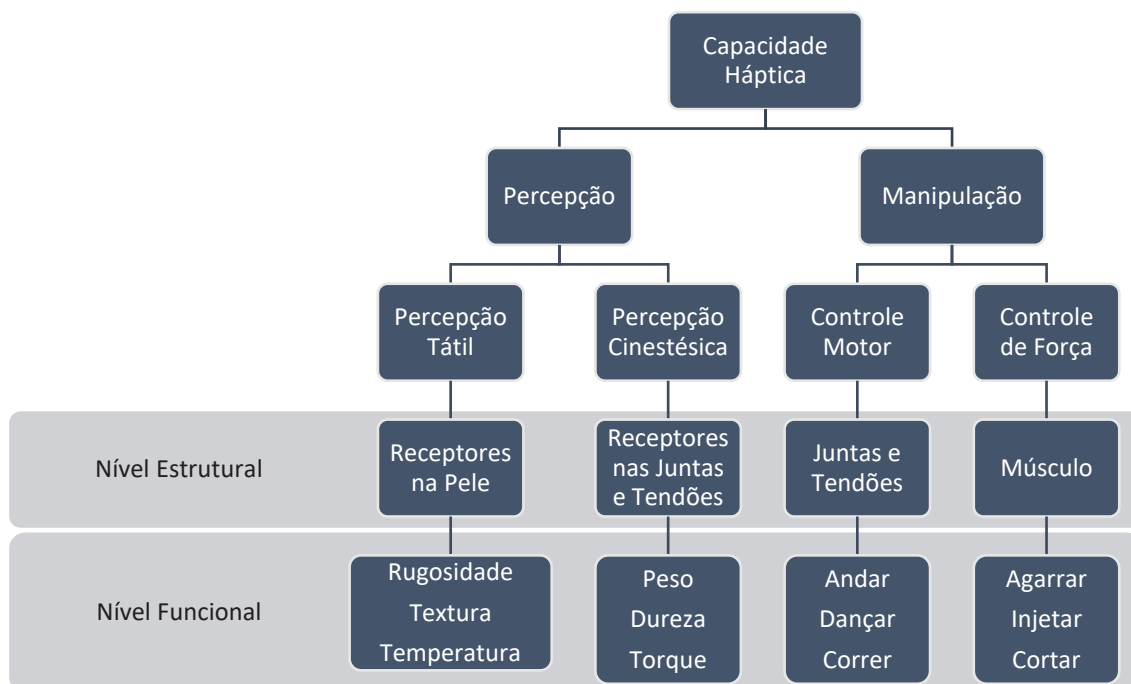
Evidencia-se pela literatura o campo de experimentações que a háptica permite, tendo em vista que investigações e novas abordagens de uso são limitadas apenas pela criatividade dos estudiosos. De acordo com Moustakas e Lalos (2017), a pesquisa em háptica pode ser dividida em três categorias principais: háptica de equipamentos, referente ao desenvolvimento de dispositivos e interfaces; háptica humana, relacionada às habilidades perceptuais e de toque e háptica computacional, que compete aos estudos de como produzir e processar estímulos hápticos ao usuário.

Neste trabalho, compreende-se que para viabilizar o planejamento de OAH é necessário ter conhecimento básico a respeito do contexto tecnológico no qual se insere a tecnologia háptica. Assim, neste capítulo, este contexto é explorado através de dados que tratam de tecnologias de mostradores hápticos e interações táteis voltadas a dispositivos móveis, bem como de fundamentos básicos da háptica discutidos por meio de atributos e aplicações. Desta forma, são expressos os avanços em pesquisa e pontos convergentes que podem corroborar para o desenvolvimento da percepção háptica.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA PERCEPTIVO HÁPTICO

Qualquer movimento controlado do corpo solicita a percepção da própria relação do homem com o espaço que o cerca e também com seu próprio corpo. Parte deste entendimento é relacionada à capacidade háptica de adquirir informação através dos diferentes receptores sensoriais. A háptica permite compreender o meio e os limites do próprio corpo. Neste contexto, o estudo de Wang *et al.* (2014a) esclarece diferentes atributos que concernem à capacidade de percepção e manipulação háptica, Figura 33.

Figura 33 - Classificação da capacidade de percepção e manipulação háptica



Fonte: Wang *et al.* (2014a, p. 2, tradução nossa)

O autor classifica a capacidade háptica em dois grupos, um observando os elementos da percepção humana e outro relacionado à manipulação destes dispositivos. No nível estrutural são apresentadas as partes do corpo humano que auxiliam nas tarefas, enquanto no

funcional os autores discorrem sobre aspectos resultantes, tais como a percepção de características físicas do material e de ações frente aos objetos manipulados. Dias (2009), por sua vez, aborda em sua tese atributos estruturais, materiais e situacionais, relacionando estes aos cinco sentidos principais do homem, conforme Figura 34.

Figura 34 - Modalidades sensoriais e a percepção de atributos dos produtos

	Atributos estruturais				Atributos dos materiais										Situação					
	forma	dimensão	espessura	volume	peso	dureza	rigidez	temperatura	rugosidade	textura	cor	brilho	transparência	cheiro	sabor	vibração	som	posição	distância	movimento
VISÃO	●	●	●	●						●	●	●	●					●	●	●
TATO	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●						●		●	●	●
AUDIÇÃO								●	●							●	●	●	●	●
OLFATO	●			●				●		●				●						
PALADAR	●	●	●	●	●			●		●					●					

● Grande importância para a detecção do atributo

● Média importância para a detecção do atributo

□ Não interfere na detecção do atributo

Fonte: Dias (2009, p. 91)

Com base no trabalho de Dias (2009) observa-se que o tato é relevante tanto no que se refere a atributos estruturais (como forma, dimensão e espessura) quanto no âmbito da percepção de atributos materiais (peso, dureza, rigidez, temperatura, rugosidade e textura). No entanto, para a autora o tato não interfere na percepção de elementos tipicamente visuais, como cor, brilho e transparência. Na mesma direção, Myrghiotti *et al.* (2013, p. 4 - tradução nossa) apontam que a detecção e a extração dos parâmetros físicos de um objeto tocado, como sua forma, tamanho, bordas, textura, curvatura e temperatura estão entre os principais objetivos das interações táteis:

O sistema háptico humano consiste nos componentes mecânicos, sensoriais, motores e cognitivos do sistema mão-cérebro. Para desenvolver interfaces hápticas concebidas para interações ótimas com o utilizador humano, é necessário compreender os papéis desempenhados pelos subsistemas mecânicos, sensoriais, motores e cognitivos do sistema háptico humano. O sistema sensorial inclui um grande número de classes variadas de receptores, terminações nervosas na pele, articulações, tendões e músculos, bem como áreas no cérebro que integram a percepção.

Durante a exploração tátil, como já mencionado anteriormente, diversos receptores são acionados. Segundo Kim *et al.* (2014), os mecanorreceptores responsáveis pela sensibilidade háptica são: **corpúsculo de Pacini**, que atua como detector de pressão e vibrações na faixa de

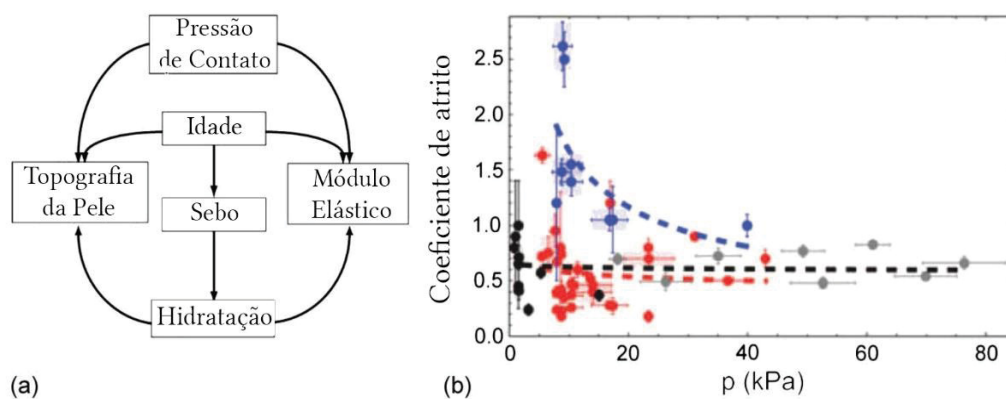
200Hz; **corpúsculo de Meissner**, para percepção de vibrações e pressões suaves na faixa de 2Hz a 40Hz; **células de Merkel**, identificação de movimentações e pressões contínuas; **corpúsculo de Ruffini**, na percepção de distensões na pele na faixa de 100Hz a 500Hz e calor. Sendo que as células de Merkel e o corpúsculo de Meissner possuem a melhor resolução espacial, fornecendo a localização precisa do estímulo tátil. A percepção háptica ocorre quando a informação destes receptores é coletada e decodificada pelo cérebro.

De acordo com Doxon *et al.* (2013), texturas ou micro elevações são um dos menores elementos que podem ser percebidos pelo tato, e são processadas através da detecção de vibrações e também do estiramento da pele. Um dos critérios determinantes para identificação da rugosidade é a densidade da textura. Nesta direção, Klatzky *et al.* (2013) apontam que uma das características que recebeu maior atenção nas pesquisas da percepção tátil foi a rugosidade ou a sua ausência (suavidade). Klatzky *et al.* (2013, p. 2082 - tradução nossa) afirmam que “a rugosidade pode ser descrita como uma resposta subjetiva que varia de intensidade de acordo com o padrão das propriedades geométricas em uma superfície”. Assim, texturas compostas de elementos aleatórios são subjetivamente percebidas como mais rugosas à medida que a distância entre elementos aumenta.

Entretanto, a percepção não é um processo inteiramente passivo, os movimentos da mão, por exemplo, durante a exploração incrementam e direcionam o recebimento de dados sensorial. De acordo com Klatzky *et al.* (2013, p. 2081 - tradução nossa): “a variedade de canais sensoriais e a grande diversidade de padrões exploratórios criam, em última instância, o potencial de uma vasta paleta de experiências perceptivas”. Os autores salientam que características exploratórias, como velocidade e força podem impactar a percepção da textura. Corroborando, Doxon *et al.* (2013) afirmam que durante a exploração dos elementos táteis a velocidade dos dedos do usuário é normalmente menor e aumentar a velocidade de exploração pode reduzir a percepção tátil.

Outro dado que pode ser levado em consideração nos sistemas hápticos são as características da pele influenciadas pela idade, hidratação e oleosidade, conforme a Figura 35.

Figura 35 - A interação de fatores que influenciam a fricção da pele



Fonte: Extraído de Klatzky *et al.* (2013, p. 2083 - tradução nossa)

Segundo Klatzky *et al.* (2013), a pressão de contato, hidratação e sebo (oleosidade/cera que é secretada pelas glândulas da pele), bem como modificações relacionadas à idade do usuário podem influenciar a percepção háptica de atrito. No experimento realizado (b) a pele úmida, representada pelos marcadores azuis, solicitou uma pressão de contato p (kPa) maior para identificar o mesmo coeficiente de atrito que a pele seca (marcadores vermelhos). Klatzky *et al.* (2013, p. 2083 - tradução nossa) concluem que:

A pele seca pode ser considerada uma superfície de aspereza múltipla estendida, onde a área real de contato e, portanto, a força de atrito, podem ser consideravelmente menores do que a área aparente de contato. Para a pele úmida (hidratada), a superfície superior da pele (o estrato córneo) exibe amolecimento extensivo (plastificação), resultando em um comportamento como um corpo liso.

Os autores também discorrem que uma pele lubrificada promove uma separação por uma fina camada líquida entre o ponto de contato e a pele, o que pode alterar a aderência na exploração tátil de uma tela. A lubrificação, tal qual a umidade, também alteram a condutividade elétrica da pele e devem ser observadas especialmente em sistemas hápticos eletrostáticos e na interação com superfícies capacitivas.

A pele também é capaz de perceber propriedades térmicas através dos seus receptores. A temperatura subjetiva de uma superfície de contato pode ser estimada por meio da condução do material. Entretanto, segundo Klatzky *et al.* (2013), poucos estudos apresentam experimentos com o uso de propriedades térmicas aplicadas a interações hápticas.

Quanto à resolução dos receptores táteis, Klatzky *et al.* (2013) afirmam que, enquanto a acuidade visual é de 0,15 mm a uma distância de 0,5 m, a sensibilidade tátil ao desvio superficial é notável. As pontas dos dedos podem distinguir elementos salientes de até um micrómetro. Entretanto, os dispositivos de retorno háptico atuais estão distantes de apresentar uma resolução tátil tão detalhada que seja aplicável a dispositivos móveis.

Neste mesmo contexto, Myrghiotti *et al.* (2013) discorrem que, no desenvolvimento de objetos hápticos, também deve ser considerada a capacidade cutânea de perceber sinais espaciais e temporais. O limiar espacial indica a distância mínima que o corpo consegue distinguir dois objetos como entidades únicas, e o limiar temporal indica o menor intervalo de tempo para que dois sinais sejam percebidos como entidades específicas. Como aponta Manuel *et al.* (2015, p. 2610 - tradução nossa): “o cérebro prefere interpretações que são causalmente mais simples. Nestas situações, ser causalmente mais simples significa que menos parâmetros causais devem coincidir porque tais coincidências são, por definição, improváveis no mundo real”. Assim, informações interpoladas ou muito próximas devem ser evitadas.

4.1.1 Referências táteis para o planejamento de interações

O uso de referências táteis pode ser um importante aliado para a compreensão das interações que podem ser almejadas durante o planejamento de sistemas hápticos. Nesta direção, Moussette (2012) desenvolveu em sua tese um exercício de identificação de verbos e palavras-chave para atuar como ponto de partida ao design de interações háptica. Durante um workshop voltado ao desenvolvimento de hardwares hápticos, o autor estimulou o grupo de participantes a consolidar um conjunto de palavras que poderiam ser utilizadas durante a exploração e projeto de dispositivos hápticos. Os resultados desta prática, em conjunto ao estudo realizado pelo autor, deram origem aos termos apresentados no Quadro 11.

Quadro 11 - Verbos de ação e palavras-chave para iniciar a exploração háptica
ACELERAR, ACERTAR, AGARRAR, AGITAR, AMPLIAR, ÁSPERO, AUMENTAR, BATER, CANCELAR, CAPTURAR, CICLAR, CIRCULAR, COLIDIR, CONDUZIR, CONFIRMAR, CONVIDAR, CRESCER, DECREMENTAR, DESAPARECER, DESLIZAR, ENCERRAR, ENCOLHER, ENDURECER, ENTRAR, ESTABILIZAR, ESTIMULAR, EXPLODIR, FIXAR, FORÇAR, GUIAR, IMPELIR, IMPLODIR, INCREMENTAR, LIDERAR, MOVIMENTAR DE FORMA SÚBITA, MOLA, PARAFUSAR, PARAR, PEGAR, PÊNDULO, PERMUTAR, PLANAR, PULSAR, QUEBRAR, RAMPAS, REAGIR, REDIMENSIONAR, REPETIR, REPOUSAR, RESSALTAR, RESTRINGIR, RICOCHETAR, ROTACIONAR, SAIR, SALTAR, SEGUIR, SOLIDIFICAR, SOLTAR, SEGURAR, SUAVE, SUAVIZAR, SULCAR, TORCER, TRANSFORMAR, TREMER, VIRAR.

Fonte: Moussette (2012, p. 236, tradução nossa)

Para Moussette (2012), os verbos de ação descrevem características que podem auxiliar na formação do conceito base necessário ao planejamento e design de produtos hápticos. De maneira semelhante, a norma ISO 9241-920 (2009) oferece uma relação de propriedades que podem ser utilizadas como descritores hápticos; termos que contribuem na definição de assuntos e recuperação da informação de forma padronizada e para codificação da informação, estes são sintetizados na Figura 36.

Figura 36 - Dimensões dos Objetos para Codificação de Informação

Propriedades temporais	Propriedades superficiais	Propriedades materiais	Propriedades geométricas
<ul style="list-style-type: none"> • padrão tempo; • amplitude do tempo de vibração; • frequência de vibração. 	<ul style="list-style-type: none"> • textura; • rugosidade; • atrito; • temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> • dureza; • viscosidade; • elasticidade; • massa/peso; • inércia; • condutividade térmica. 	<ul style="list-style-type: none"> • tamanho; • forma; • localização no ambiente; • orientação dentro do ambiente; • padrão espacial; • amplitude grade espacial; • frequência grade espacial.

Fonte: Adaptado de ISO 9241-920 (2009, p. 8, tradução nossa)

Nesta direção, o trabalho de Lerma *et al.* (2013) também contribui ao apresentar os descritores do método Sensotact®, um referencial tátil desenvolvido pela indústria automotora Renault, Figura 37

Figura 37 - Descritores do Sensotact®

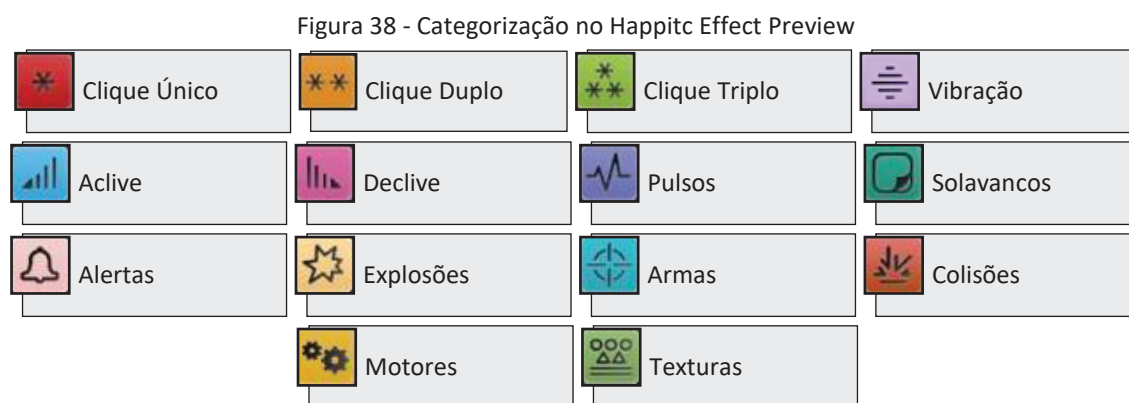
REFERENCIAL FÍSICO	CARACTERÍSTICAS	ADJETIVOS
	<ul style="list-style-type: none"> • Percepção térmica • Condutividade térmica • Dureza • Força • Módulos elásticos • Memória de forma • Tridimensionalidade • Rugosidade • Conteúdo da fibra • Fator de amortecimento • Adesão 	<ul style="list-style-type: none"> • Resiliência • Flexível • Adaptável • Rígido • Macio • Mola • Duro • Suave • Áspero • Sondagem • Incisa • Texturizado • Frenagem • Deslizando • Pegajoso • Fibroso • Quente • Caloroso • Frio

Fonte: Adaptado de Lerma *et al.* (2013, p. 70, tradução nossa) e Sercovam (2014)

É importante ressaltar que, assim como a norma menciona, os adjetivos e as características do método Sensotact® são voltados à codificação e recuperação da informação.

Lerma *et al.* (2013) explicam que no desenvolvimento os descritores devem ser quantificados de modo a levantarem requisitos funcionais adequados ao objetivo da interação háptica. Este tipo de produto pode ser útil em etapas do planejamento em que é necessária a compreensão de atributos físicos sem depender do acesso a renderizações hápticas.

Do ponto de vista prático, um dos recursos digitais mais acessíveis para compreensão dos referenciais táteis aplicáveis aos dispositivos móveis (considerando apenas os sistemas vibracionais) é o aplicativo Haptic Effect Preview, disponibilizado pela empresa Immersion Corporation (2015a) para o sistema Android. O aplicativo demonstra 124 efeitos relacionados à tecnologia TouchSense®, divididos em 14 categorias, conforme a Figura 38.



Fonte: Adaptado de Immersion Corporation (2015a)

Os efeitos desenvolvidos pela Immersion Corporation (2015a) são divulgados em folhas técnicas de fornecedores de componentes eletrônicos, como a Texas Instrument (2013), demonstrando uma boa adesão do mercado à proposta de categorização e programação desenvolvida pela empresa. A lista completa pode ser observada no site da Texas Instrument (2013) e apresenta tipo de efeito, duração, potência, como também sugere referências para a aplicação em alertas, botões e retorno gestuais.

Na página da seção de desenvolvimento, a Immersion Corporation (2015b) aborda algumas orientações para o uso da háptica: **simples é geralmente mais efetivo**, nem sempre a complexidade é necessária para uma experiência de uso rica; **combinar as sensações com a narrativa**, a sincronização dos elementos pode produzir efeitos mais relevantes; **não atrapalhar o usuário**, estímulos contínuos podem prejudicar o uso; **não confundir o usuário**, deve-se pensar em finalidade e uso sem sobrepor ou exagerar nos estímulos.

Ainda segundo as orientações disponibilizadas pela Immersion Corporation (2015b), deve-se levar em consideração que este é um processo voltado à experiência do usuário, e planejar pontos como: qual é a intenção da interface? Como o usuário deve se sentir no uso? O toque é um elemento central da representação, atua como suporte ou enaltece conteúdo? Qual

é o papel do usuário - passivo, ativo ou ambos? O objeto será explorado pelo usuário ou explicado pelo sistema? Com quais dispositivos o usuário irá acessar a interface?

Para responder parte desses questionamentos é necessário compreender quais são as tecnologias envolvidas tanto para a entrada de toque nos dispositivos móveis quanto para o retorno háptico ao usuário. Assim, as próximas seções deste capítulo discorrem sobre estes aspectos.

4.2 MOSTRADORES HÁPTICOS EM DISPOSITIVOS MÓVEIS

Apesar de sistemas de toque bidirecionais em dispositivos móveis já serem relatados na literatura há mais de uma década, a produção desses itens em escala industrial ocorreu apenas recentemente. O primeiro dispositivo móvel voltado ao consumo em massa a reproduzir a entrada háptica foi o smartphone BlackBerry Storm, que identificava a intensidade do toque através de pressão. Lançado no fim de 2008, o modelo conta com a tecnologia SurePress[®] que, através de entrada de dois níveis de pressão, buscou aprimorar a interação humano-computador, BlackBerry (2008). O produto, que deveria competir diretamente com o primeiro iPhone, foi lançado com falhas em seu software e hardware, transformando-se num grande fracasso para a companhia. O aparelho não era eficiente em identificar o toque e apresentava erros no sistema operacional. Um excerto do livro *“Losing the Signal: The Untold Story Behind the Extraordinary Rise and Spectacular Fall of BlackBerry”* - em tradução livre para *“Perdendo o Sinal: A história não contada atrás do extraordinário crescimento e a espetacular queda da BlackBerry”* - conta parte dos acontecimentos que fizeram a empresa deixar de ser a líder no mercado de telefonia móvel e pode ser lido em Mcnish e Silcoff (2015). O caso da BlackBerry (2008) reforça a necessidade de planejar criteriosamente as IHC, especialmente as interações hápticas, para alcançar os objetivos almejados diante do usuário.

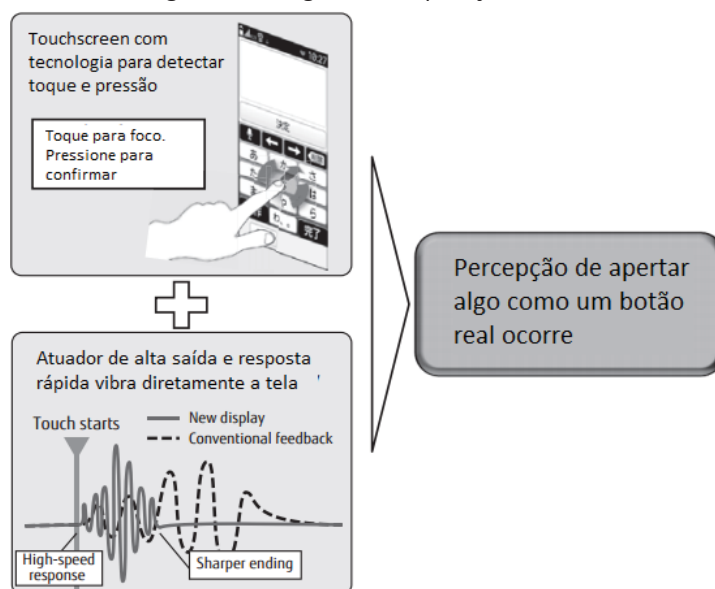
O segundo modelo do BlackBerry Storm, lançado em 2009, contava com uma quantidade maior de sensores de pressão e um sistema operacional mais estável que foi melhor recebido pelo público. A interação do usuário com o sistema háptico neste dispositivo, conforme BlackBerry (2015, s/p), é exercida com dois níveis de pressão:

- 1 - Um toque suave permite ao usuário do smartphone BlackBerry navegar no espaço de trabalho, rolar entre itens e alterar o foco entre um item e outro.
- 2 - Um toque firme irá iniciar uma ação. Este método de entrada é acompanhado por um clique tátil distinto.

Alguns anos depois, a Fujitsu deu continuidade à linha de *smartphones* Raku-Raku para o público sênior e lançou o Raku-Raku Smartphone, em 2012. O dispositivo utiliza o toque

em dois níveis, o primeiro para seleccionar o aplicativo ou função e o segundo com retorno de clique para iniciar a ação. No documento produzido por Furuki e Kikuchi (2013), é demonstrada a operação da tela do aparelho, sinteticamente apresentada como toque para focar e pressione para confirmar, o que é exposto na Figura 39.

Figura 39 - Diagrama de operação da tela



Fonte: Adaptado de Furuki e Kikuchi (2013, p. 198, tradução nossa)

No produto, um atuador de resposta rápida produz a vibração que é percebida como um clique. Posteriormente, em 2015, dois produtos foram destaque ao atribuir a háptica como parte da IHC. Produzido pela Huawei (2015), o smartphone Mate S, com o sistema Pressure Sensitive Touch Technology®, foi lançado e pouco depois a Apple Inc (2015), que já utilizava interações similares em seus produtos Apple Watch e Macbook, demonstrou a entrada háptica sensível à pressão no Iphone 6s, com o nome comercial 3DTouch®.

Estes dispositivos trabalham com uma maior flexibilidade relativa à pressão exercida pelo usuário, quando comparados ao produto de 2008. O smartphone Mate S, da Huawei (2015), por exemplo, utiliza o sensor de pressão contínuo capaz de aferir resultados na faixa entre 100 e 400 gramas, enquanto o Iphone 6s, da Apple Inc (2015), apresenta funções com três níveis de pressão, como a “espiar”, em que o usuário pode tocar para seleccionar, pressionar levemente para espiar conteúdo, e pressionar para abrir o elemento. Aplicativos de desenho, em que os pincéis variam de tamanho conforme a pressão exercida, são contemplados nos dois aparelhos e demonstram mais uma função dos sensores de pressão contínuos. Embora demonstrem possíveis desenvolvimentos de entrada, os dispositivos ainda possuem resolução de saída háptica dependente principalmente do componente vibracional.

Ao discorrer sobre os motores vibracionais, Moustakas e Lalos (2017, p. 6194 - tradução nossa) apontam que “os mostradores hápticos não evoluíram como os mostradores visuais, e neste sentido a resolução espacial que eles podem prover ao usuário é extremamente baixa se comparada ao potencial do sentido humano”. Corroborando, Seifi e MacLean (2017) indicam que os produtos disponíveis hoje no mercado ainda utilizam prioritariamente o retorno vibracional de forma pouco expressiva e, por vezes, ele incomoda o consumidor. Para os autores, uma das causas possíveis é a escassez de hardwares que permitam uma expressão háptica mais complexa e também a dificuldade em projetar as interações. Assim, o hardware atualmente aplicado à maioria dos dispositivos limita a quantidade de informação que pode ser percebida pelo usuário.

Reforça-se, entretanto, que há um crescente interesse na pesquisa da háptica motivado pela possibilidade de reduzir a sobrecarga de informações vinculados aos canais visual e auditivo em tarefas críticas, como navegação e consciência situacional de indivíduos ou equipamentos, como carros e aviões; segundo Klatzky *et al.* (2013). Tais tecnologias, de acordo com os autores, eventualmente também serão aplicadas aos dispositivos móveis. Neste contexto, empresas têm realizado estudos desenvolvendo dispositivos e hardwares capazes de promover novas formas de referencial háptico. Dois destaques pelo modelo de suas abordagens são a Redux (2015), com tecnologia ultrassônica, e a Tactus Technology (2015a), contemplando um display com elastômero flexível.

Nas próximas seções serão demonstradas de maneira sintética as tecnologias das telas sensíveis ao toque importantes para compreensão de como é possível interagir com diferentes modelos de painéis. Na sequência é apresentado um extrato dos principais desenvolvimentos em mostradores hápticos aplicáveis a dispositivos móveis.

4.3 TELAS SENSÍVEIS AO TOQUE

A telas sensíveis ao toque são tecnologia predominante nos dispositivos móveis. Como apontam Park *et al.* (2014), ao eliminar a necessidade de um teclado físico - muitas vezes de dimensões reduzidas e uso dificultoso - por teclados virtuais é possível aproveitar melhor o espaço de visualização disponível no aparelho, Figura 40, e aprimorar a interação do usuário através de comandos gestuais mais naturais ao usuário.

Figura 40 - Iphone 4 e BlackBerry Q10



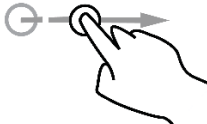

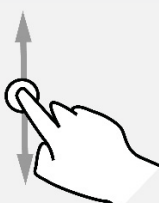

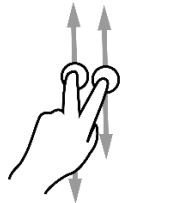

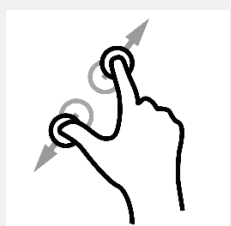



Fonte: Adaptado de Dambrãns (2013)

Na imagem são exibidos os celulares Iphone 4 e o BlackBerry Q10, que possuem dimensões aproximadas. Apesar do primeiro permanecer utilizando um botão físico de acesso às funções na parte frontal, é notório o seu melhor aproveitamento de área para a tela do dispositivo. Outros modelos de dispositivos móveis recentes tentam eliminar completamente botões físicos da área frontal do aparelho, o que permite um aproveitamento máximo em exibição e torna a interação tátil primordial para a operação do dispositivo.

Gestos como pinçar, tocar a tela e rotacionar os dedos no dispositivo englobam ações que resultam em operações lógicas e que podem ser incorporadas ao contexto dos OAH. As interações gestuais são contempladas em sistemas operacionais diversos, como Windows®, Android® e IOS®. O Quadro 12 apresenta de forma sintética alguns dos gestos possíveis de serem interpretados nestes sistemas.

Quadro 12 - Gestos e ações semelhantes entre sistemas operacionais

Gesto	Ação	Gesto	Ação
 Toque único	Ativa ou aciona um objeto em tela, como um ícone.	 Toque Duplo	Aproxima imagem ou conteúdo.
 Arrastar/Mover	Arrasto, ou rolagem de objetos em tela.	 Pressão Longa	Seleciona um objeto, como um item em uma lista ou texto.
 Pressão Longa e Arrastar	Seleciona um objeto e move em tela. Seleciona múltiplos objetos.	 Toque duplo e arrastar	Revela caixa de seleção no ponto inicial do movimento.
 Toque duplo longo e arrastar	Seleciona múltiplos objetos, arrasto, desloca tela.	 Rotacionar	Rotaciona o elemento alvo.
 Pinçar abrir/fechar	Redimensionamento ou efeito lupa em objeto. Abrir para aproximar, fechar para afastar.	 Toque duplo pressão longa	Seleciona um único objeto.

Fonte: Adaptado de Microsoft (2013), Apple Inc (2015), Google (2015) e imagens de GestureWorks (2015)

Os referenciais de toque possibilitam a compreensão geral de como se dá a entrada de dados do usuário no sistema, mas devem ser observados de modo específico ao sistema em

uso. Um relatório mais abrangente pode ser estudado no trabalho de Villamor *et al.* (2010) e diretamente junto aos manuais de desenvolvimento de cada sistema, os quais são disponibilizados pelos fabricantes. Cabe apontar que os modos gestuais aqui demonstrados não consideram relações hápticas, como níveis de pressão ou força na identificação das ações do usuário.

Outro ponto a ser observado nas telas sensíveis é como se dá a interpretação do toque. Algumas tecnologias permitem apenas um ponto de contato, outras utilizam canetas especiais para interação e as mais conhecidas, como a tela capacitiva, permitem múltiplos pontos de contato, mas não operam bem quando molhadas. Segundo Park *et al.* (2014, p. 429 - tradução nossa), “as quatro variedades de painéis de tela sensível ao toque mais amplamente utilizados para fins comerciais são as seguintes: telas de feixe infravermelho, onda acústica de superfície, sobreposição resistiva e sobreposição capacitiva”. Os autores relatam que o uso da tecnologia adequada pode ser um importante passo para o desenvolvimento de respostas apropriadas da interface através dos múltiplos canais de comunicação. Na sequência demonstra-se uma breve explicação destas tecnologias utilizando como referência o trabalho de Park *et al.* (2014).

4.3.1 Toque em feixe infravermelho

As telas sensíveis com base na tecnologia infravermelho atuam através de uma malha de luz infravermelha que, ao ser interrompida por um toque, indica ao sistema o posicionamento axial do contato do operador. Um exemplo deste tipo de superfície de contato pode ser visto no Kindle Touch, Figura 41, produto lançado em 2012 pela Amazon (2017).

Figura 41 - Kindle Touch



Fonte: Amazon (2017)

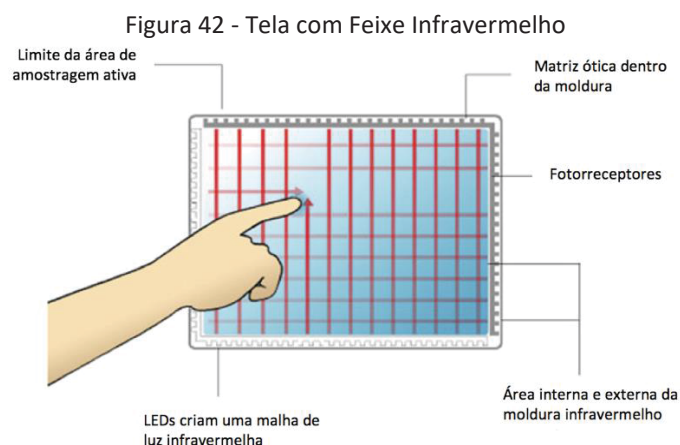
O dispositivo voltado à leitura de livros digitais aceita apenas um ponto de contato, e pode realizar ações como aumentar o texto ou imagem através da identificação do duplo toque na tela. A versão seguinte do produto, entretanto, já foi lançada com tela capacitiva, aceitando interações como movimento de pinça. Park *et al.* (2014) apresentam as principais vantagens e desvantagens da interação em telas com feixe infravermelho Quadro 13.

Quadro 13 - Características da tela de feixe infravermelho

Tipo de painel	Vantagem	Desvantagem
Telas de feixe infravermelho	<ul style="list-style-type: none"> • Transmissão de luz perfeita (100%); • Resposta extremamente sensível ao toque; • Possível utilizar diversos dispositivos de entrada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não é capaz de detectar múltiplos pontos de contato; • Baixa confiabilidade e resolução; • Resposta lenta ao toque; • Alto custo de produção.

Fonte: Extraído de Park *et al.* (2014, p. 430 - tradução nossa)

De acordo com Park *et al.* (2014, p. 432 - tradução nossa), “um painel de toque por feixe infravermelho pode não ser a melhor escolha para jogos em dispositivos móveis porque este painel fornece o menor senso de controle (e, portanto, diminui a navegabilidade dos personagens de jogo em tela)”. Pode-se ponderar que para OAH em que seja necessário ter precisão em comandos táteis este tipo de tela não seja a melhor alternativa. Outra característica dos painéis infravermelhos é a necessidade de bordas para posicionamento dos componentes emissores de infravermelho, Figura 42, o que reduz consideravelmente o uso desta tecnologia em produtos com bordas reduzidas ou sem bordas.



Fonte: Adaptado de SKY-Technology (2017 - tradução nossa)

A imagem demonstra que, ao realizar um toque, os fotorreceptores detectam o posicionamento do contato. Nas bordas das áreas ativas estão posicionados os diodos emissores de luz que transmitem o feixe infravermelho na área ativa da tela.

4.3.2 Toque em superfície de onda acústica

Para Park *et al.* (2014), uma tela com superfície de onda acústica oferece a maior navegabilidade e qualidade de visualização não admite mais do que um ponto de contato. Os pesquisadores listam as seguintes vantagens e desvantagens neste tipo de painel, Quadro 14.

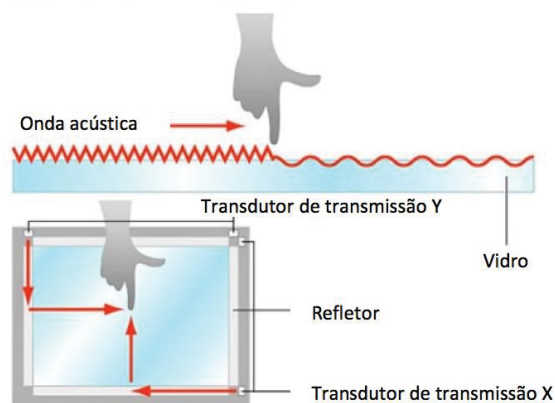
Quadro 14 - Características da tela com superfície de onda acústica

Tipo de painel	Vantagem	Desvantagem
Superfície de onda acústica	<ul style="list-style-type: none"> Alta resolução; Melhor clareza de imagem; Alta durabilidade. 	<ul style="list-style-type: none"> Tocável apenas com dedos humanos; Não é capaz de detectar múltiplos pontos de contato; Facilmente danificado por líquidos ou sujeira.

Fonte: Extraído de Park *et al.* (2014, p. 430 - tradução nossa)

Como salientam os autores, estes painéis possuem ótima clareza, uma vez que não dependem de camadas adicionais para a localização do contato em tela. O processo pode ser visualizado na Figura 43.

Figura 43 - Tela com superfície de onda acústica
Onda acústica de superfície (SAW)



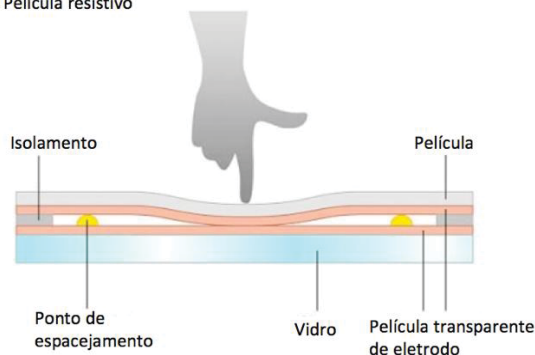
Fonte: Adaptado de SKY-Technology (2017 - tradução nossa)

Na imagem, transdutores são posicionados nas bordas do painel de vidro que vibra através de um sinal acústico constante. Ao realizar um toque, o usuário altera a vibração da tela, fazendo com que o sistema identifique o posicionamento x e y. Embora apresente uma ótima visualização da informação, este modelo é suscetível a falhas quando sujo ou molhado, já que depende da leitura precisa dos dados de vibração da tela.

4.3.3 Toque em sobreposição resistiva

Os painéis com toque resistivo foram muito comuns nos primeiros dispositivos móveis com telas de toque, no entanto, hoje são poucos modelos que utilizam esta tecnologia. Em um experimento realizado por Park *et al.* (2014), as telas com toque resistivo apresentaram a melhor usabilidade, mas não a melhor qualidade em imagem. Isto ocorre devido à forma como o produto é montado, conforme a Figura 44.

Figura 44 - Tela com sobreposição resistiva
Película resistiva



Fonte: Adaptado de SKY-Technology (2017 - tradução nossa)

A tela com sobreposição resistiva apresenta duas camadas de eletrodo transparente espaçadas que são posicionadas acima do vidro da tela de imagem. No topo desta montagem,

uma camada de filme flexível permite que a tela se deforme ao ser pressionada, realizando o fechamento de contato entre as camadas de eletrodo e, assim, dando o posicionamento do toque do usuário. Este tipo de tela apresenta algumas vantagens e desvantagens que são elencadas por Park *et al.* (2014) no Quadro 15.

Quadro 15 - Características da tela com sobreposição resistiva

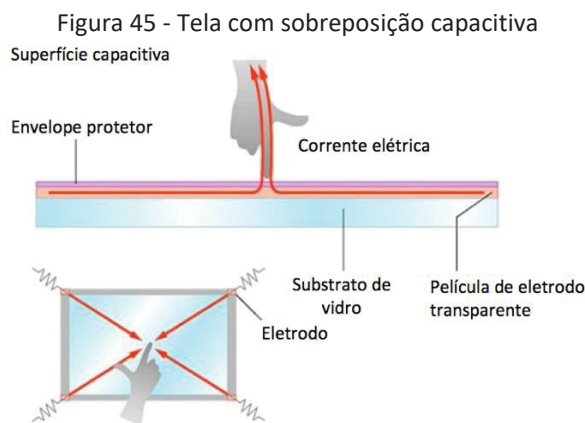
Tipo de painel	Vantagem	Desvantagem
Sobreposição resistiva	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo consumo de energia; • Baixo custo de produção; • Boa resolução; • Detecção sensível à pressão; • Possível usar qualquer caneta stylus; • Pode ser capaz de detectar múltiplos pontos de contato; • Não é facilmente danificado pela sujeira ou pela água. 	<ul style="list-style-type: none"> • A camada resistiva reduz a qualidade ótica da tela.

Fonte: Extraído de Park *et al.* (2014, p. 430 - tradução nossa)

Apesar de se apresentar como uma boa alternativa aos dispositivos móveis, principalmente ao serem considerados os custos de produção, a tela reduz a qualidade ótica da imagem. A resolução do toque também pode ser um problema: ao utilizar canetas para interagir com a tela os usuários testados por Park *et al.* (2014) tiveram bons resultados, mas na interação manual não foram tão bem sucedidos.

4.3.4 Toque em sobreposição capacitiva

A tecnologia de toque por sobreposição capacitiva identifica variações na carga da tela quando os dedos se aproximam da superfície capacitiva e vão em direção a dois eletrodos. Segundo Kim *et al.* (2016), a razão desta variação na carga é que os dedos humanos “roubam” as cargas dos eletrodos, Figura 45.



Fonte: Adaptado de SKY-Technology (2017)

Na imagem são demonstradas camadas protetivas do eletrodo em filme transparente e do substrato em vidro que produzem uma superfície capacitiva. Durante o toque, uma corrente elétrica é transferida à pele do usuário gerando uma variação de resistência percebida por eletrodos posicionados nas extremidades da tela. Para Park *et al.* (2014), estas telas apresentam as seguintes características, Quadro 16.

Quadro 16 - Características da tela com sobreposição capacitiva

Tipo de painel	Vantagem	Desvantagem
Sobreposição capacitiva	<ul style="list-style-type: none"> Alta durabilidade; Alta resolução e clareza; Rápida resposta ao toque; Longa expectativa de vida; Não é facilmente danificado pela sujeira ou umidade; Detecta com facilidade múltiplos pontos de contato. 	<ul style="list-style-type: none"> Somente tocável com a pele ou superfícies condutivas especificamente projetadas; A superfície de vidro pode ser quebrada facilmente.

Fonte: Extraído de Park *et al.* (2014, p. 430 - tradução nossa)

De acordo com Kim *et al.* (2016, p. 506 - tradução nossa), “a tecnologia de toque capacitivo foi utilizada inicialmente em elevadores e lâmpadas de mesa, logo se tornou a preferida para os dispositivos de tecnologia da informação”. Entretanto, os autores entendem que o uso desta tecnologia em conjunto com o retorno háptico promovido pela eletrostática pode ser um desafio, uma vez que a camada condutiva deve ser montada próxima ao usuário sem afetar, no entanto, os sensores capacitivos do toque.

Atualmente, também pode-se interagir com estas telas com o uso de canetas desenhadas especificadamente para a tecnologia capacitiva. Esses aparatos permitem uma ótima resolução ao contato e possibilitam estudos como o apresentado na próxima seção.

4.3.4.1 Caneta Háptica

O uso de hardwares externos ao painel de visualização é bastante comum na modalidade háptica. Trata-se de uma forma de interação indireta, uma vez que há um dispositivo entre o usuário e o meio digital. Apesar de alguns dispositivos externos possuírem mais de uma dimensão de operação e retorno de força, outras pesquisas apresentam uma abordagem mais próxima ao uso portátil empregando canetas de interação háptica nos dispositivos móveis. O trabalho de Tian *et al.* (2017) é um exemplo desta abordagem, já que os autores desenvolveram uma caneta háptica sem fio, Figura 46, que conta com retorno de força através de um anel flexível junto à pega dos dedos e retorno vibracional por meio de um motor interno.

Figura 46 - Caneta Háptica

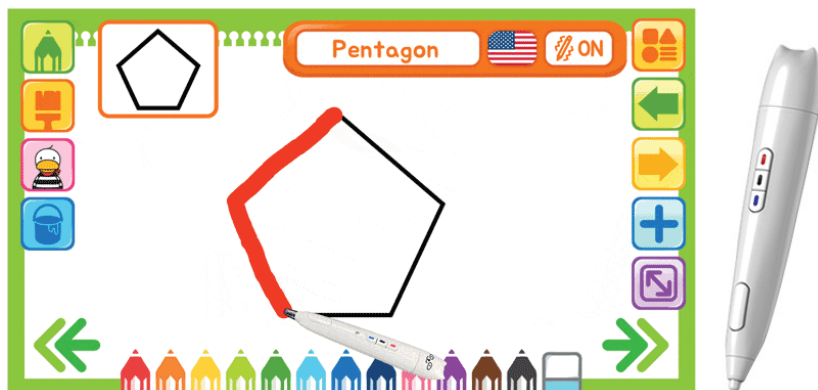


Fonte: Extraído de Tian *et al.* (2017, p. 14971)

Segundo os autores, um sinal é encaminhado ao dispositivo após o processamento de informação pelo software. Isso ocorre através do módulo sem fio que decodifica a informação em força e vibração. Este tipo de alternativa para a renderização háptica pode reduzir a latência tecnológica entre o desenvolvimento de mostradores visuais-hápticos em dispositivos móveis e a produção efetivamente comercial.

Recentemente, uma empresa Coreana, “JJ Tech” (2017), lançou um projeto de financiamento colaborativo para a comercialização de uma caneta háptica, Figura 47, com funcionalidade semelhante ao projeto anteriormente apresentado.

Figura 47 - Aplicativo de desenho e Caneta Háptica Grimi 4D



Fonte: Adaptado de "JJ Tech" (2017)

Em um dos exemplos divulgados no vídeo institucional da empresa um usuário contorna um pentágono com Grimi 4D. Enquanto o usuário segue a linha corretamente, um sinal háptico de baixa intensidade é demonstrado, ao sair da área de contorno um sinal com maior intensidade indica o erro fazendo com que o usuário tenha um estímulo para correção de trajeto. O produto estava com lançamento previsto para o mês de novembro de 2017, entretanto, em contato com a empresa um dos diretores afirmou que não conseguiriam bater a meta necessária para produção do produto e a expectativa é realizar o lançamento durante o ano de 2018.

4.4 TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO HÁPTICA

Diversos estudos sugerem que o uso do canal háptico combinado a outros canais sensoriais pode favorecer a interação do usuário com o sistema, tornando esta interação mais fluída. Como exemplo, em uma simulação desenvolvida por Pitts *et al.* (2012), o usuário foi submetido a um simulador de ambiente veicular e solicitado a interagir com um sistema com acionamento com toque, conforme a Figura 48.

Figura 48 - Simulação de cabine com tela de toque háptica

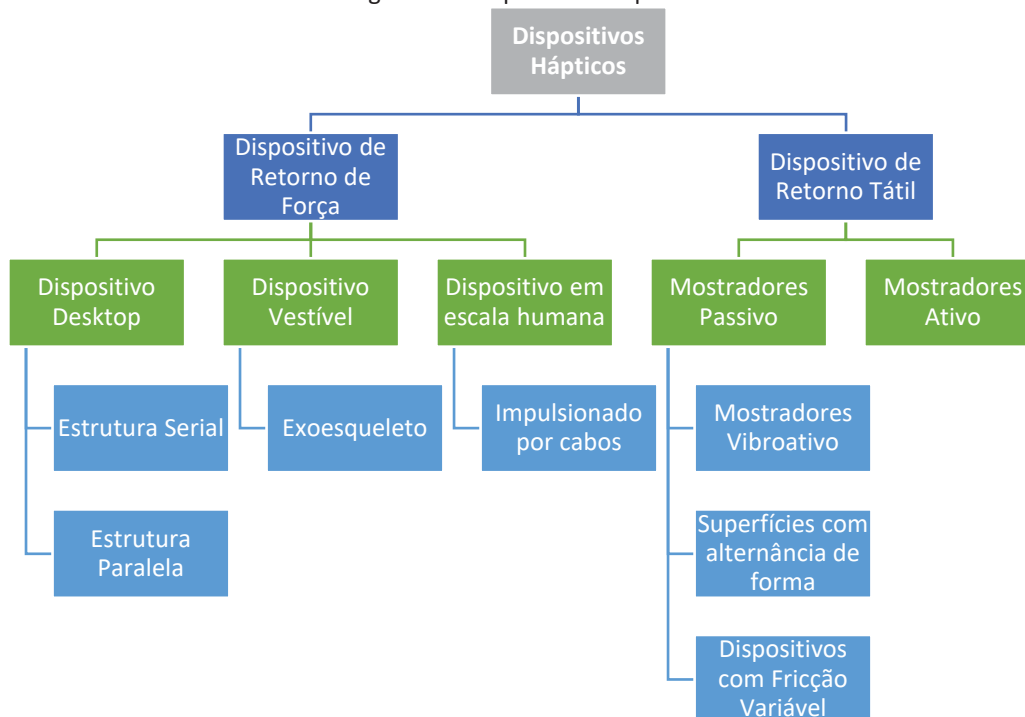


Fonte: Extraída de Pitts *et al.* (2012, p. 9)

Percebeu-se durante o experimento que ao utilizar somente o canal visual para acionar os componentes da interface digital o usuário desvia o olhar, prejudicando sua capacidade de direção. No uso combinando da informação visual com o canal sensorial háptico, constatou-se que foi facilitada a localização espacial do usuário, o que acarretou em redução no tempo do olhar para o dispositivo. Durante a execução deste experimento, Pitts *et al.* (2012) relatam que muitos usuários interpretaram que a interação háptica teria reduzido a carga cognitiva de trabalho. Embora este valor não possa ser confirmado pelos dados levantados pelos autores, é interessante a percepção de facilitação do trabalho, ao menos subjetivamente.

Assim como a tecnologia de retorno vibracional aplicada ao estudo de Pitts *et al.* (2012), existe uma variedade de tecnologias sendo desenvolvidas para prover a percepção háptica em contextos diversos. Com objetivo de facilitar o entendimento destes desenvolvimentos o trabalho de Wang *et al.* (2014b) ramifica algumas destas tecnologias com base em duas características gerais dos dispositivos hápticos: os dispositivos com retorno de força e os dispositivos com retorno tátil, Figura 49.

Figura 49 - Dispositivos Hápticos



Fonte: Adaptado de Wang *et al.* (2014b, p. 4, tradução nossa)

Como pode ser observado no diagrama, os dispositivos com retorno de força são ramificados em dispositivos em escala humana, vestíveis e de desktop. Estes dependem de hardwares que são muitas vezes complexos e pouco ou nada portáteis, tais como os exoesqueletos, ou ainda simuladores que podem depender de estruturas hidráulicas ou de cabos para operação. Nos computadores pessoais os dispositivos desktop, como os produtos Falcon, da empresa Novint (2012), produzem o retorno de força através de um sistema de alavancas com 3 graus de liberdade. Por sua vez, os dispositivos classificados por Wang *et al.* (2014b) como de retorno tátil podem ser encontrados em sistemas mais compactos, como dos dispositivos móveis que são foco desta pesquisa.

Para Wang *et al.* (2014b), os dispositivos móveis em sua configuração atual são considerados como mostradores passivos, uma vez que ainda não inferem retorno de força expressivo ao usuário. Nos mostradores passivos o autor descreve os mostradores vibroativos, tais como os motores excêntricos; as superfícies com alternância de forma, como o componente elastômero da Tactus Technology (2015a); e os dispositivos com fricção variável, como os mostradores com atuadores ultrassônicos e eletrostáticos.

Na prática, observa-se que o uso dos mostradores hápticos nos dispositivos móveis ainda é em grande parte restrito a poucas aplicações; como indicar o toque em uma interface, simular o premir de teclas, substituir o alarme do aparelho e simular reações do ambiente em jogos e filmes; e com retorno geralmente vibracional. Este cenário talvez se justifique porque os

motores vibracionais estão presentes na maioria dos dispositivos móveis atuais. Estes motores, por possuírem baixa resolução e alto tempo de resposta, são voltados a funções com reduzida complexidade. Entretanto, como reforçam Klatzky *et al.* (2013), outros atuadores além do motor vibracional apresentam capacidade de transmitir sensações táteis em superfícies ativas como a tela dos dispositivos móveis. Para tanto, pode-se valer de efeitos eletrostáticos, ultrassônicos e piezoelétricos.

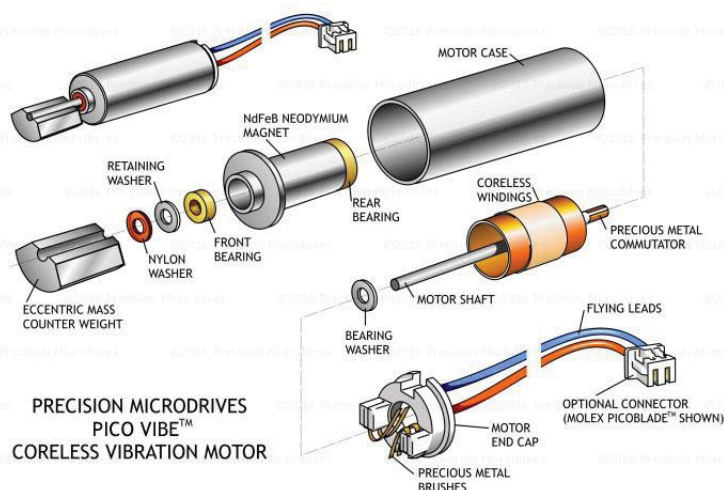
Cada tecnologia de retorno háptico apresenta características específicas, de resolução, amplitude, aplicação, custo e frequência que podem alterar a qualidade percebida da informação tátil. Assim, é importante ter conhecimento básico para evitar tanto o uso de hardwares subdimensionados quanto superdimensionados durante o planejamento de OAH. Como aponta Doxon *et al.* (2013), muitos projetos de interação háptica apresentam dispositivos que excedem as capacidades perceptivas humanas, o que pode ser um problema. Geralmente, resoluções mais precisas tendem a ter custo mais elevado, e nem sempre podem ser percebidas através do tato humano.

Considerando o contexto exposto, na próxima seção são apresentadas as principais tecnologias de mostradores passivos identificadas na literatura. Cabe ressaltar que não são expostos produtos com retorno de força ou com mais de 1 grau de liberdade (tais como os dispositivos Falcon mencionados anteriormente).

4.4.1 Motores Vibracionais

Um dos primeiros modelos de atuadores vibracionais largamente utilizados nos dispositivos móveis foi o motor de eixo excêntrico. Este não possui capacidade de oferecer variações muito diversificadas de sinais, tendo sua faixa de operação, segundo Kim *et al.* (2014), entre 80 e 250Hz. De acordo com Schneider *et al.* (2017), os dispositivos que utilizam motores excêntricos conseguem transmitir a ideia de vibração, mas com pouca resolução. Os autores afirmam que o tempo de resposta vibracional é longo, o que prejudica os sistemas que buscam apresentar a sensação de vibração como resultante de uma interação em tempo real. Os aspectos construtivos deste componente podem ser observados Figura 50.

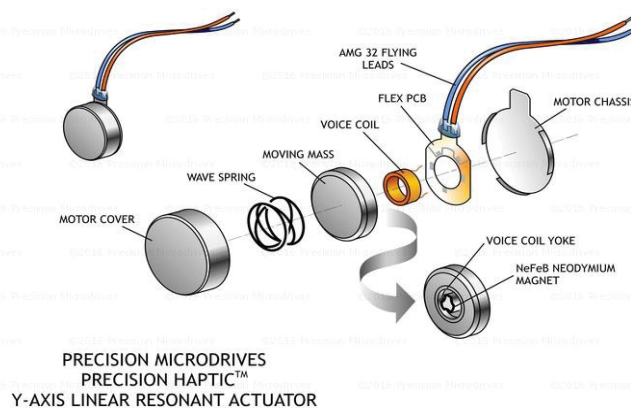
Figura 50 - Motor Vibracional de Eixo Excêntrico



Fonte: Precision Microdrives (2017)

O motor vibracional de eixo excêntrico depende do deslocamento rotacional de uma massa excêntrica para realizar a vibração. Uma variante com melhor tempo de resposta são os atuadores ressonantes lineares, que movem uma massa de forma linear e possuem respostas rápidas o suficiente para simular efeitos ativação vibracional, exposto na Figura 51.

Figura 51 - Atuadores ressonantes lineares



Fonte: Precision Microdrives (2017)

Atualmente, os atuadores ressonantes lineares são amplamente utilizados em smartphones em virtude do seu baixo custo, tamanho e consumo de energia, mas apresentam dificuldade de prover um retorno tátil detalhado devido ao tempo de resposta. Observa-se que estes tipos de componentes possuem barreiras tecnológicas quanto à quantidade de força que pode ser retornada ao usuário; como apontam Nakamura e Yamamoto (2016a), em atuadores vibracionais esta pode não ultrapassar 0.1N. A resolução de força é um empecilho ao desenvolver aplicações mais especializadas, como mostradores ativos. Muitos estudos indicam o uso do motor vibracional apenas para simular a sensação superficial de texturas. Já para

Moustakas e Lalos (2017) uma importante consideração em relação ao uso do retorno vibracional é que, além da magnitude da força, também deve considerar a frequência de vibração, sendo que esta fornece uma indicação importante da informação a ser percebida.

4.4.2 Atuador Ultrassônico

Os atuadores ultrassônicos permitem a percepção da textura diretamente na tela do dispositivo. Segundo Fujitsu (2014), com o uso de componentes para vibrar a tela em alta velocidade é possível criar uma camada de ar de alta pressão entre a superfície do objeto e a ponta do dedo do usuário, causando um efeito flutuante e a percepção da redução de atrito, de acordo com a Figura 52.

Figura 52 - Textura rugosa e suave em superfície ultrassônica



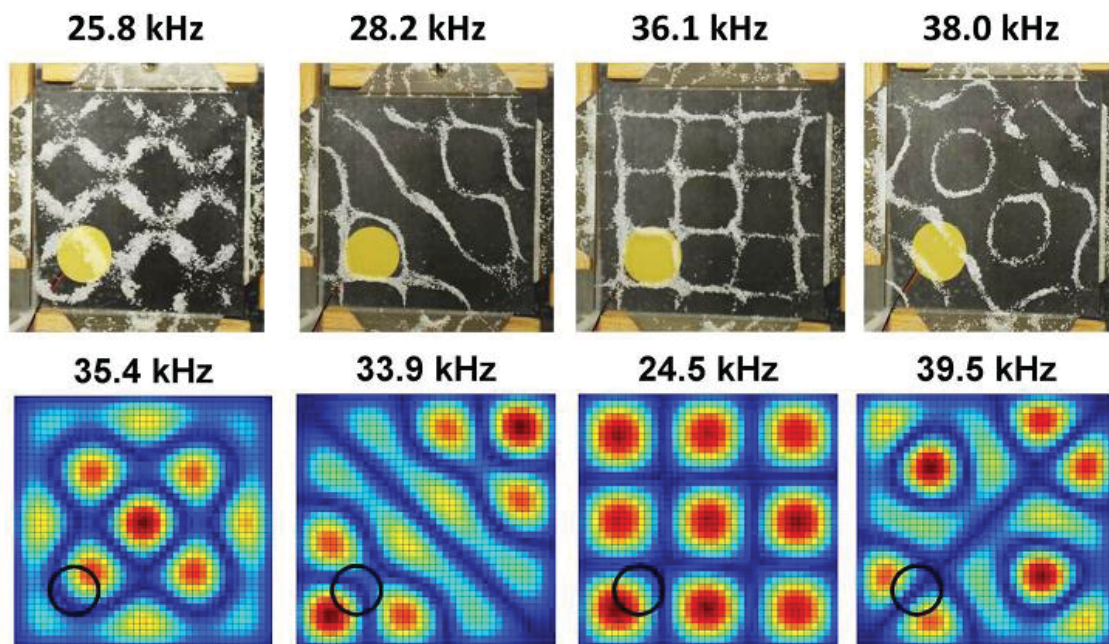
Fonte: Adaptado de Fujitsu (2014 - tradução nossa)

Na imagem, a figura superior demonstra o usuário interagindo com uma área onde a camada de ar de alta pressão reduz a fricção percebida durante o rastreamento do dedo na tela. Na parte inferior, é destacada a interação com áreas em que as vibrações ultrassônicas são interrompidas, assim, o usuário percebe a resistência de atrito original da superfície de vidro da tela.

De acordo com Fujitsu (2014), o controle preciso das vibrações ultrassônicas de acordo com o movimento das pontas dos dedos dá ao usuário não apenas a sensação de uma simples textura suave e escorregadia, mas também a possibilidade de perceber rugosidade, a irregularidade e ou a projeção de objetos. Nesta direção, o trabalho de Gorlewicz (2013) pode auxiliar na compreensão de como as vibrações de alta frequência atuam nas superfícies materiais. O autor realiza um experimento com componentes piezoelétricos, Figura 53,

posicionados em uma estrutura com grãos de areia que permite visualizar a relação de frequência com a forma deferida na superfície material.

Figura 53 - Teste prático e simulação de atuador ultrassônico



Fonte: Gorlewicz (2013, p. 115)

O experimento demonstra a capacidade de desenvolver a percepção de formas ou texturas através da ação ultrassônica. Gorlewicz (2013) reforça que este tipo de componente deve ser criteriosamente avaliado, uma vez que a ressonância dos materiais simulada pode não ser a mesma necessária para diferentes texturas no material real, solicitando ajustes de frequência. Um contexto aplicado pode ser observado na empresa Redux (2015), que utiliza ondas ultrassônicas para produzir a percepção háptica diretamente na superfície dos dispositivos. Uma das vantagens desta abordagem, segundo a empresa, é poder reproduzir também o áudio diretamente na tela do dispositivo sem a necessidade de outros componentes. Um comparativo sintético de como esta tecnologia se distingue de métodos tradicionais é apresentada no Quadro 17:

Quadro 17 - Comparação entre a tecnologia ultrassônica e métodos tradicionais

Áudio		
Aplicação	Método Tradicional	Solução Redux
Smartphones e tablets	Micro-autofalantes oferecem má qualidade de som, e dependem de furos no gabinete.	Áudio estéreo de alta qualidade, dirigido ao usuário a partir da superfície que está sendo visualizada.
TVs e PCs	Alto-falantes em cone, influenciados pela redução na espessura dos painéis têm disposição restringida.	Áudio estéreo de alta qualidade, dirigido ao usuário a partir da superfície que está sendo visualizada, com amplo ângulo de dispersão.
Háptica		
Aplicação	Método Tradicional	Solução Redux
Smartphones e tablets	Motor vibracional - sensação de baixa definição, como o motor vibracional gira acelerando e reduzindo; o telefone inteiro ou tablete são vibrados, por isso a sensação é sentida com a mão "errada".	Tela de vidro do telefone é percebida como botões e teclas, tornando-se intuitivo de usar, com a sensação tátil sentida no dedo "certo".
Bens linha branca, automação industrial e residencial	Interruptores de membrana, botões e mostradores - intuição de uso pobre; propensa a falhas.	Tela plana é percebida como botões e teclas, com menor custo e tornando-o intuitivo de usar, e fácil de manter limpo.
Interruptores Automotivos	Chaves mecânicas - grandes e desajeitadas, ocupam espaço valioso do painel ou volante; propensas a falhas e dispendiosas.	Painel de toque fino percebido como botões e teclas, tornando-se intuitivo e seguro para uso durante a condução.

Fonte: Adaptado de Redux (2015, tradução nossa)

Demonstrando uma das possíveis aplicações desta tecnologia nos dispositivos móveis a Mobility Solutions - Bosch (2015) apresentou um tablete experimental com uso da ultrassônica para auxiliar a navegação do usuário. E, mais recentemente, alguns televisores estão sendo divulgados em feiras de tecnologia com uso da ultrassônica para substituição das caixas de som. Tal contexto pode ser indicativo de um uso mais expressiva desta tecnologia nos dispositivos móveis.

Um dos componentes com maior recorrência nas pesquisas de superfícies ultrassônicas são os atuadores piezoelétricos, Figura 54.

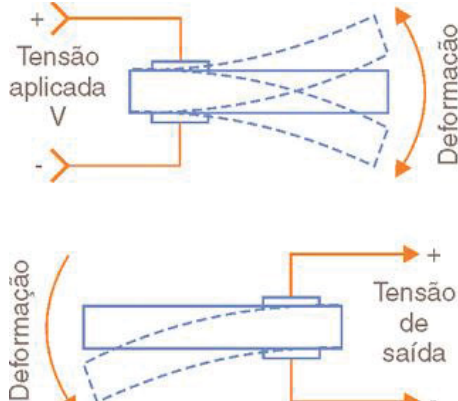
Figura 54 - Componente piezoelétrico



Fonte: Acervo do autor (2017)

Estes atuadores produzem vibrações mecânicas quando submetidos a tensão senoidal, e também podem ser disponibilizados para produzir através de alterações mecânicas tensão de saída, Figura 55.

Figura 55 - Esquemático do efeito piezoelétrico



Fonte: "Efeito Piezoelétrico" (2012)

Conforme Park *et al.* (2015), os atuadores piezoelétricos possuem um tempo de resposta rápido, menor que 5ms, mas requerem uma alta corrente. Segundo Schneider *et al.* (2017), dispositivos equipados com painéis eletrostáticos ou piezoelétricos promovem uma sensação tátil mais complexa, porém, a aplicação destes componentes ainda é prioritariamente laboratorial. Pode-se ainda prospectar, conforme Colgate e Peshkin (2011), que com o desenvolvimento destes componentes será possível relações táteis que extrapolam a percepção de textura contemplando também o retorno de força em superfícies lisas.

Entretanto, Kim *et al.* (2014) reforçam que, como estes componentes possuem uma relação direta com a área de contato, telas muito grandes podem reduzir a eficiência da vibração ultrassônica. Para Kim *et al.* (2016, p. 506 - tradução nossa), estes atuadores "quando aplicados a grandes superfícies e dispositivos pesados, apresentam dificuldades em prover a mesma sensação tátil em toda a superfície de contato". Os autores concluem que não é simples aumentar a área destes dispositivos até uma dimensão realmente confortável e imersiva para o usuário sem comprometer sua portabilidade e a resolução dos componentes hápticos.

4.4.3 Eletrostática

A fricção eletrostática pode ser modulada através do controle da adesão eletrostática. O efeito é percebido quando uma tensão alternada é aplicada a uma superfície que, ao contato do dedo do usuário, percebe uma vibração ou força de cisalhamento. Esta característica foi descrita pela primeira vez no artigo *Perception by the skin of electrically induced vibrations*, de Mallinckrodt *et al.* (1953), em tradução livre: Percepção pela pele de vibrações induzidas eletricamente.

No documento, os autores descrevem que quando a pele humana seca é movimentada suavemente sob uma superfície de metal coberta por uma fina camada de isolamento e conectada ao lado não aterrado da linha de energia, pode-se perceber uma sensação de vibração provocada pela atração eletrostática entre o metal e a camada profunda condutiva da pele. De acordo com Nakamura e Yamamoto (2016a), duas fórmulas descrevem o comportamento da força eletrostática entre o dedo do usuário e o aparato de metal. A primeira (a), estima a força entre o usuário e o aparato:

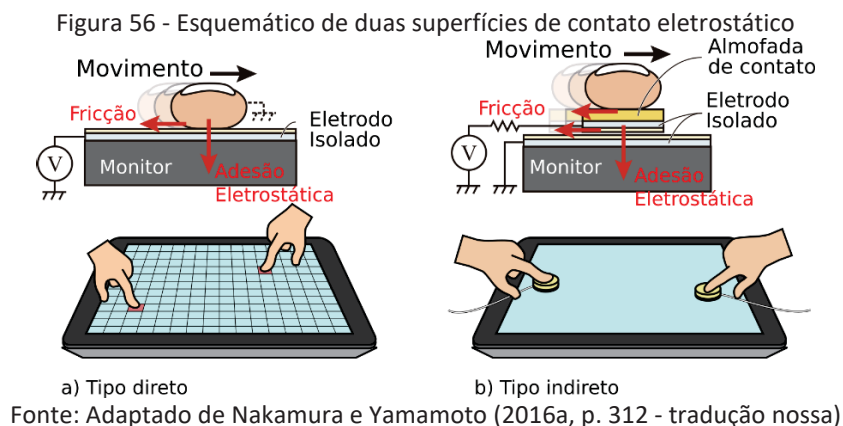
$$(a) \quad Fe = \frac{1}{2} \epsilon A \left(\frac{V}{d} \right)^2$$

Os autores esclarecem: Fe é a força eletrostática de atração; ϵ é a constante dielétrica; A , a área de contato; V é a diferença de tensão e d o espaço entre os objetos. Enquanto o usuário explora a superfície do metal, o movimento do dedo converte a força eletrostática em fricção, conforme (b):

$$(b) \quad Ff = \mu(Fe + Fn)$$

Nesta fórmula Ff indica a força de fricção; μ é o coeficiente de fricção; Fe é a força eletrostática de atração e Fn é a soma das outras forças normais, tal como a força de contato exercida pelo dedo. Percebe-se pelas formas que há uma relação direta entre a tensão de entrada e a força de fricção resultante que pode ser percebida pelo usuário. Neste sentido, Kim *et al.* (2016) exploram que uma das questões que podem intimidar o uso do retorno tátil eletrostático é a alta tensão necessária para uma boa renderização háptica; no experimento dos autores foram utilizados cerca de 500 Volts; quando comparado ao uso convencional nos smartphones, de apenas 3 a 5 Volts. Entretanto, como apontam Kim *et al.* (2016), o consumo não chega a ser significativo, tendo em vista que a corrente necessária para o efeito é baixa.

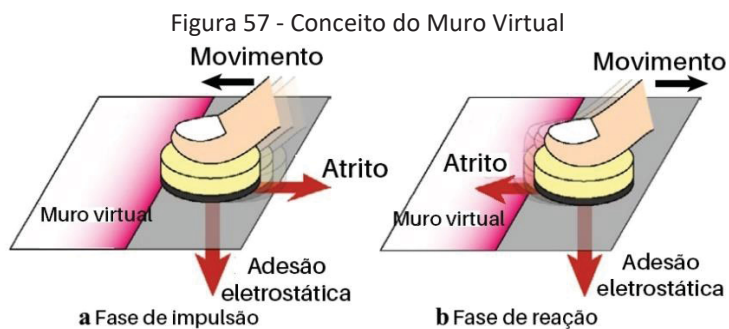
Nakamura e Yamamoto (2016a) apresentam duas variações para superfície háptica eletrostática, visível na Figura 56.



À esquerda, uma ilustração do contato direto do usuário com a tela do dispositivo, sendo que esta solução demanda que uma malha de eletrodos seja inserida entre as camadas do painel visual. Uma vantagem do modelo é a não dependência de outros elementos para interação, tendo ação e percepção direta do usuário sobre o que é mostrado na tela. Mas, para Nakamura e Yamamoto (2016a), uma questão que deve ser considerada na utilização do contato direto com a superfície eletrostática é a umidade causada pela própria transpiração do dedo ou advinda de fatores externos. A umidade reduz consideravelmente a força percebida, podendo invalidar a interação com o usuário.

No lado direito, uma variação aplicando uma almofada de contato, a qual exerce a função de eletrodo adicional. Isto permite que a tela exerça força eletrostática sem a necessidade da malha, no entanto, solicita um componente adicional. Com a utilização da almofada de contato, problemas como a umidade são reduzidos e, uma vez que o sistema possui dois eletrodos, é possível desenvolver campos de força ainda mais expressivos para a simulação tátil de adesão. De acordo com Nakamura e Yamamoto (2016a, p. 373 - tradução nossa): “como a força eletrostática atua na almofada e não no dedo, o sistema fica livre do problema de transpiração e da variabilidade entre sujeitos”. A distância que o sistema indireto apresenta entre o usuário e a tela do monitor possibilita o uso de diferenças de potenciais maiores sem o risco de choque ao usuário.

Em outro estudo, Nakamura e Yamamoto (2016b) apontam uma característica que pode comprometer a interação nas telas eletrostáticas. Os autores a descrevem como a sensação de um elemento “pegajoso” e explicam o fenômeno através do conceito de parede virtual, Figura 57:



Fonte: Extraído de Nakamura e Yamamoto (2016b, p. 8 - tradução nossa)

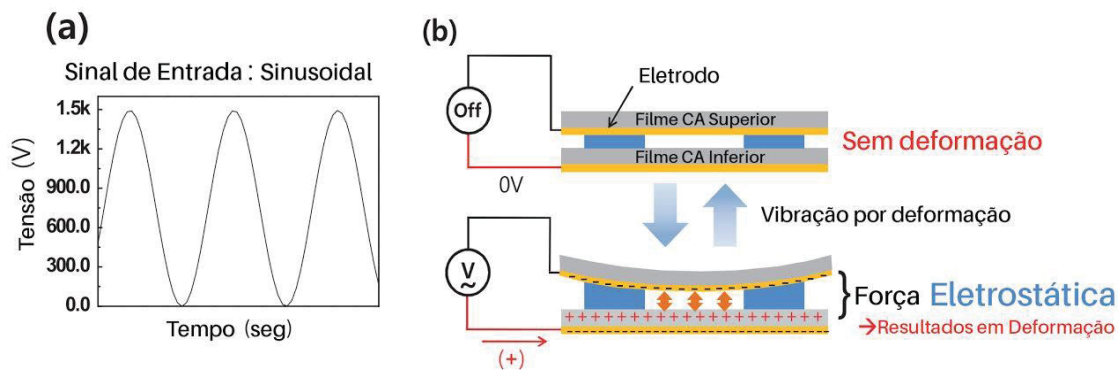
A parede virtual marca um limite entre a área de adesão e o fim do perímetro eletrostático de um sistema. Conforme Nakamura e Yamamoto (2016b), devido à natureza da força eletrostática a fricção é sempre percebida na direção contrária ao movimento do usuário, não sendo possível definir, assim, vetores de força específicos. No exemplo demonstrado, quando o movimento é para a esquerda, ou seja, saindo da área de adesão, o usuário percebe uma adesão ou atrito contrário; ao retornar para a área de adesão, a mesma força torna a ser percebida como também contrária, ou seja, com atrito oposto ao movimento.

Apesar desta problemática uma vantagem deste tipo de retorno háptico, segundo Kim *et al.* (2016, p. 506 - tradução nossa), é que “com a força eletrostática, não ocorre vibração mecânica, sendo fácil de prover a mesma sensação tátil em toda a área ativa do mostrador”. Ou seja, não há degradação da informação, já que a superfície do mostrador estará ativa ou não com a energia eletrostática.

4.4.3.1 Atuador de superfície com eletrostática

Uma outra modalidade do uso da eletrostática é demonstrada por proposta de Kim *et al.* (2014). Os autores utilizam camadas de folha de acetato com eletrodos que vibram ao serem deformadas por uma tensão de entrada, Figura 58.

Figura 58 - Sinal de entrada aplicado ao atuador háptico de filme de acetato



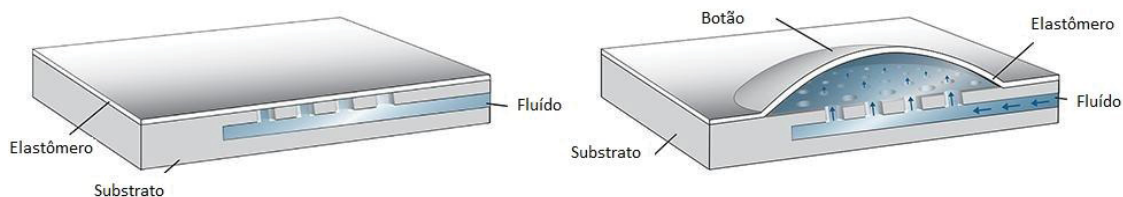
Fonte: Extraído de Kim *et al.* (2014, p. 4 - tradução nossa)

Nesta proposta, os autores aplicaram uma tensão alternada na faixa de 0 a 1500 Volts entre os eletrodos do filme de acetato. Quando há tensão, ocorre uma deformação através da atração eletrostática; ao ser eliminada a tensão de entrada, o material retorna à forma anterior. A resiliência do material permite desenvolver padrões de vibração háptica com diferentes frequências.

4.4.4 Componente Elastômero

Os componentes elastômeros são superfícies com alternância de forma que apresentam características bastante distintas, podendo ser deformados e retornados ao estado anterior através de processos variados. Como recurso háptico destaca-se o desenvolvimento da Tactus Technology (2015a), que tem promovido avanços no uso de fluídos para deformação de componente elastômero, Figura 59:

Figura 59 - Deformação elástica por injeção de fluído



Fonte: Adaptado de Tactus Technology (2015a, tradução nossa)

O processo envolve um substrato com micro canais e estruturas de armazenamento nas quais um fluído é mantido. Ao adicionar mais fluído a estas estruturas, uma camada de elastômero que recobre o material se deforma, exibindo botões em formatos pré-estabelecidos. O processo desenvolvido na empresa já possui produtos destinados à aplicação em tabletes, mas o acionamento do produto ainda ocorre através de processo manual mecânico, como mostra a Figura 60.

Figura 60 - Acionamento mecânico para preenchimento dos botões



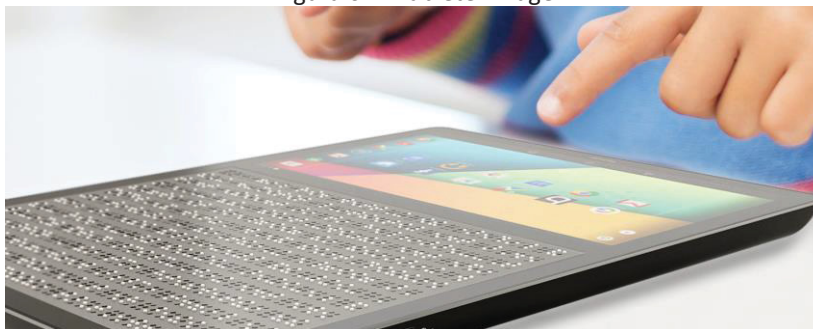
Fonte: Adaptado de *Tactus Technology (2015b)*

Entretanto, é possível prospectar o desenvolvimento desta tecnologia para promover, por exemplo, interações dinâmicas e controláveis dos fluídos para interfaces hápticas de leitura Braille, como a demonstrada na sequência.

4.4.5 Tablete Braille

A companhia BLITAB Technology Ltd (2017) apresentou recentemente protótipos de um tablete com interface Braille, Figura 61.

Figura 61 - Tablete 1 Page



Fonte: Adaptado de *BLITAB Technology Ltd (2017)*

Como pode ser observado na imagem, o produto sugerido se diferencia de outras propostas similares de leitores Braille por também utilizar um painel visual. Interconectado ao painel visual, o dispositivo seria capaz de traduzir qualquer texto ou imagem para Braille, facilitando a navegação para usuários com baixa visual. No momento, a empresa se reserva ao direito de não anunciar maiores informações quanto à tecnologia que disponibilizará a informação tátil, mas as imagens sugerem que siga abordagem similar à da *Tactus Technology (2015a)*, ou com componentes mecânicos.

4.5 REPRESENTAÇÕES DOS PROCESSOS EM SISTEMAS HÁPTICOS

Como discorrem Myrghiotti *et al.* (2013), existe uma falta de estrutura e processos para o desenvolvimento de sistemas hápticos. Muitos dos estudos existentes ainda são planejados como protótipos e os desenvolvedores, em geral, continuam considerando os sistemas hápticos como uma atividade autoral. Mesmo técnicas da engenharia de software não estão suficientemente adaptadas para o contexto háptico. Conforme Myrghiotti *et al.* (2013, p. 2 - tradução nossa): “as abordagens gerais de engenharia de software orientadas a objetos [...] não são suficientes para projetar aplicações hápticas, pois não incorporam características exclusivas da modalidade, tais como renderização háptica, renderização gráfica e modelagem de contatos”. De acordo com os autores, é importante observar as diversas abordagens existentes para compreender o contexto dos sistemas hápticos.

Nesta direção, a pesquisa de Schneider *et al.* (2017) lista alguns esforços para tentar consolidar o campo de desenvolvimento da háptica, o que é exposto no Quadro 18:

Quadro 18 - Esforços para estabelecer o campo do desenvolvimento háptico

Abordagens Diversas	Abordagens de Engenharia	Estudos psicofísicos	Ferramentas ao usuário final	Ferramentas dos Desenvolvedores de Software	Editores com Suporte ao projeto Háptico
Cinematografia Háptica (<i>Danieau et al., 2014</i>)	Cursos Acadêmicos (<i>Okamura et al., 2012; Jones, 2014</i>)	Linguagem na captura da experiência do usuário (<i>Hwang et al., 2011; Obrist et al., 2013</i>)	Abordagem baseada em linguagem (<i>Seifi et al., 2014, 2015</i>)	UPenn Texture Toolkit (<i>Culbertson et al., 2014</i>)	Vivitouch Studio (<i>Swindells et al., 2014</i>)
Edição Cinemática (<i>Guillot et al., 2016</i>)	Prototipagem Rápida (<i>Moussette, 2010; Moussette e Banks, 2011</i>)	Influências da pressão (<i>Zheng e Morrell, 2012</i>)	Ferramentas de Programação (<i>Seifi et al., 2014, 2015</i>)	Biblioteca de Efeitos Sensoriais (<i>Israr et al., 2014</i>)	Sistema web Macaron (<i>Schneider e MacLean, 2016</i>)
Filmes Táteis (<i>Kim et al., 2009</i>)	Hardwares, Arduino.cc e Phidgets.com (<i>Greenberg e Fitchett, 2001</i>)	Ferramenta de suporte a comunicação (<i>Enriquez and MacLean, 2003</i>)	CHAI3D (<i>chai3d.org</i>)	FeelCraft (<i>Schneider et al., 2015a</i>)	Vibrotactile Score (<i>Lee et al., 2009</i>)
Animação Tátil (<i>Schneider et al., 2015b</i>)	Faça Você Mesmo (DIY) (<i>Orta Martinez et al., 2016</i> entre outros)	Dimensões psicofísicas do toque (<i>Okamoto et al., 2013</i> ;	H3D (<i>h3dapi.org</i>)	Immersion's TouchSense SDK (<i>immersion.com</i>)	Editor Baseado em Demonstração (<i>Hong et al., 2013</i>)
Ranuras Cutâneas (<i>Gunther et al., 2002</i>)	Conjunto de Ferramentas TECHTILE (<i>Minamizawa et al., 2012; Nakatani et al., 2016</i>)	Dimensões da percepção de textura (<i>Hollins et al., 1993</i>)	OpenHaptics (<i>geomagic.com</i>)	VibViz (<i>Seifi et al., 2015</i>)	mHIVE, a Haptic Instrument (<i>Schneider e MacLean, 2014</i>)
Edição de Filmes (<i>Kim et al., 2009</i>)	StereoHaptics (<i>Israr et al., 2016</i>)		Conjunto de Ferramentas HapticTouch (<i>Ledo et al., 2012</i>)		Immersion's Haptic Studio

Fonte: Adaptado de Schneider et al. (2017, p. 8 - tradução nossa)

Segundo Schneider *et al.* (2017, p. 9 - tradução nossa), estes estudos “iniciam a captura de uma parte do processo de HaXD, mas nenhum captura completamente o contexto e as atividades do design háptico contemporâneo”. No ponto de vista dos autores, muitos dos desenvolvedores não possuem treinamento formal em háptica e os focos dos projetos podem ser diversos, tais como a investigação de relações subjetivas com os objetos ou a mínima força percebida. O que é compreensível ao se tratar de uma tecnologia que, apesar de conhecida há mais de cinquenta anos, ainda está em seus estágios iniciais de desenvolvimento para uso em dispositivos móveis.

A terminologia *Haptic Experience Design (HaXD)*, em tradução livre para Design de Experiências Hápticas, é proposta por Schneider *et al.* (2017, p. 5 - tradução nossa) como: “o design (planejamento, desenvolvimento e avaliação) das experiências do usuário, conectando deliberadamente a tecnologia interativa a um ou mais sentidos de percepção do toque, possivelmente como parte de uma experiência multis sensorial”. Conforme os autores, o termo ainda englobaria a pseudo-háptica, em que são empregadas ilusões óticas para simular o efeito háptico sem qualquer estímulo real. Schneider *et al.* (2017) também propõem o termo *haptician*, como aquele indivíduo com habilidade para desenvolver sensações, tecnologias e experiências hápticas. Segundo o estudo, o termo aborda a diversidade de pessoas que desenvolvem háptica com diferentes objetivos.

4.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Neste capítulo são discutidos aspectos fundamentais da percepção tátil, assim como os mostradores hápticos e as telas que permitem o reconhecimento da interação por toque. Na introdução é indicada a origem da palavra háptica, além da apresentação de conceitos e terminologias diversas que se relacionam com a compreensão do sistema háptico humano. Nesta direção, são discutidos os receptores que permitem a identificação de sinais táteis e elementos que podem reduzir a capacidade sensorial em interações hápticas.

Mais adiante o capítulo proporciona importantes referências para o planejamento de interações táteis, como verbos acionais, adjetivos e propriedades para codificação da informação. Em seguida, foram apresentadas as tecnologias mais usuais de interação por toque, e então, os principais produtos que permitem a renderização tátil em dispositivos móveis.

Este é um capítulo essencial em relação ao entendimento dos recursos necessários para possibilitar a utilização de informações táteis em dispositivos móveis. No próximo capítulo é oferecida uma breve contextualização do uso da háptica nos dispositivos móveis e, na sequência, são demonstrados frameworks aplicados a diferentes casos de projetos de recursos

hápticos. Compreendendo que existem múltiplos envolvidos no desenvolvimento de sistemas hápticos, o próximo capítulo também considera o papel dos usuários no processo de design de sistemas hápticos.

5 | CONTEXTO E PROCESSOS NO DESIGN HÁPTICO

Foi por volta de 2005 que os vendedores de dispositivos móveis começaram a utilizar o termo háptica de forma comercial. Segundo Kim *et al.* (2009), isto permitiu que as pessoas compreendessem os efeitos táteis como relacionados à experiência de interação. Neste meio, Cha *et al.* (2009) consideram que os consumidores estão cada vez mais interessados em experiências que ultrapassem as fronteiras entre ficção e realidade e o senso do toque é uma das características que possibilita uma maior imersão no contexto digital.

Englobando a sensação e a ação do usuário sobre o meio, o toque, conforme Cha *et al.* (2009), é um importante recurso para desenvolver experiências realmente imersivas. Bae *et al.* (2013) sugerem que o toque também pode ser um componente no design emocional, uma vez que altera diretamente a experiência através da interação do usuário com a interface. O sentido físico estimulado ao manipular um objeto pode gerar percepções únicas do sistema.

O uso do referencial tátil é investigado para diferentes contextos. Ao longo dos anos, de acordo com Orozco e Saddik (2008, p. 1840 - tradução nossa):

A pesquisa háptica tem se concentrado em projetar e ou avaliar vários protótipos baseados em sensores de diferentes características e capacidades para uso em múltiplas aplicações. O emprego desta tecnologia foi rapidamente disseminado para vários dispositivos aplicados em interfaces gráficas de usuário (GUI's), jogos, publicação multimídia, descoberta e visualização científica, artes, edição de som, edição de imagens, indústria de veículos, engenharia, fabricação, tele robótica, tele operação, educação, treinamento, simulação e reabilitação médica.

Neste mesmo contexto, Braun *et al.* (2008, p. 263 - tradução nossa) acrescentam:

O design háptico aparece em muitos ramos de pesquisa e desenvolvimento de produtos. É utilizado na criação de realidade virtual e realidade simulada, bem como no desenvolvimento de novas ferramentas de interação para equipamentos técnicos, computadores ou robôs. O campo de pesquisa se difunde das ciências médicas, em ciências da engenharia e ciências da computação. O objetivo comum de todos estes esforços é estimular o sentido humano do toque.

Para os autores, estudos em diferentes disciplinas contribuíram para o desenvolvimento da háptica. Entretanto, como apontam Orozco e Saddik (2008), a falta de um modelo específico ou padrões de projeto se torna um desafio para o desenvolvedor háptico. No mesmo aspecto, Braun *et al.* (2008) afirmam que o projeto das interações hápticas é um processo multidisciplinar, mas que não possui regras específicas de design, o que torna complexa a identificação e o uso de padrões e sistemas.

Na intenção de reduzir esta lacuna, de acordo com Myrgiotti *et al.* (2013), há um crescente interesse na análise e desenvolvimento de interfaces e sistemas de produção háptica mais apropriadas. E, recentemente, trabalhos como o de Schneider *et al.* (2017) ainda buscam, como parte do esforço de consolidar o campo de desenvolvimento da háptica, compreender como ocorrem os diversos processos de desenvolvimento desses sistemas. Assim, torna-se importante a observação dos diferentes modelos disponíveis atualmente para adequar os processos de planejamento háptico. Nesta direção, as próximas seções do capítulo investigam diferentes leituras de aspectos para o desenvolvimento e avaliação de dispositivos hápticos.

5.1 FRAMEWORK

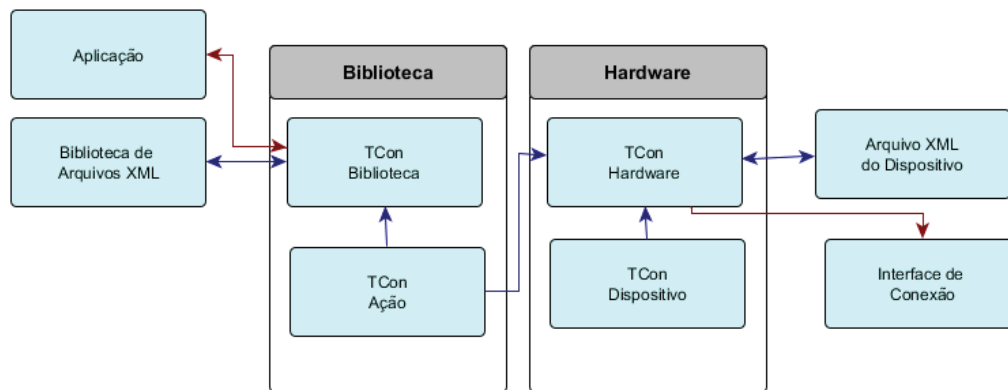
Ao oferecer informações multimodais combinando retorno visual, auditivo e tátil, os sistemas podem aumentar a sensação de presença do usuário no contexto digital e a qualidade da informação. O desenvolvimento de tais sistemas, segundo Popovici *et al.* (2012), representa uma prioridade para os programas de pesquisa devido à sua capacidade de melhorar a eficiência de diferentes atividades humanas, como por exemplo, educação, treinamento, simulações e testes de procedimentos médicos.

Neste contexto, os frameworks são formas de demonstrar processos, rotinas e funcionalidades que podem auxiliar na elaboração de sistemas com retorno háptico. Aqui, compreendemos o framework também como um conjunto de soluções ou funcionalidades comuns a diversas aplicações que podem prover soluções a problemas semelhantes. A seguir, são apresentados de forma sintética os frameworks identificados neste trabalho que abordam aspectos projetuais e conceituais da produção de conteúdo háptico.

5.1.1 Framework Arquitetura TouchCons

Para Kim *et al.* (2009), o futuro das mensagens instantâneas será realizado através de dispositivos móveis que poderão contar com o retorno tátil. Ao apresentar um framework para a comunicação háptica, os autores propõem o uso de ícones hápticos chamados de TouchCons. O framework, Figura 62, exhibe como critérios: o suporte a variados dispositivos, a compatibilidade dos TouchCons com tecnologias anteriores e a possibilidade de ajustes pelos próprios usuários.

Figura 62 - Framework Arquitetura TouchCons



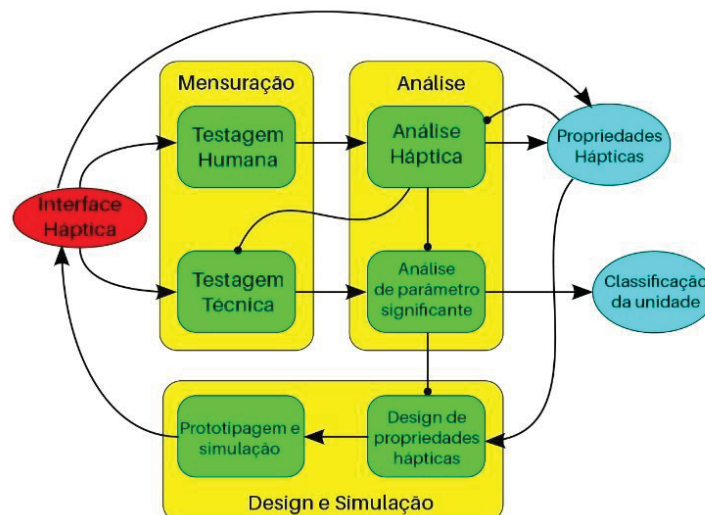
Fonte: Adaptado de Kim *et al.* (2009, p. 2051 - tradução nossa)

O framework de Kim *et al.* (2009) é baseado em oito componentes: biblioteca; ações; hardware; dispositivo; aplicação; arquivos de biblioteca e dispositivo; e interface de conexão. A *TCon Biblioteca* guarda uma lista de TouchCons (ícones hápticos); *TCon Ações* trata de TouchCons desenvolvidos por usuários ou distribuidores; o campo *TCon Hardware* armazena uma lista de hardwares conectados; *TCon Dispositivo* compreende protocolos descritivos de dispositivos TouchCon; os arquivos de *Biblioteca* e *Dispositivo* armazenam TouchCons compostos e protocolos de hardware e a Interface de Conexão aborda o meio de comunicação com o hardware, usualmente por meio de portas USB.

5.1.1.1 Orientado aos Objetivos e Dispositivos

O estudo Braun *et al.* (2008) toma como base conhecimentos da percepção humana e também da análise de interfaces hápticas para sugerir uma estrutura orientada aos objetivos do design de interfaces e dispositivos de retorno. De acordo com Braun *et al.* (2008, p. 262 - tradução nossa), “isto é prático, porque o framework proposto neste artigo foi projetado principalmente para o design háptico de tais dispositivos”, Figura 63.

Figura 63 - Framework orientado aos objetivos e dispositivos



Fonte: Extraído de Braun *et al.* (2008, p. 265 - tradução nossa)

De acordo com Braun *et al.* (2008), o framework proposto é modular e aborda a mensuração, análise e design, e simulação dos atributos da interface háptica. A estrutura, segundo os autores, não se trata de um sistema técnico fixo, mas de componentes modulares representando unidades funcionais que podem ser ajustados para necessidades específicas de interfaces. Conforme os autores, o campo mensuração pode ser considerado o principal do framework, pois leva em conta tanto a testagem humana quanto a testagem com precisão industrial.

Para Braun *et al.* (2008), duas informações são extraídas das testagens com humanos; a forma como os usuários atuam com a interface e a sensação do usuário ao interagir com o dispositivo. Nas testagens técnicas instrumentos de medição coletam dados críticos para o processo de fabricação e permitem uma aproximação com os dados aferidos na testagem com os humanos. No ponto de vista de Braun *et al.* (2008, p. 263 - tradução nossa), “o processo de testagem háptica é um instrumento para assegurar os valores desejados das propriedades hápticas em uma interface háptica”.

No módulo de análise são tratadas informações com características qualitativas que podem utilizar os processos de mensuração técnica e testes de percepção humana. As informações da testagem humana são empregadas neste módulo para convalidar a informação técnica coletada. Entretanto, Braun *et al.* (2008) consideram este processo difícil, pois a percepção humana apresenta diversas variáveis, solicitando categorizações reprodutíveis destas percepções. Uma opção destacada pelos autores é o uso de parâmetros significativos padronizados e um grupo de especialistas para averiguar a percepção háptica frente aos referenciais pretendidos.

O modulo de design e simulação contempla duas possibilidades de implementação, de acordo com Braun *et al.* (2008, p. 265 - tradução nossa):

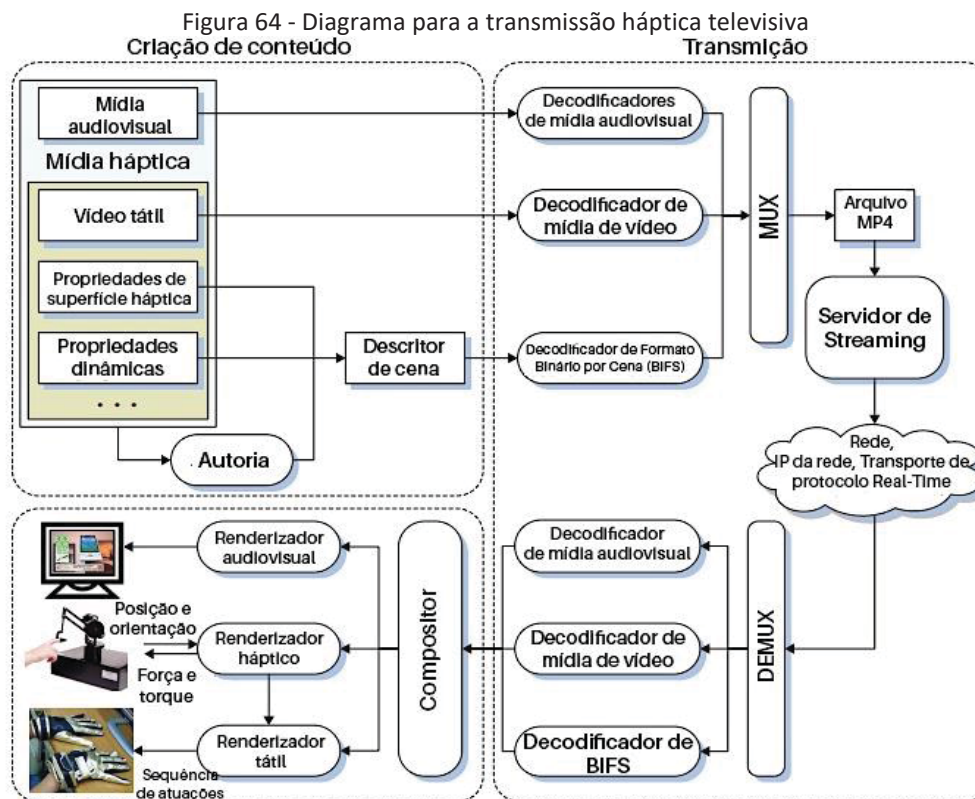
Se um sinal de retorno ou as propriedades de um dispositivo existente devem ser projetados ou aprimorados, pode ser suficiente simular a unidade inteira e gerar dados de medição virtuais. O próprio projeto pode confiar nos parâmetros significativos também utilizados para a análise de testes técnicos. [...] Se uma nova interface deve ser projetada, é importante ter uma unidade de simulação do mundo real, porque podem ocorrer descobertas não consensuais ou muito reduzidas sobre os parâmetros de análise. A unidade de simulação pode então ser examinada em testes humanos e, dessa forma, os parâmetros de análise e design serem ajustados.

Assim, de acordo com as especificações identificadas através de parâmetros técnicos simulados ou testagem humana, os dispositivos devem ser adaptados para a capacidade sensorial humana e também para a percepção pretendida durante o uso. Segundo Braun *et al.* (2008), o framework pode trazer um sistema de avaliação e desenvolvimento mais adequado das informações hápticas. No entanto, considerando a multiplicidade de relações táteis possíveis, pode ser estratégico disponibilizar a capacidade de ajustes para o usuário final.

5.1.1.2 Transmissão Háptica

A pesquisa de Cha *et al.* (2009) investiga possibilidades de interação háptica por meio de transmissões televisivas e receptores interativos. Alguns cenários levantados no trabalho dos autores são: aprender um movimento através do retorno háptico; perceber o impacto em uma cena; tocar um objeto em cena; manipular um objeto em cena. Neste contexto, discutem que a interação pode ser passiva, na qual o usuário apenas recebe a informação já inclusa no sistema, ou ativa, na qual o usuário pode interferir com a informação do sistema.

Cha *et al.* (2009) propõem um framework que utiliza como base o padrão de compressão de dados MPEG-4, Figura 64.



Fonte: Extraído de Cha *et al.* (2009, p. 21 - tradução nossa)

Embora este framework não esteja completamente alinhado ao escopo desta pesquisa, já que planeja o uso de dispositivos hápticos com mais de um grau de liberdade, a discussão dos autores acerca da criação de conteúdo é relevante. Como apontam Cha *et al.* (2009, p. 19 - tradução nossa): “dada a natureza variada e frequentemente incompatível das tecnologias hápticas disponíveis, a definição de mídia háptica é complicada porque tal definição deve ser fundamentada em uma metodologia para expressar sensações aplicáveis a uma ampla gama de dispositivos”.

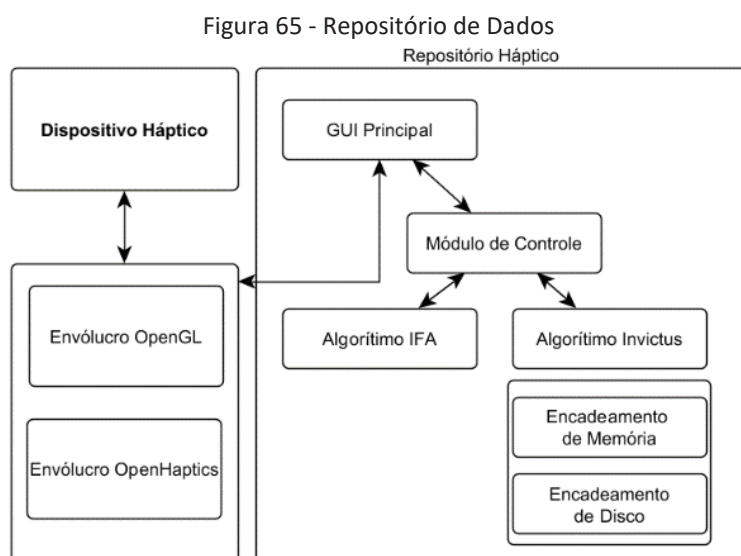
Nesta perspectiva, os autores apresentam diferentes abordagens pelas quais podem ser criadas mídias hápticas: “os dados podem ser registrados utilizando sensores físicos, gerados utilizando ferramentas de modelagem especializadas e derivados automaticamente da análise de outras mídias associadas”, Cha *et al.* (2009, p. 22 - tradução nossa). Ou seja, diferentes mecanismos de sensores podem ser usados para detectar e registrar as variações e propriedades superficiais de uma dada amostra e, posteriormente, empregadas na geração da mídia háptica. Ferramentas de modelagem podem produzir mídias específicas a um dispositivo ou a uma gama de dispositivos. Além disso, dados derivados de processamento de imagem podem ser convertidos em mídia háptica.

Durante a produção, a mídia háptica pode ser editada e sincronizada a mídias audiovisuais, tanto espacial quanto temporalmente. Segundo Cha *et al.* (2009), este estágio

depende fundamentalmente das propriedades e do formato de mídia, assim como da modalidade de interação pretendida.

5.1.1.3 Repositório de Dados

O conceito de repositório de dados não é necessariamente novo. Segundo El-Far *et al.* (2007), muitos locais possuem dados para pós-processamento, análises e deduções estatísticas que são essenciais para a pesquisa científica. Os autores desenvolvem uma proposta de framework para repositório háptico com ênfase na integridade e relevância dos dados armazenados, Figura 65.



Fonte: Extraído de El-Far *et al.* (2007, p. 21 - tradução nossa)

O framework de El-Far *et al.* (2007) considera que existem diferentes produtos que podem se adequar ao retorno háptico, estes teriam em comum dados gráficos em interfaces multiplataforma, como a OpenGL, e dados hápticos programáveis através de software, como o OpenHaptics (utilizado em dispositivos Phantom). No campo repositório háptico se encontra o módulo de controle que aciona a simulação processando as lógicas de programação.

Este módulo, na proposta dos autores, é alimentado por dois algoritmos, o IFA (algoritmo de filtragem inteligente) e o *Invictus* (responsável pela escrita de dados, através do encadeamento de memória e disco). Para verificação da qualidade dos dados armazenados, El-Far *et al.* (2007) consideram o controle de pontos como: a taxa de amostragem de dados; a filtragem de dados; o salvamento de dados; a portabilidade; a reusabilidade e a customização.

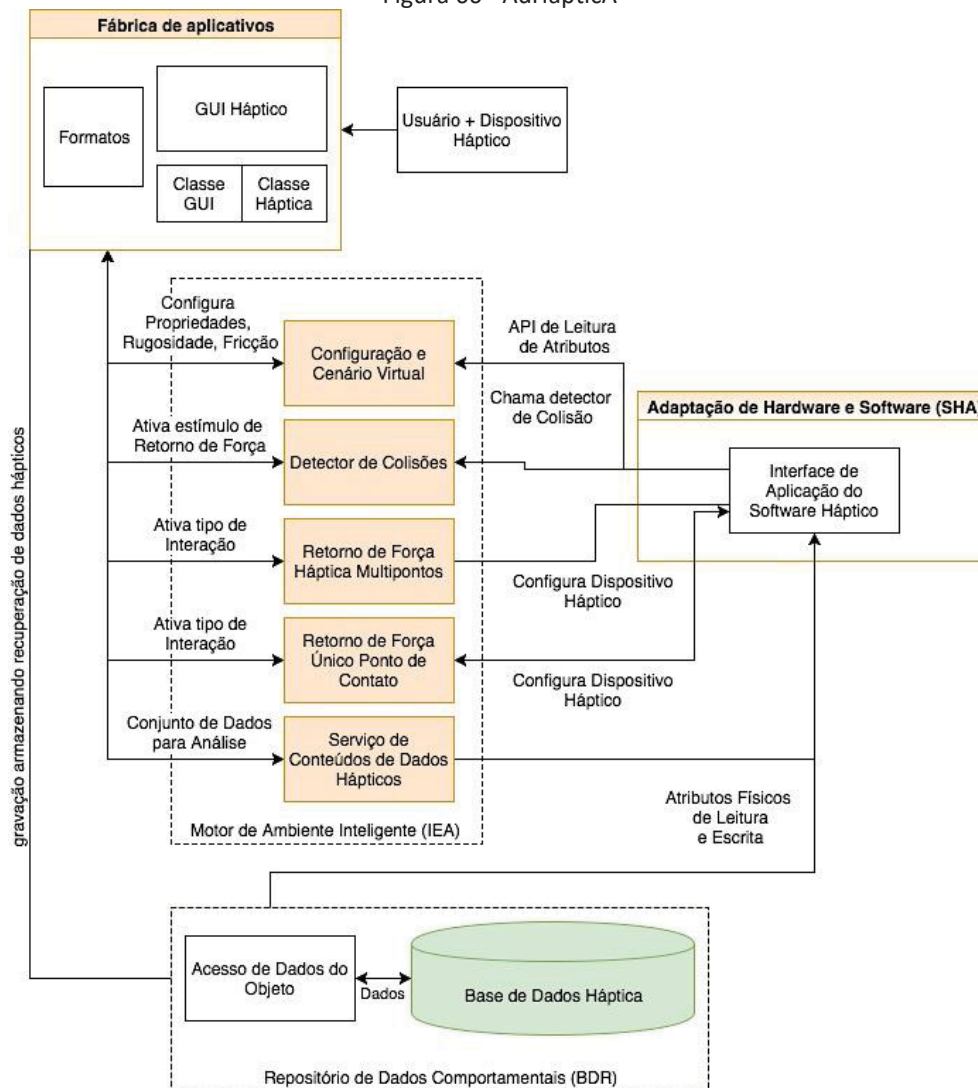
De acordo com El-Far *et al.* (2007), o framework proposto pode ser utilizado para uma vasta gama de operações, como: registro de dados; análise de tendências do consumidor e

demonstração de informações. Todavia, consideram que ainda é necessário desenvolver com maior especificidade aspectos como a filtragem e a reutilização das informações.

5.1.1.4 *AdHapticA*

O trabalho de Orozco e Saddik (2008) desenvolve um framework com o objetivo de tornar sistemas hápticos adaptáveis a contextos diversos. Desta forma, os autores pretendem através da Interfaces de Programação de Aplicativos (APIs) compatibilizar a interface a diferentes dispositivos tornando a atividade “plug and play”, como um mouse, se adapta a um novo sistema sem a necessidade de codificação. Orozco e Saddik (2008) também pretendem prover aos usuários uma ferramenta simplificada para o projeto e construção de novas cenas hápticas. Para tanto, o framework, Figura 66, deve ser flexível e adaptável às tecnologias hápticas existentes.

Figura 66 - AdHapticA



Fonte: Extraído de Orozco e Saddik (2008, p. 1843 - tradução nossa)

O framework considera os conceitos de projeto e adaptação de aplicações hápticas conforme a tecnologia de hardware e software disponíveis. Segundo Orozco e Saddik (2008, p. 1841 - tradução nossa), esta adaptação é:

[...] alcançada criando um sistema em camadas que compreende quatro componentes: 1) a fábrica de aplicativos (AF); 2) o componente de adaptação de software/hardware (SHA); 3) o motor de ambiente inteligente (IAE); e 4) o repositório de dados comportamentais (BDR). Este framework também pode ser compreendido como um protótipo de pesquisa na busca de um framework ou padrão comum para sistemas hápticos em termos de desenvolvimento de hardware e software.

Na fábrica de aplicativos (AF), os autores propõem uma interface gráfica utilizando a biblioteca OpenGL. Conforme Orozco e Saddik (2008), o OpenGL foi escolhido como formato principal deste módulo por ser recorrentemente aplicado em APIs hápticas. A fábrica de aplicativos contém variáveis que podem ser definidas e implementadas para os objetos

renderizados, provendo a funcionalidade háptica. Opera carregando modelos de diferentes formatos que se adequam ao dispositivo em uso.

O componente de adaptação de software e hardware (SHA) atua como um tradutor de APIs. Como apontam Orozco e Saddik (2008), atualmente cada dispositivo háptico utiliza uma API diferente. Assim, é necessário programar as funções e recursos para cada dispositivo, o que torna difícil a alternância entre aplicativos e dispositivos. A proposta dos autores considera os múltiplos API e organiza a informação adequada a cada dispositivo conectado.

O motor de ambiente inteligente (IAE) considera a necessidade de desenvolver cenários específicos para os diferentes propósitos da interação. As aplicações hápticas são adaptadas considerando as necessidades do contexto e de renderização. No framework, o IAE gerencia os componentes gráficos e hápticos através de processos específicos que são integrados à interface.

Para os autores, a coleta de dados durante as interações pode levar a relevantes descobertas nas análises posteriores. Assim, o repositório de dados comportamentais (BDR), segundo Orozco e Saddik (2008), registra um histórico de interações considerando atributos físicos, pontos de contato, posicionamento temporal e espacial do usuário. Os registros auxiliam na compreensão da informação recebida e percebida pelos usuários, possibilitando ajustes no desenvolvimento e planejamento de novos modelos de interação.

5.1.1.5 *Estudo comparativos e JCHAI3D*

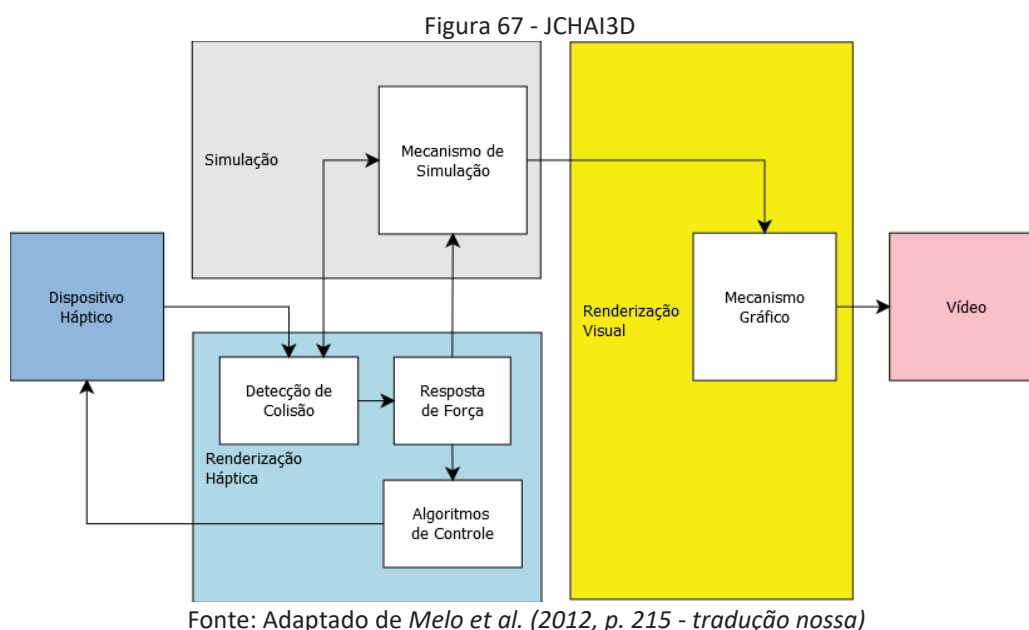
O trabalho de Popovici *et al.* (2012) oferece uma comparação entre as principais interfaces de programação de aplicativos no contexto da simulação que podem ser aplicadas a interações voltadas à medicina. Os frameworks avaliados pelos autores foram:

- **Rechain**, um framework comercial que somente pode ser utilizado através de contato com os provedores de desenvolvimento;
- **SOFA**, um framework de código aberto para implementar algoritmos e dividir objetos complexos em componentes funcionais;
- **CHAI3D**, um framework profissional, com versão reduzida em código aberto, que desenvolve objetos para dispositivos com múltiplos graus de liberdade;
- **H3D**, um framework de código aberto que pode ser alterado e distribuído seguindo alguns termos de licença;
- **GiPSi**, um framework de código aberto especializado em simulações cirúrgicas;

- **OpenHaptics**, um framework profissional para o desenvolvimento de objetos hápticos para aplicações com múltiplos graus de liberdade.

Os autores utilizam os seguintes critérios: tipo de licença; recursos necessários; recursos multimodais; compatibilidade com dispositivos hápticos; metáforas e dispositivos de navegação 3D; linguagem de implementação; extensibilidade e adaptabilidade; execução de tempo real ou virtual; configuração dinâmica da cena; documentação e disponibilidade da API. Para a aplicação desejada, Popovici *et al.* (2012) concluem que tanto o H3D quanto o CHAI3D podem ser utilizados como plataformas de desenvolvimento por possuírem os melhores atributos entre os pesquisados.

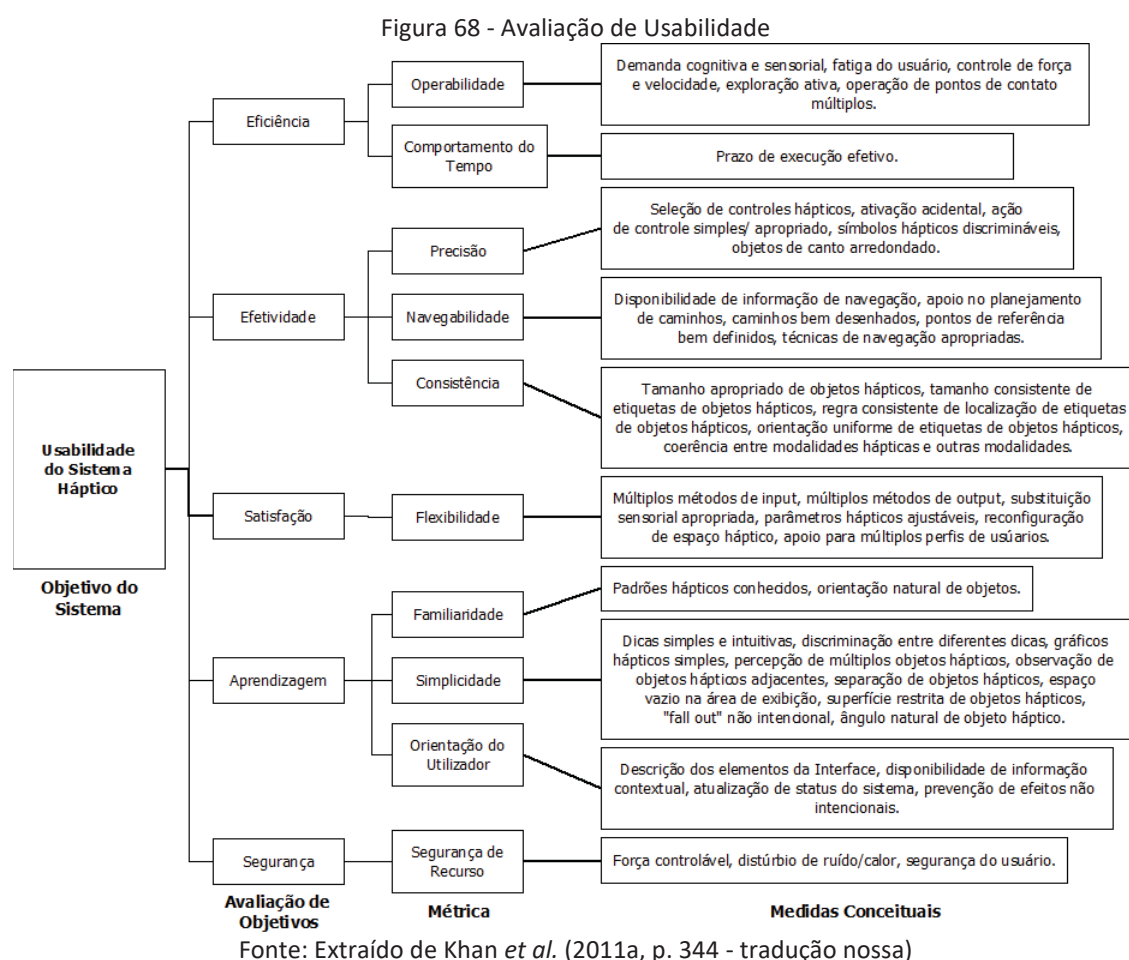
O trabalho de Melo *et al.* (2012), por exemplo, usa CHAI3D e SOFA para promover uma arquitetura de simulação de punção em procedimento cirúrgico, Figura 67. Por sua característica de utilização em dispositivos com múltiplos graus de liberdade, não faz relação direta com o escopo desta pesquisa, mas, como possui módulos bastante genéricos, pode ser observado para adaptações.



O framework apresenta como componentes o dispositivo háptico; conjunto de mecanismos para simulação; renderização háptica, considerando módulos de detecção de colisão, retorno de força e controle; renderização visual e saída gráfica. Os autores informam que no JCHAI3D é utilizada - por sua característica multiplataforma - a linguagem JAVA, reduzindo ou eliminando a necessidade de recompilar os dados para uso em diferentes ambientes. Melo *et al.* (2012) sugerem que o JCHAI3D pode ser adaptado para outros dispositivos hápticos.

5.1.1.6 Avaliação de Usabilidade

O trabalho de Khan *et al.* (2011a) traz uma série de estudos na qual propõe um framework de avaliação considerando os critérios de usabilidade e as orientações dispostas na ISO 9241-920 (2009). Como apontam Khan *et al.* (2012), a avaliação de usabilidade é uma tarefa complexa, pois deve abarcar diversos tipos e modalidades de interação háptica e objetos. A proposta dos autores se alinha com o objetivo deste documento ao sugerir uma perspectiva centrada no usuário independentemente do dispositivo háptico ou das aplicações. A compilação dos critérios de usabilidade é discutida em Khan *et al.* (2011b), que afirmam que o framework foi desenvolvido ao longo de discussões com especialistas em sistemas hápticos, Figura 68.

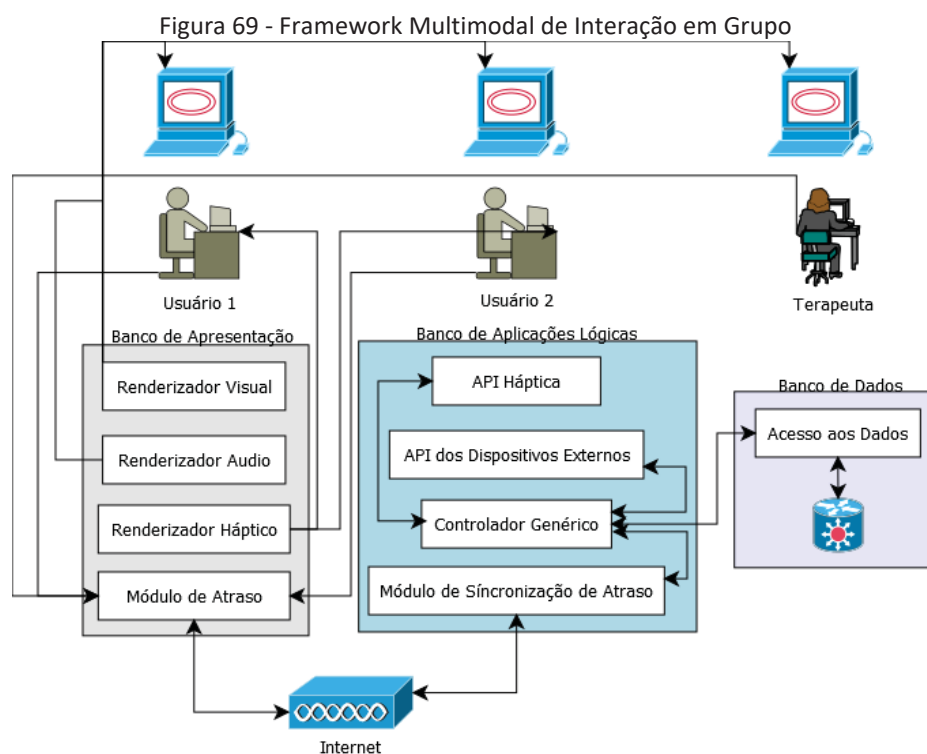


No framework, o objetivo do sistema a ser avaliado, conforme Khan *et al.* (2011a), é a usabilidade. Esta é detalhada em cinco pontos de avaliação: eficiência, efetividade, satisfação, capacidade de aprendizagem e segurança; os quais são subdivididos em dez métricas: operabilidade, comportamento do tempo, precisão, navegabilidade, consistência, flexibilidade, familiaridade, simplicidade, orientação ao usuário e segurança dos recursos. Posteriormente, o estudo de Khan *et al.* (2012) avalia o framework submetendo participantes a um questionário

no qual são anotadas pontuações para cada critério avaliado. Os resultados, segundo os autores, indicam que o framework pode ser aplicado nas avaliações de usabilidade em diferentes contextos e domínios de uso.

5.1.1.7 Arquitetura Multimodal

Em Le *et al.* (2016) é demonstrado um framework para interação em grupo considerando dispositivos hápticos com múltiplos graus de liberdade, Figura 69.



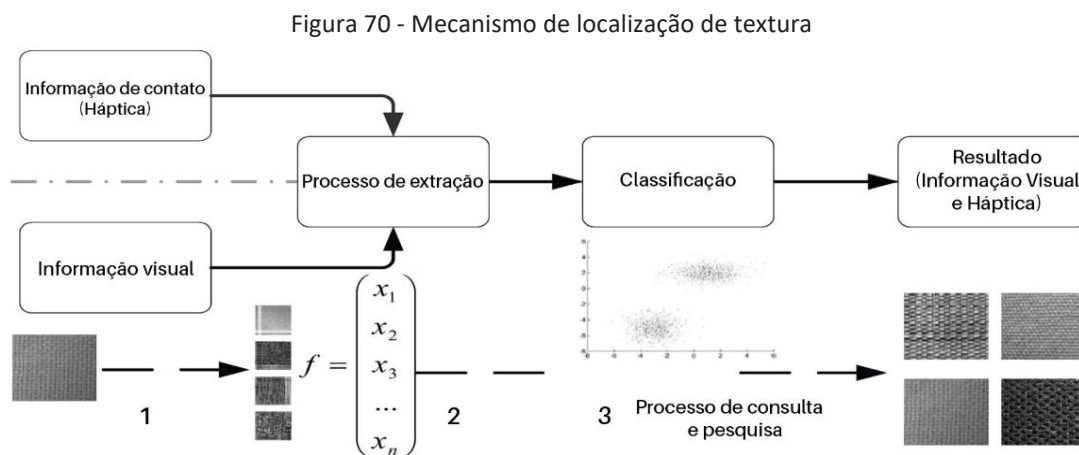
Fonte: Adaptado de Le *et al.* (2016, p. 64 - tradução nossa)

A proposta dos autores atende as aplicações com no mínimo dois usuários interagindo simultaneamente. É composta por um banco de apresentação onde os usuários recebem a informação do sistema através dos serviços de áudio, vídeo e renderizador háptico. Também possui um módulo de atraso, com o qual os dispositivos podem ser sincronizados através de aplicações lógicas. O campo de aplicações possui as APIs e os controladores, além do módulo de sincronia que garante um sinal equilibrado entre emissor e receptor.

Por fim, um banco de dados registra e dá acesso a padrões pré-estabelecidos de informação. Um mediador, representado aqui pelo terapeuta, ajusta o sistema conforme percebe a interação dos usuários. Le *et al.* (2016) apontam que o sistema permite a geração de atividades com múltiplos participantes e possui potencial para uso em práticas de reabilitação e de interação social para autistas ou outros usuários com deficiências cognitivas.

5.1.1.8 Mecanismo de localização de texturas

A renderização é um dos aspectos mais importantes na computação háptica. É a renderização adequada que permite ao usuário perceber e avaliar a informação tátil corretamente. Para Adi e Sulaiman (2010), um algoritmo de renderização pode tornar este processo mais eficiente. Assim, os autores demonstram um framework com base em um sistema na recuperação de imagem baseada em conteúdo, Figura 70.



Fonte: Extraído de Adi e Sulaiman (2010, p. 962 - tradução nossa)

O processo descrito por Adi e Sulaiman (2010) toma como base a identificação da informação de contato, ou seja, do ponto de interação do usuário junto à informação visual. Na sequência, é executado o algoritmo de extração onde os dados são compilados para serem classificados de acordo com um banco de dados. As características da interação identificadas acionam o retorno háptico e visual ao usuário através do dispositivo. Os autores testaram o algoritmo gerado em um experimento para localização de texturas em vestuário e informam que a proposta apresentou desempenho similar a outras abordagens, podendo ser assimilada para em campos de pesquisa diversos.

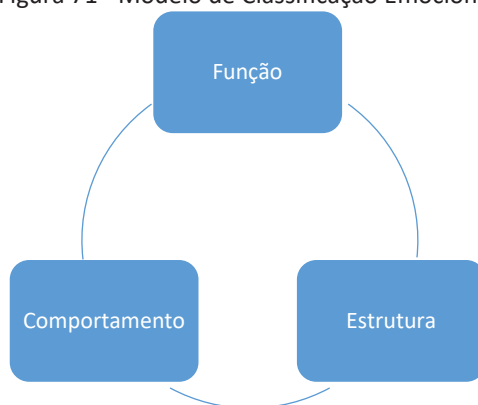
5.2 MODELO

Modelo é aqui entendido como a representação dos conceitos oriundos de um framework, podendo ser mais ou menos útil conforme seu detalhamento, complexidade e acuracidade. O modelo contextualiza o domínio do problema e permite uma conversa facilitada com os usuários sem a intenção de implementação direta.

5.2.1 Função, comportamento e estrutura

A pesquisa de Bae *et al.* (2013) considera que o toque pode ser um meio de prover relações emocionais com o objeto de interação. Compreendendo que a percepção háptica se relaciona à emoção, mas de forma complexa e difícil de quantificar, os autores sugerem um modelo de classificação emocional que considera a função, o comportamento e a estrutura, Figura 71.

Figura 71 - Modelo de Classificação Emocional



Fonte: Baseado em Bae *et al.* (2013)

A função se refere à execução da atividade pertinente ao sistema; a estrutura é relativa à parte do sistema que se torna dinâmica em virtude da sua função estar em execução e o comportamento observa como o usuário interage, mas também como o sistema reage ou apresenta informações de acordo com a interação. Neste contexto, Bae *et al.* (2013) apontam que existem dois métodos principais para mensurar a emoção: subjetivo e objetivo. O subjetivo é capaz de obter informações de alta qualidade, no entanto, o custo para sua execução é alto, pois demanda controle da situação para os experimentos. O método objetivo é baseado em medidas que não dependem da situação, permitindo a coleta de dados repetidamente, mas os autores apontam que é necessário conseguir correlacionar os dados objetivos e subjetivos para dar sentido à informação coletada:

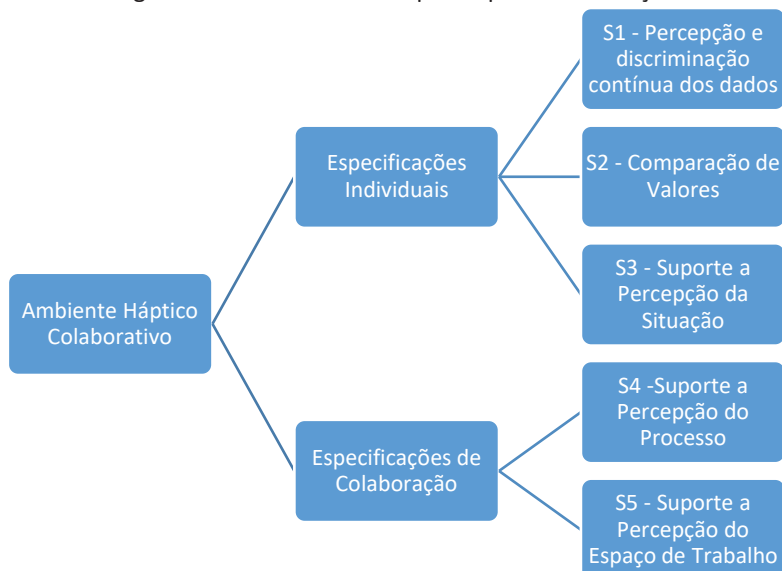
É necessário que dados objetivos e subjetivos se complementem e a associação entre os dois deve ser comprovada através da análise de correlação. Quando se trata de emoção, os dados objetivos podem ser divididos em grande parte em dados de observação humana e observação de produtos. Os dados da observação humana são informações extraídas dos sinais do corpo. [...] Os dados observados em produtos são informações dos componentes dos produtos através dos quais o usuário percebe a emoção. O que inclui valores estáticos, como cor, temperatura e volume, assim como valores dinâmicos, como posição, velocidade e aceleração. Bae *et al.* (2013, p. 2409 - tradução nossa)

O modelo sugerido pode ser utilizado para avaliar e incrementar a satisfação do usuário nas interações, entretanto, não é completo, uma vez que traz conceitos amplos que não consideram, por exemplo, o estado emocional prévio do usuário.

5.2.2 Colaboração em ambiente háptico

Os ambientes colaborativos demandam recursos que envolvam os indivíduos no sistema. De acordo Ammi e Katz (2015), a colaboração depende de uma comunicação explícita, com trocas entre os autores; subjetiva, através das trocas inconscientes, como as emoções e compartilhada por meio dos objetos e da interação entre participantes. Assim, para os autores, o modelo de ambiente colaborativo deve contemplar especificações que viabilizem a troca informacional e situacional entre os envolvidos, Figura 72.

Figura 72 - Elementos Perceptivos para Colaboração



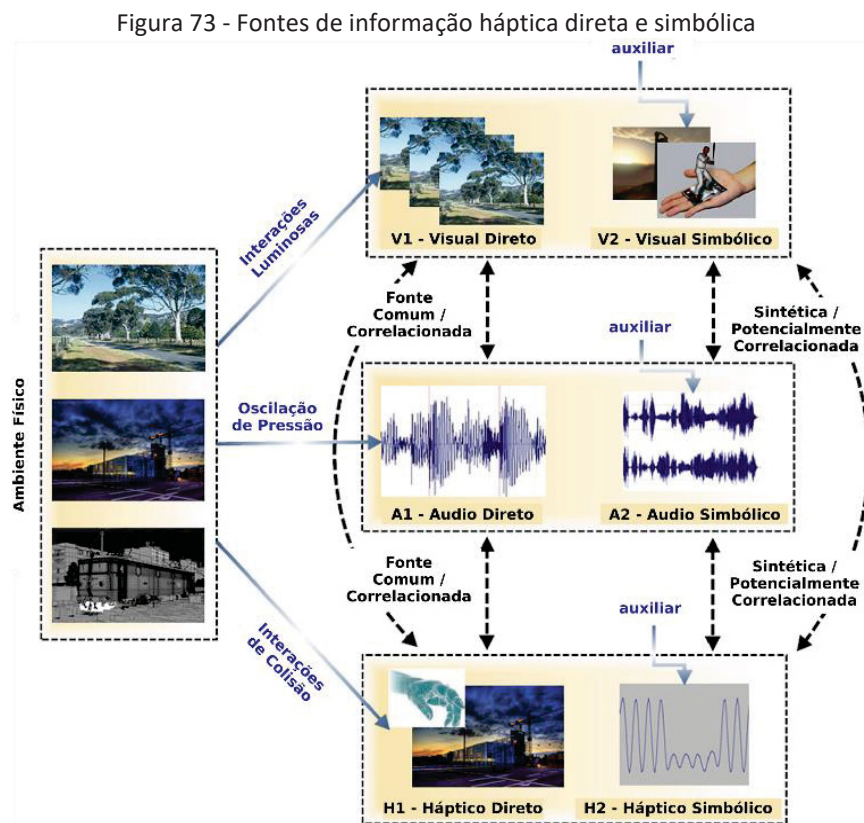
Fonte: Adaptado de Ammi e Katz (2015, p. 239–240 - tradução nossa)

As especificações, de acordo com Ammi e Katz (2015), retratam as seguintes situações: S1 - Percepção e discriminação contínua dos dados, o usuário deve conseguir identificar a informação ao explorar livremente o ambiente; S2 - Comparação de Valores, o usuário deve conseguir comparar valores com outros valores ou valores anteriores; S3 - Suporte à Percepção da Situação, o usuário deve perceber seu entorno, os significados, eventos e ações; S4 - Suporte à Percepção do Processo, para a colaboração é necessário compreender os resultados das ações dos outros envolvidos; S5 - Suporte à Percepção do Espaço de Trabalho, para viabilizar a colaboração é necessário perceber o espaço de trabalho dos outros envolvidos.

Considerando estes elementos os autores concluem que atividades colaborativas requerem a presença simultânea em um ambiente compartilhado. Neste local, os processos de colaboração devem ser planejados para que a comunicação entre os envolvidos seja eficiente e os ambientes hápticos viabilizem os processos perceptivos para entendimento situacional.

5.2.3 Renderização Háptica

A renderização háptica possui um importante papel na melhora da interação do usuário com o contexto digital. Traçando um comparativo entre as fontes de informação real e digital da háptica, Moustakas e Lalos (2017) apresentam um modelo para o entendimento da renderização da informação conforme a fonte de origem, Figura 73.



Fonte: Extraído de Moustakas e Lalos (2017, p. 6190 - tradução nossa)

Na representação, Moustakas e Lalos (2017) atribuem uma comparação simples entre os elementos do mundo real, no qual as informações alcançam diretamente o observador; e um ambiente simulado, onde as informações são combinadas através de componentes auxiliares que atuam como representações do real, ou seja, processada digitalmente, se aproximando do objeto que representa no mundo real. No modelo, o áudio é um conjunto de informações digitalizadas e a háptica é representativa, uma vez que as relações táteis do mundo real não podem ser completamente absorvidas no ambiente digital.

De acordo com Moustakas e Lalos (2017), para a renderização háptica, muitas vezes se processam as relações táteis estimadas resultantes da interação entre o usuário e objeto. Embora este método seja análogo ao que ocorre na realidade, demanda uma carga de processamento grande e pode não ser a melhor alternativa para alguns tipos de mostradores hápticos. Outra questão é que no contexto digital não há um vínculo necessário entre os canais sensoriais, ou seja, embora áudio, visual e háptico possam ser contemplados simultaneamente em uma simulação, a informação que cada um apresenta pode ser distinta. Por exemplo, enquanto o usuário visualiza uma imagem em movimento o áudio traz uma sonata não necessariamente relacionada à imagem e os componentes hápticos começam a vibrar para indicar a necessidade de recarga do dispositivo móvel. Neste contexto, Moustakas e Lalos (2017) consideram os canais informacionais como potencialmente correlacionados.

Outro aspecto que os autores destacam frente à interação tátil no mundo real é a necessidade de ter ou não um canal háptico bidirecional entre usuário e objeto. Para Moustakas e Lalos (2017), podem ser considerados dois sistemas distintos, de circuito fechado e aberto. O de circuito fechado é importante em ambientes nos quais a interação com o meio é crítica, como em cirurgias a distância. Por sua vez, o sistema de circuito aberto pode ser menos complexo e permite a tratativa da informação de forma passiva. Neste, o usuário percebe a informação háptica, mas não há a necessidade de identificar a reação de força do usuário, apenas o posicionamento é suficiente para indicar o contexto digital.

A compreensão de qual tipo de referência é necessária para que o usuário tenha a informação correta durante a interação háptica é um importante passo para o planejamento de sistemas com componente háptico.

5.3 ONTOLOGIA

De acordo com Gruber (1993) *apud* Rosales (2014, p. 47), o termo **ontologia**, quando empregado na representação do conhecimento, se refere à descrição formal e explícita de conceitos, os quais são frequentemente concebidos como um conjunto de entidades, relacionamentos, instâncias, funções e axiomas. As ontologias auxiliam na identificação do contexto, fornecimento de definições compartilhadas e no reuso das informações.

5.3.1 Ontologia HASM

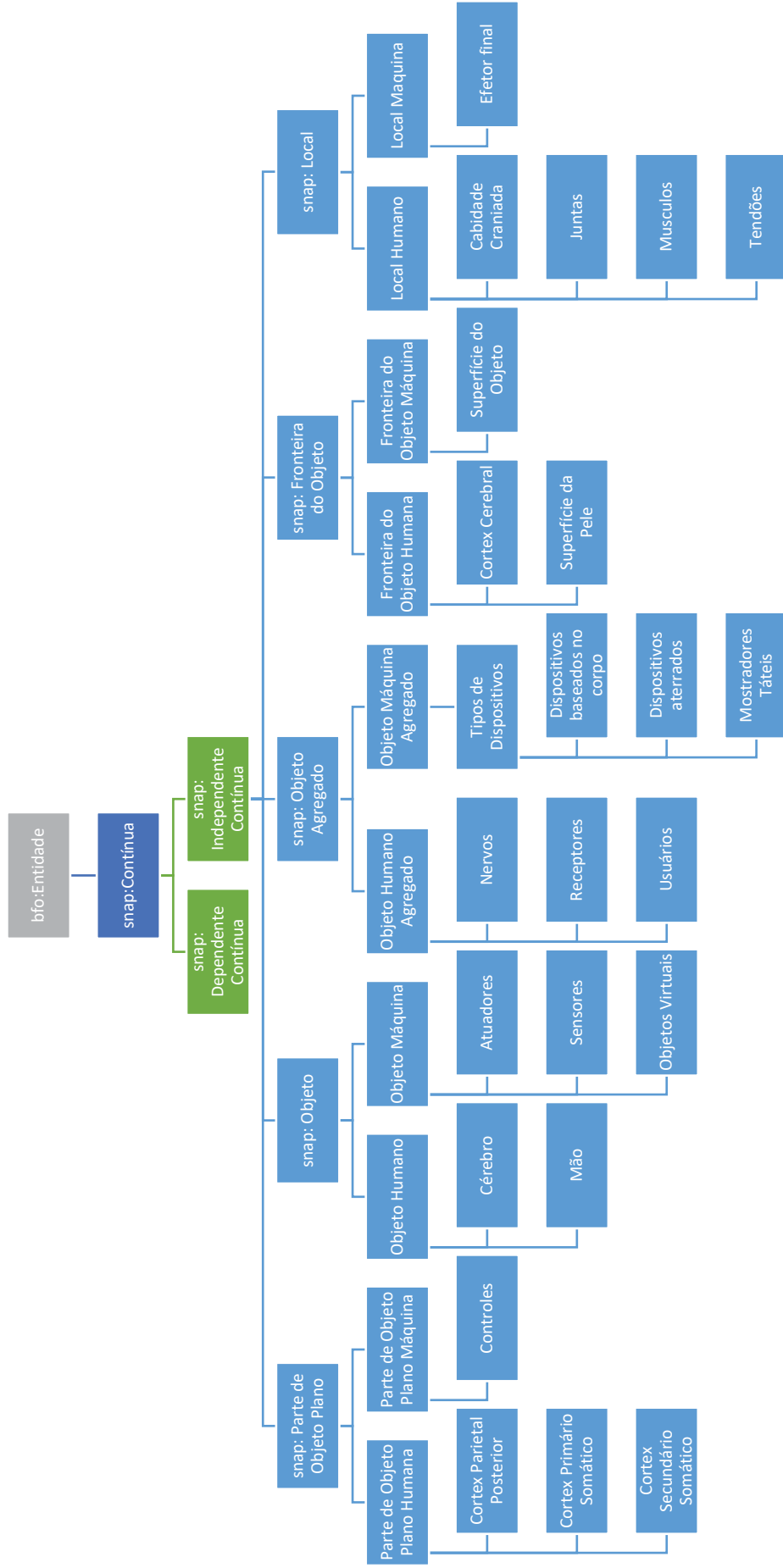
O trabalho de Myrghiotti *et al.* (2013, p. 6 - tradução nossa) apresenta a “HASM (Haptic Applications Software Modeling), uma ontologia que captura as entidades da interação háptica

e modela o fluxo de informações entre o sistema háptico humano e o sistema de dispositivo háptico”. Em tradução livre, os autores apresentam uma Ontologia para a Modelagem de Software de Aplicações Hápticas (HASM). A ontologia dos autores considera que ambos os sistemas (humano e máquina) possuem sensores, processadores e atuadores. A correlação entre os dois descreve o fluxo de informação bidirecional entre dispositivo e usuário. Cabe destacar que a maioria dos sistemas em dispositivos móveis é de circuito aberto, não possuindo informação háptica do usuário para a máquina.

É uma contribuição importante, uma vez que aborda conhecimentos quanto à classificação das interações hápticas e propriedades, instâncias e regras que modelam as diferentes vias que a informação háptica segue, conforme o dispositivo que está sendo utilizado. Os autores explicam que o HASM foi desenvolvido com a intenção de exportação para estrutura OWL (*Web Ontology Language*, tradução livre para Linguagem Ontológica Web), que é uma linguagem para definição e instanciação de ontologias web e BFO (*Basic Formal Ontology*, tradução livre para Ontologia Básica Formal).

São apresentadas em Myrgioti *et al.* (2013, p. 9 - tradução nossa): “(a) a descrição semântica do domínio háptico da máquina, (b) as entidades do domínio háptico humano e da máquina, (c) as relações entre as entidades e instâncias e (d) regras que modelam os aspectos dinâmicos do fluxo de informações nas várias vias humano e máquina”. Os autores classificam as entidades do domínio háptico através de dois critérios: se a entidade é um objeto ou processo; se pertence a máquina ou ao sistema háptico humano. A Figura 74 apresenta a ontologia para hierarquia Objetos.

Figura 74 - Subclasse hierárquica da classe Independente Contínua



Fonte: Adaptado de Myrzioti et al. (2013, p. 13 - tradução nossa)

Myrgioti *et al.* (2013, p. 12 - tradução nossa) explicam que “no BFO, cada ontologia SNAP representa as entidades que se enquadram nas categorias de entidades contínuas (entidades de objeto) e cada ontologia SPAN representa as entidades que se enquadram nas categorias de entidades atuais (entidades de processo)”. O Quadro 19 apresenta todas as entidades que foram desenvolvidas pelos autores:

Quadro 19 - Ontologia HASM

bfo:Entidade
snap:Contínua
snap: Dependente Contínua
snap: Qualidade
snap: Entidade Realizável
hasm: Receptores
hasm: Nervos
hasm: Sensores
hasm: Atuadores
hasm: Dispositivos Hápticos
hasm: Objetos Virtuais
snap: Regiões Espaciais
hasm: Região Espacial Humana
hasm: Ponto de Ativação de Áreas Corticais
hasm: Região Espacial Máquina
hasm: Classe do Ponto de Interação
snap: Independente Contínua
snap: Parte de Objeto Plano
Parte de Objeto Plano Humana
Cortex Parietal Posterior
Cortex Primário Somático
Cortex Secundário Somático
Parte de Objeto Plano Máquina
Controles
snap: Objeto
Objeto Humano
Cérebro
Mão
Objeto Máquina
Atuadores
Sensores
Objetos Virtuais
snap: Objeto Agregado
Objeto Humano Agregado
Nervos
Receptores
Usuários
Objeto Máquina Agregado
Tipos de Dispositivos
Dispositivos baseados no corpo
Dispositivos aterrados

	Mostradores Táteis
snap: Fronteira do Objeto	Fronteira do Objeto Humana Cortex Cerebral Superfície da Pele Fronteira do Objeto Máquina Superfície do Objeto
snap: Local	Local Humano Cavidade Craniada Juntas Músculos Tendões Local Máquina Efetor final
span: Ocorrente	
span: Entidade Processual	
span: Processo	hasm: Processos Humanos hasm: Exploração Manual hasm: Percepção hasm: Classe do Estímulo hasm: Processos Máquina hasm: Extração de recursos hasm: Modelagem de Geometria hasm: Renderização Háptica hasm: Modelagem Cinemática
span: Processo Agregado	hasm: Processo Agregado Máquina hasm: Háptica Computacional
span: Parte do Processo	hasm: Parte do Processo Humano
span: Limite do Processo	hasm: Interação do Usuário com um Dispositivo Háptico
span: Contexto Processual	hasm: Retorno Háptico hasm: Sinais Hápticos
span: Regiões Temporais	hasm: Atividade dos Receptores hasm: Duração do Processamento do Cérebro hasm: Ativação dos Neurônios Corticais hasm: Tempo de Transmissão das Fibras Nervosas hasm: Estimulação dos Receptores hasm: Intervalo do Estímulo
span: Regiões Espaço-Temporais	hasm: Localização do Estímulo

Fonte: Compilado de *Myrgiotti et al. (2013, p. 10–14 - tradução nossa)*

Os autores também descrevem algumas propriedades que representam as relações entre as instâncias dos objetos, conforme o Quadro 20.

Quadro 20 - Propriedades dos Objetos

<p>Ativar: qual estímulo ativa qual receptor</p> <p>ConectadoAtravés: relação entre receptores e nervos interconectados</p> <p>PossuiSensores: relação entre os dispositivos hápticos e classes de sensores</p> <p>PossuiAtuadores: quantidade mínima admissível de atuadores</p> <p>Integrar: relação entre classes do cérebro e da percepção indicando qual característica háptica é reconhecida por determinada área do cérebro</p> <p>EnviarParaÁreadoCérebro: relação entre classes do cérebro e dos receptores</p> <p>ProduzirRetorno: relação entre dispositivos hápticos e classes hápticas</p> <p>RepresentarGeometria: descreve a modelagem de objetos virtuais</p> <p>RepresentarMaterial: relação entre a renderização háptica e características materiais das classes de objeto</p> <p>ExtrairCaracterísticas: relação entre dispositivos hápticos e classes de propriedades dos objetos</p>

Fonte: Compilado de Myrghiotti *et al.* (2013, p. 16–17 - tradução nossa)

Para Myrghiotti *et al.* (2013), a ontologia proposta, assim como a caracterização das propriedades dos objetos, podem ser úteis para o desenvolvimento de melhores softwares para interfaces hápticas. Os autores apontam que a ontologia é passível de ser utilizada como componente de um framework indicando os domínios da háptica e da interação humano-háptica.

5.3.2 Facetas

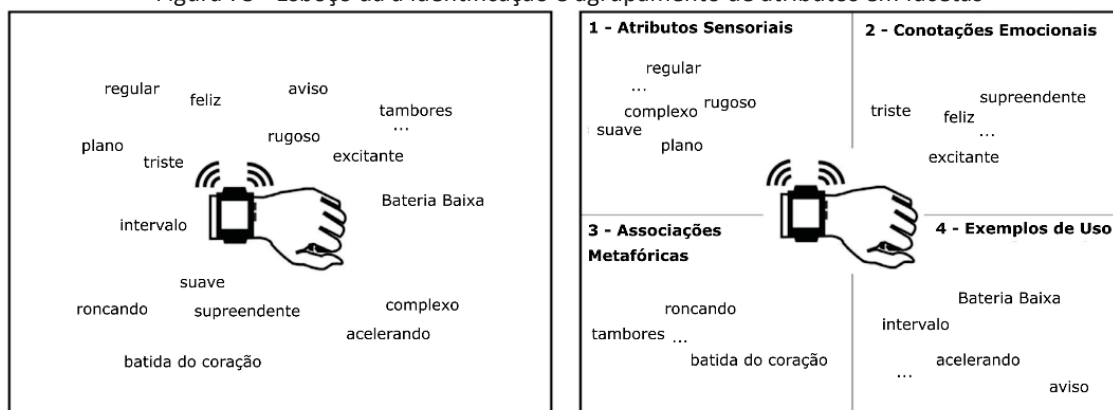
Muitas vezes os usuários recorrem a experiências anteriores para identificar similaridades entre o estímulo háptico e fatos passados que possam ser correlacionados, sejam emoções, sentimentos ou uso intencional. De acordo com Seifi e MacLean (2017), estas correlações estão enraizadas nas memórias dos usuários e dão indicações cognitivas de como as pessoas desenvolvem significados às coisas.

As facetas descritas por Seifi e MacLean (2017) utilizam esta capacidade de dar significado através de correlações para categorizar elementos virtuais. As facetas podem possuir uma propriedade única ou um conjunto de elementos que a refletem, tais como: lista de palavras, escalas numéricas e categorias múltiplas de atributos. Como exemplo uma faceta alternativa para um conjunto de imagens arquitetônicas, poderiam ser pessoas, figuras históricas, períodos de tempo, localização geográfica, entre outros. Conforme Seifi e MacLean (2017, p. 39 - tradução nossa):

A caracterização de facetas varia de domínio e depende do conhecimento de um usuário e mapeamento conceitual desse domínio. Várias facetas podem ser usadas de forma flexível para descrever ou examinar diferentes aspectos de um determinado item em uma coleção, ou, alternativamente, explorar esses aspectos à luz de outros itens de coleção.

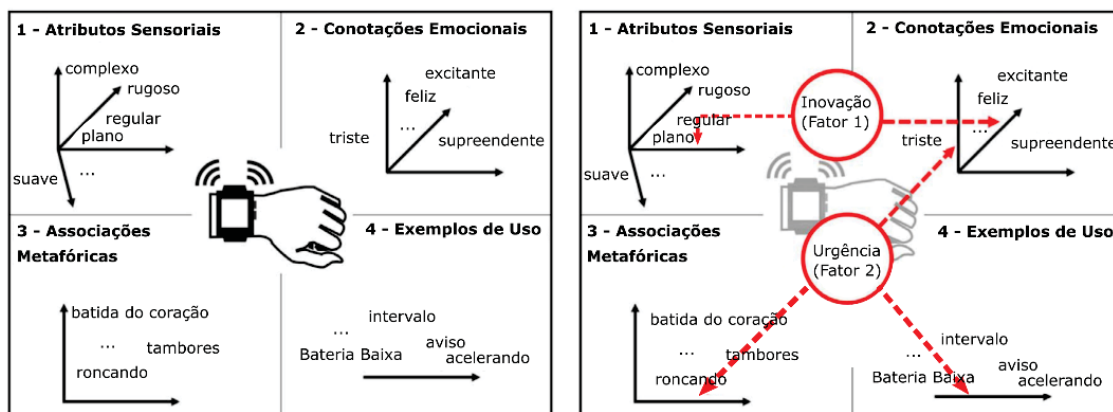
Tomando como base estudos anteriores, Seifi e MacLean (2017) consideram quatro facetas: **sensação** com atributos subjetivos, como energia e tempo; **emoção**; **metáfora** e **exemplos de uso**. No estudo realizado pelos autores a classificação das facetas e atributos se deu através de: identificação de atributos iniciais por especialistas e atributos do site VibViz (que apresenta 120 tipos de vibração); organização de grupos de facetas; avaliação subjetiva dos especialistas e análise dos dados, Figura 75.

Figura 75 - Esboço da identificação e agrupamento de atributos em facetas



(a) As pessoas utilizam de **linguagens misturadas** para descrever e dar sentidos às vibrações, o que é altamente descritivo; mas a desorganização torna difícil de utilizar estes dados em projeto

(b) **Facetas** organizam a descrição do usuário em categorias de etiquetas, cada uma descrevendo e orientando os elementos de acordo com um aspecto que as etiqueta compartilham nesta faceta



(c) As dimensões **semânticas subjacentes** de cada faceta (mostradas como setas pretas) estruturam seus atributos e expõe os eixos ao longo dos quais existe.

(d) Fatores são construções conceituais que podem descrever **os vínculos entre as dimensões das quatro facetas** (setas vermelhas)

Fonte: Extraído de Seifi e MacLean (2017, p. 40 - tradução nossa)

A figura demonstra como os atributos constituídos por meio de diferentes linguagens foram organizados nas facetas que podem ser utilizadas com foco na facilitação de projeto háptico e encontro de vínculos entre dimensões. Após a organização dos dados, as facetas e seus atributos podem ser localizados através do Quadro 21:

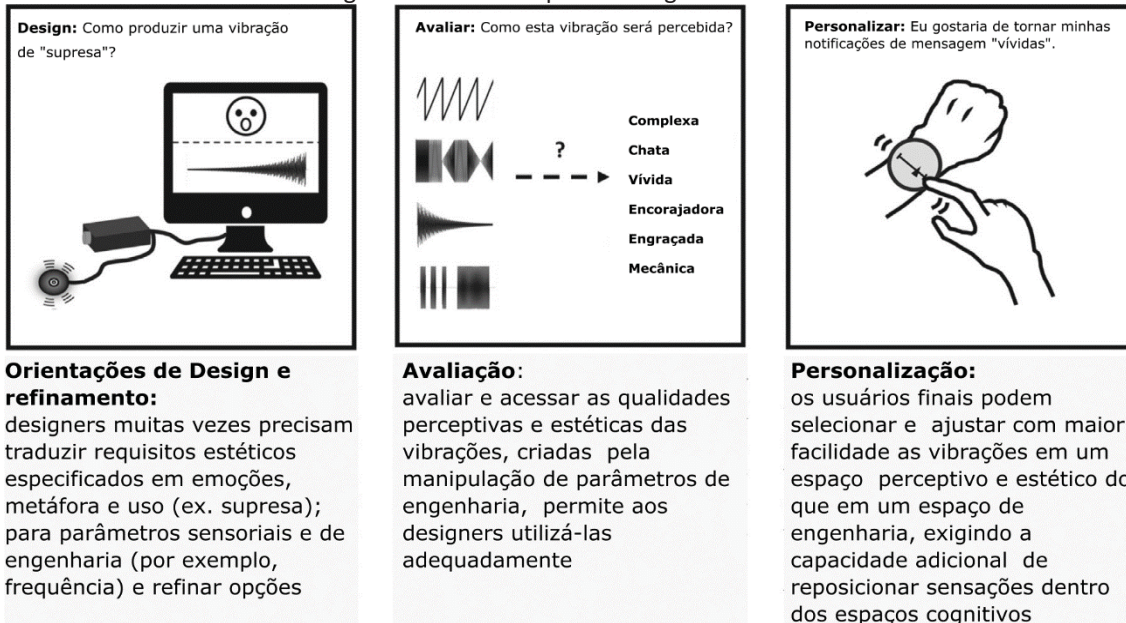
Quadro 21 - Facetas e principais atributos classificatórios

Faceta	Atributos
Atributos Sensoriais Propriedades perceptuais da vibração	- Energia; - Tempo ou velocidade; - Rugosidade; - Palavras Sensoriais (identificou 24 atributos ordenados do mais acordado ao menos acordado): transição suave; irregular; pontudo; incrementando; granulado; longo; simples; firme; áspero; ondulado; contínuo; descontínuo; acidentado; dinâmico; regular; espetado; macio; elástico; suave; decrementando; complexo; plano; coceguento.
Conotações Emocionais Interpretações emocionais à vibração	- Agradabilidade; - Excitação; - Palavras de Emoção (identificou 26 atributos ordenados do mais acordado ao menos acordado): rítmico; chamar-a-atenção; excitante; único; energético; mecânico; familiar; surpreendente; urgente; natural; estranho; previsível; desconfortável; animado; calmo; interessante; irritante; confortável; agradável; feliz; nervoso; entediante; arrepiante; triste; temor; engraçado.
Associações Metafóricas Exemplos familiares semelhantes à sensação vibracional	- Palavras de Metáfora (identificou 45 atributos ordenados do mais acordado ao menos acordado): dançando; pulsando; chegando perto; címbalo; alarme; telefone; Código Morse; batimento cardíaco; SOS; zumbido; motor; deslizando; tocando; jogo; indo embora; tremendo; rosnar; sapos; cutucando; indo ou vindo; bip; chifre; saltando; ronco; equitação; relógio; bateria; respiração; choque elétrico; instrumentos musicais; natureza; sino; arma de fogo; arranhando; celebração; caminhando; eco; explosão; motosserra; animal; uma mola; passos; uma história.
Exemplos de Uso Tipos de eventos aos quais a vibração se adéqua	- Palavras de Exemplos de Uso (identificou 24 atributos ordenados do mais acordado ao menos acordado): alarme; a meio caminho; lembrete; atenção; ficando em tempo; confirmação; acelerar; ao longo do tempo; desacelerar; intervalo; acima do limiar pretendido; retomar; falta um minuto; terminar; mensagem recebida; parabéns; prepare-se; marco; encorajamento; bateria baixa; pausa; aquecimento; esfriar; abaixo do limite pretendido; começar.

Fonte: Adaptado de Seifi e MacLean (2017, p. 41 e 55-56 - tradução nossa)

As palavras auxiliam na identificação das facetas através de atributos que remetem a interações já vivenciadas pelos usuários. Outros atributos que podem ser mensurados são considerados como espaço de engenharia e recebem tratamento quantitativo. Desta forma, as facetas, segundo Seifi e MacLean (2017), permitem a imputação de significados às percepções vibracionais e podem contribuir com o planejamento das diferentes etapas do ciclo do produto, ver Figura 76.

Figura 76 - Cenários para o design vibracional



Fonte: Extraído de Seifi e MacLean (2017, p. 39 - tradução nossa)

Apesar de Seifi e MacLean (2017) trabalharem especificamente com o retorno háptico vibracional, o cenário descrito parece se adequar a outros padrões de retorno tátil. O ciclo do produto exemplificado considera as fases iniciais de projeto através da compreensão e implementação dos requisitos solicitados; a avaliação de como estas implementações são realmente percebidas pelos usuários e, então, a possibilidade de ajuste ou definição do retorno háptico pelo usuário fim.

Ainda que o trabalho de Seifi e MacLean (2017) contribua significativamente para o design vibracional, é necessária cautela antes de assumir os atributos como definitivos. Como bem pontuam os autores, é importante o desenvolvimento de novos estudos para confirmar ou rejeitar os padrões identificados. Observa-se que a identificação dos padrões depende dos conhecimentos prévios expressos pelos participantes através da correlação de atributos com conhecimentos anteriores que podem ser muito específicos e de difícil interpretação.

5.4 NAVEGAÇÃO HÁPTICA E VISUAL

Para Pan *et al.* (2014), embora ainda existam dúvidas quanto à utilidade do retorno háptico nos modelos mentais, já está claro que os usuários podem identificar e interpretar as informações hápticas mesmo em tarefas complexas, melhorando o tempo de reação e, subjetivamente, a carga de trabalho percebida. Os autores investigaram as relações visual, háptica e sem marcadores na interação com o dispositivo testado, segundo o Quadro 22:

Quadro 22 - Relações entre navegação

H1: usuários apresentam melhor performance quando marcadores são demonstrados	DH (mostrador háptico); DV (mostrador visual); DV + DH apresentaram navegação mais rápida do que a navegação sem marcadores Dnone (sem mostrador) DH e DV + DH apresentou maior acuracidade do que Dnone
H2: usuários não apresentam piora na performance comparando mostradores háptico ou visual.	Não foram identificadas diferenças significativas entre DH; DV ; DV + DH no tempo de navegação. Em termos de acuracidade, ter o DH trouxe a melhor acuracidade.
H3: usuários apresentam melhor performance com DV + DH sobre DH ou DV apenas [Não suportado]	Não foram identificadas diferenças significativas no tempo de navegação ou acuracidade.
H4: usuários preferem DV + DH sobre DH ou DV apenas	75% dos participantes preferiram a modalidade DV + DH
H5: usuários apresentam melhor performance com NH durante a navegação enquanto os marcadores forem mostrados. [Parcialmente suportado]	NH (notificações) melhoraram o tempo de navegação enquanto os marcadores eram mostrados visualmente. Não houve impacto com marcadores hápticos, ou na acuracidade.

Fonte: Extraído de Pan *et al.* (2014, p. 31–32 - tradução nossa)

As conclusões de Pan *et al.* (2014) apontam para uma clara preferência aos sistemas multimodais durante a interação. Embora esta modalidade não tenha apresentado uma melhora real no tempo de navegação do usuário, a acuracidade foi incrementada ao trabalhar com o modo visual e háptico. Um ponto destacado é que em nenhum momento o uso da háptica causou piora na interação do sistema, mas sua utilização isolada pode não ser suficiente para prover a informação necessária ao usuário.

Nesta direção, o trabalho de Klatzky *et al.* (2013) reforça que é necessária atenção quanto ao tipo de informação demonstrado ao usuário por intermédio do canal háptico. De acordo com os autores, existe uma maior facilidade de identificar, através da percepção tátil, informações relacionadas às propriedades do material, tais como: aspereza, calor ou frio aparente e conformidade, do que informações referentes à localização espacial, dentre as quais a identificação do posicionamento de bordas, superfícies e elementos puntiformes. Embora esta não seja uma limitação definitiva, se torna importante validar as relações hápticas desenvolvidas para garantir a correta identificação dos objetos projetados.

5.5 GRUPOS EM CONTATO COM DESENVOLVIMENTO HÁPTICO

Braun *et al.* (2008) discorrem sobre três grupos principais em contato com as interfaces hápticas, usuários, produtores e vendedores ou fornecedores:

- **Os usuários** são aqueles que sabem operar o produto e conhecem seus princípios básicos de funcionamento; conhecem os detalhes necessários para sua operação ou propósitos próprios; não se interessam no “como funciona”, mas “ao que lhes serve o produto”.
- **Os produtores** conhecem profundamente os princípios de funcionamento dos dispositivos hápticos; compreendem o processo produtivo e de testagem; não são necessariamente especialistas no uso pretendido da interface háptica; utilizam dados técnicos para alcançar seus objetivos.
- **Os vendedores/fornecedores** usam as interfaces hápticas para venda de seus produtos; atuam como ligação entre os produtores e os usuários; geralmente são os responsáveis por realizar demonstrações de utilização dos produtos; permitem que o usuário fique confortável com o uso do produto.

Para Braun *et al.* (2008, p. 262 - tradução nossa): “o avaliador humano deve ser a referência para todos os sistemas técnicos que geram conclusões sobre as propriedades hápticas ou a classificação geral de interfaces hápticas”. Segundo os autores, os produtores e fornecedores de conteúdo háptico dependem das avaliações para otimizar seus produtos. Nesta direção, o trabalho de Schneider *et al.* (2017, p. 7 - tradução nossa) investiga produtores especialistas em processos hápticos buscando identificar informações para três temáticas principais:

[...] a natureza holística, multissensorial e integrada verticalmente das experiências projetadas; o ecossistema colaborativo em que os designers de experiência háptica desempenham variados papéis; e as influências dos contextos culturais em que as experiências hápticas são usadas, o valor e risco que isso representa”.

Por meio desta investigação os autores relatam que a háptica depende de atores múltiplos; desde os desenvolvedores primários da tecnologia, como os fornecedores e indústrias, até os usuários finais, passando por engenheiros, projetistas, designers e outros especialistas; para desenvolver um sistema háptico significativo frente às limitações técnicas naturais de cada projeto. As informações identificadas diante das temáticas do estudo são apresentadas sinteticamente no Quadro 23:

Quadro 23 - Componentes do projeto háptico

As experiências hápticas são multissensoriais e verticalmente-integradas		
Ex1	Os componentes hápticos são verticais	Alterar um componente háptico pode influenciar o grande sistema de hardware/software e vice-versa.
Ex2	Truques para criar ótimas sensações	Os designers hápticos podem melhorar os projetos e trabalhar em torno de restrições através de truques multissensoriais.
Ex3	Latência e tempo	Sem um retorno (<i>feedback</i>) rápido e sincronia de tempo, as experiências hápticas se desintegram.
Ex4	Restrições e contexto desconhecido	Outras modalidades podem impor restrições; as restrições nem sempre podem ser conhecidas.
Ex5	Adaptação e customização	Designers adaptam suas soluções a cada aplicativo; os usuários finais se beneficiam da personalização.
A colaboração ocorre no espaço, no tempo e nas disciplinas		
Co1	Os papéis internos são interdisciplinares	É preciso uma equipe multidisciplinar para criar um design háptico.
Co2	Suporte da engenharia	A prototipagem é necessária e muitas vezes delegada aos engenheiros.
Co3	Os papéis externos são internacionais	As equipes de design háptico trabalham com outras partes interessadas em todo o mundo.
Co4	Facilitadores e defensores	Os representantes de vendas lidam com demonstrações (amostras) e lutam por um acordo.
Co5	Demonstrações e documentação	Designers frequentemente demonstram ao invés de explicar.
O design está inserido na cultura tecnológica atual		
Em1	Entendendo os requisitos	Clientes e designers têm problemas para articular e entender os objetivos.
Em2	Avaliação	Experienciando para obter sensações corretas, geralmente com testes de aceitação e implantação.
Em3	Privacidade e propriedade intelectual	A tecnologia háptica e os componentes de origem são muitas vezes de ponta e secretos (protegidos intelectualmente).
Em4	UX e branding	Experiências táteis fornecem benefícios intangíveis.
Em5	Superando risco e custo	Componentes hápticos são arriscados e caros de incluir em um produto.

Fonte: Compilado de *Schneider et al. (2017, p. 12 e 13 - tradução nossa)*

Os autores sugerem que uma forma de integrar os discursos dos especialistas a um processo comum seria o uso do design *thinking*, com as seguintes etapas: preparação do problema, esboços iterativos e colaboração. Esta possibilidade surge da observação de que os especialistas, investigados pelos autores, utilizam fases semelhantes ao design *thinking* mesmo sem a ciência deste fato:

- a) Preparação do problema; segundo Schneider *et al.* (2017, p. 7 - tradução nossa): “os desenvolvedores hápticos coletam requerimentos do envolvidos e mantêm coleções de exemplos de designs hápticos”.
- b) Esboços; técnica clássica no design, o esboço é uma atividade crítica para aproximação da solução e permite a ideação, iteração e avaliação.
- c) Colaboração; o envolvimento com os usuários finais é usualmente relatado como uma prática positiva no design, que permite o encontro de soluções mais efetivas e ~~mais~~ rápidas ao problema investigado.

De acordo com Schneider *et al.* (2017), embora existam similaridades com outras práticas de design, o campo do design de experiências hápticas (HAXD) vem desenvolvendo uma identidade com características próprias. As atividades do designer háptico são descritas pelos autores e podem ser visualizadas no Quadro 24:

Quadro 24 - Papel do designer háptico

Desenvolver e comunicar a visão

Os designers hápticos devem articular o valor que seus projetos podem trazer aos usuários finais e aos clientes. Devem comunicar valor para sua equipe e outros e, crucialmente, eles devem persuadir as partes interessadas externas de que seu produto contribuirá para a linha geral. Para tanto, devem coletar, executar e refinar demonstrações, uma parte crítica do conjunto de ferramentas comunicativas dos designers hápticos.

Preparar-se para o design

Os designers hápticos precisam prever as exigências dos clientes, já que muitas vezes os clientes não entendem a si mesmos. Os designers hápticos também coletam exemplos, tanto para fornecer inspiração quanto para facilitar a comunicação. Os designers hápticos precisam de maneiras de capturar, modificar, gerenciar, encontrar, usar e compartilhar exemplos e ideias, tanto aquelas que eles desenvolvem quanto as que buscam como inspiração.

Desenvolver, comunicar e avaliar múltiplos conceitos de forma iterativa. [...]O design *thinking* e o design centrado no usuário são importantes para o projeto háptico, especialmente porque os requisitos são difíceis de se comunicar e entender. Além disso, os designers hápticos também devem se comunicar com engenharia, articular requisitos para receber novos protótipos físicos, ou ter habilidades de engenharia para criar demonstrações e protótipos próprios.

Durante a iteração, os designers hápticos devem avaliar projetos e coletar retornos, tanto com comentários informais de colegas quanto estudos formais, geralmente executados por divisão de pesquisa/Experiência do Usuário (UX). No entanto, esta prática está atualmente limitada tanto por preocupações industriais (confidencialidade, custo, acesso ao usuário final) quanto pela natureza de difícil compartilhamento da própria tecnologia háptica.

Interface com a pesquisa

Os designers hápticos precisam distribuir protótipos ou estímulos para a UX ou a divisão de pesquisa e comunicar os objetivos do estudo. Eles também devem monitorar a pesquisa acadêmica neste campo em rápida mudança, interpretando dados que emanam de múltiplas fontes: pesquisa de marketing, estudos de psicofísica em hardware e estímulos e design de interação de aplicativos. Alternativamente, eles podem planejar, executar e analisar estudos diretamente.

Gerenciar a propriedade intelectual

Como em outros campos tecnológicos, os designers hápticos devem ser sensíveis sobre a propriedade intelectual, tanto a tecnologia da própria empresa quanto as muitas empresas e divisões com as quais eles interagem. Como a tecnologia háptica é muito vertical, isto pode ser bastante restritivo.

Font: Adaptado de *Schneider et al. (2017, p. 17 - tradução nossa)*

Os autores ainda tratam os seguintes tópicos como desafios para o HaXD: o contexto háptico é, em grande parte, desconhecido; aplicações e indivíduos variam extremamente; as demonstrações são complexas, caras e cruciais; o processo de iteração é trabalhoso; a colaboração requerida para o projeto háptico é laboriosa; os métodos de avaliação são complexos; o valor da háptica é difícil de quantificar. Por fim, *Schneider et al. (2017)* recomendam três abordagens para o projeto háptico: interfaces hápticas adaptáveis;

exploração da virtualização e softwares de simulação; estabelecimento de infraestruturas conceituais ricas.

5.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Neste capítulo foi apresentada uma breve contextualização do uso da háptica em dispositivos móveis seguida de informações estruturadas para o desenvolvimento e registro desses recursos. Na seção frameworks, foram demonstradas estruturas aplicadas a diferentes contextos e momentos do ciclo de vida dos recursos hápticos. Assim, os frameworks contemplam processos de avaliação; etapas de registro; repositório de dados háptico; um framework para projeto e adaptação de recursos hápticos entre outros.

Em especial, os frameworks de avaliação são bastante importantes para esta pesquisa, uma vez que os múltiplos envolvidos no planejamento de OAH dependem de processos avaliativos para verificar a aderência dos recursos aos objetivos propostos. Na seção modelos, são abordados aspectos relacionados à função das atividades propostas; a estrutura dos sistemas hápticos e do comportamento dos envolvidos através de elementos da colaboração.

Na sequência, o capítulo expôs ontologias que podem ser úteis ao registro dos recursos hápticos e facetas que trazem o entendimento sobre os atributos possíveis de serem contemplados pelo tato. O documento é encerrado com a discussão do papel do designer no projeto háptico. Este capítulo contribui para o entendimento de requisitos diversos que devem ser contemplados no planejamento de OAH, bem como do papel do designer háptico enquanto agente de articulação entre os usuários e demais envolvidos no projeto.

O capítulo que se segue oferece uma revisão de normas ABNT e ISO, que foram identificadas por meio dos termos “háptica”, “tátil” e “usabilidade”. E traz de forma sintética aspectos chaves das normas que devem ser observados no planejamento de OAH.

6 | CONTRIBUIÇÕES DAS NORMAS ISO E ABNT

Neste capítulo são apresentados aspectos gerais das normas da ABNT e ISO que podem auxiliar no planejamento de OAH. A ordem de apresentação das normas busca facilitar o entendimento trazendo inicialmente aspectos gerais da informação para então tratar de aspectos mais voltados à temática central desta pesquisa. Ao final do capítulo é realizada uma breve discussão da aplicação destas normas no planejamento de OAH com componente háptico.

6.1 9241-12: APRESENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO

A ABNT NBR ISO 9241-12 (2011, p. 1) “fornece recomendações ergonômicas para a apresentação da informação e propriedades específicas de informações apresentadas em interfaces gráficas e textuais usadas para tarefas de escritório”. Estas informações podem ser úteis ao projetar os espaços de interação háptica. A ABNT NBR ISO 9241-12 (2011, p. 3 - destaques do autor) aborda estes espaços como área de uma tela, considerando:

área de identificação, área onde é fornecido o título da informação mostrada, a qual pode incluir uma indicação da localização e tarefa atuais do usuário; **área de entrada/saída**, área onde a informação é recebida dos usuários e/ou apresentada aos usuários; **área de controle**, área onde é fornecida informação de controle e/ou controles para a interação, entrada de comando e é fornecida a seleção de comando; **área de mensagem**, área onde são fornecidas informações como estado de atualização e/ou outra informação.

A discriminação da tela em áreas permite a localização da informação de forma consistente, ou seja, auxilia no planejamento e design de conteúdos similares em posições também similares na tela. A norma aponta que nas áreas é importante o uso de densidades de dados compatíveis para que não tornem a interação demasiadamente complexa ou mesmo inviável ao usuário. Para tanto, a ABNT NBR ISO 9241-12 (2011, p. 8 - destaques do autor) considera atributos da informação, tais como:

clareza, conteúdo da informação é transmitido rapidamente e com precisão; **discriminabilidade**, a informação apresentada pode ser distinguida com precisão; **concisão**, são dadas aos usuários somente informações necessárias para realizar/concluir a tarefa; **consistência**, a mesma informação é apresentada do mesmo modo do começo ao fim da aplicação, de acordo com as expectativas do usuário; **perceptibilidade**, a atenção do usuário é dirigida para a informação requerida; **legibilidade**, a informação é fácil de ler; **compreensibilidade**, o significado é claramente entendido, sem ambiguidade, interpretável e reconhecível.

A norma ainda trata do **sequenciamento**, ou seja, caso uma tarefa solicite uma sequência de eventos específicos para ser completada é interessante que a interface apresente ordem ou agrupamento que facilite ao usuário completar esta sequência. De acordo com a norma, as informações apresentadas não devem causar impedimentos para que o usuário desenvolva outras ações de interação. A ABNT NBR ISO 9241-12 (2011, p. 8) sugere que é importante o conhecimento de disciplinas, como:

Fisiologia humana (por exemplo, sistema sensorial)
Psicologia (por exemplo, carga de trabalho mental)
Ergonomia (por exemplo, contexto de uso; ver a ABNT NBR ISO 9241-11)
Tipografia
Projeto gráfico

No entanto, este conhecimento não é domínio de apenas um desenvolvedor. A norma indica a importância de considerar a formação de equipes multidisciplinares para que as diversas facetas da informação possam ser contempladas com grande eficiência.

6.1.1 Objetos Gráficos

A ABNT NBR ISO 9241-12 (2011, p. 4) trata dos ícones gráficos “como um dispositivo de interação visual, que representa um objeto, ação ou uma função”. Embora a norma não mencione entre estes objetos os ícones táteis, tal classificação pode ser interpretada neste trabalho como um dispositivo de interação tátil, que representa um objeto, uma ação ou uma função. De acordo com a norma, os objetos gráficos que possuem mais de um estado (ativo ou inativo; selecionado ou não selecionado; visualizado ou não visualizado) devem utilizar modos de discriminar estes estados, por exemplo, uma alteração na cor ou contorno para indicar que um objeto está selecionado ou ativo. Esta mesma caracterização também deve ser adotada para janelas que demandam a compreensão de localização do usuário.

Os elementos em tela devem ser preferencialmente rotulados ou possuir ferramentas de auxílio como botões de ajuda, balões de informação e ferramentas de dicas. “Convém que a construção ou regras para codificação de informações sejam sempre especificadas em conjunto com os usuários-alvo e de acordo com suas expectativas e tarefas”, ABNT NBR ISO 9241-12 (2011, p. 22). Nesta direção, a ABNT NBR ISO 9241-12 (2011, p. 23) ainda aponta orientações como:

- a) A utilização de regras de codificação já existentes ou criadas junto aos usuários;

- b) Códigos de cores, se utilizado, facilmente distinguível;
- c) Códigos de luminância, se utilizado, facilmente distinguível;
- d) Códigos de área (como textura, sombreamento), se utilizado, facilmente distinguível;
- e) Destaque intermitente (pisca) não deve prejudicar a legibilidade.

Além disso, a ABNT NBR ISO 9241-12 (2011) traz ferramentas para determinar a aplicabilidade das diferentes recomendações, sinteticamente trata da: **análise documental**, contemplando informações descritivas do sistema ou específicas da informação; **evidência documentada**, dados de análise registrados; **observações**, para determinar a aplicabilidade de recomendações em particular; **avaliações analíticas** realizadas por peritos ou especialistas; e **avaliações empíricas** com testagem com usuários.

6.2 9241-151: ORIENTAÇÕES PARA INTERFACES DE USUÁRIOS DA WORLD WIDE WEB

A ABNT NBR ISO 9241-151 (2011, p. 1), “fornece orientação sobre o projeto centrado no ser humano para interfaces de usuário de software na web com o objetivo de aumentar a usabilidade”. A norma considera que existem os seguintes envolvidos no processo de produção de interfaces web: durante o processo inicial de design e todo o ciclo de projeto, *os desenvolvedores e projetistas* que são os responsáveis por tornar as aplicações executáveis; *os desenvolvedores de ferramentas de criação*, que utilizam as normativas para verificar recomendações adequadas a diferentes ferramentas; durante os ciclos intermediários, *os fornecedores de conteúdo e avaliadores de usabilidade*, responsáveis respectivamente pela produção de informação e verificação dos requisitos de usabilidade, eficiência, eficácia e segurança; e durante o ciclo final e início de novos ciclos, *os compradores* que desejam adquirir e manter a qualidade de seu produto.

A ABNT NBR ISO 9241-151 (2011, p. 3) contempla os seguintes conceitos base:

modelo conceitual de conteúdo; modelo abstrato que descreve os conceitos de um domínio de aplicação, as relações entre esses conceitos e as operações a serem realizadas sobre os conceitos ou relações;

conteúdo; conteúdo da web (interface web de usuário) conjunto de objetos de conteúdo;

objeto de conteúdo; objeto, interativo ou não, contendo informação representada por texto, imagem, vídeo, som ou outros tipos de mídias;

objeto de interação; componente da interface web com o usuário que recebe entradas do usuário;

objeto de mídia; componente de um documento da web que é implementado por um único tipo de mídia;

componente de navegação; grupo de elementos de navegação posicionados juntos; ABNT NBR ISO 9241-151 (2011, p. 4);

renderização; ato pelo qual as informações de um documento são apresentadas ; ABNT NBR ISO 9241-151 (2011, p. 5).

Com relação ao conteúdo, a ABNT NBR ISO 9241-151 (2011) apresenta características próximas ao design centrado no usuário, almejando a compreensão do sistema, dos envolvidos e das tarefas a serem executadas.

6.2.1 Conteúdo

Assim como o conteúdo é uma característica chave no processo de desenvolvimento para web, a seleção dos objetos adequados é um passo claro para a compilação de recursos de aprendizagem. Sendo assim, é importante compreender o objetivo do sistema e também qual objeto atende aos resultados pretendidos. O ambiente digital possibilita uma multiplicidade de processos paralelos que muitas vezes demanda a atenção dos usuários, tornando importante a flexibilidade do sistema.

A norma sugere que o conteúdo seja completo, evitando a necessidade de acesso a outras interfaces. De modo similar aos OA, discute o nível de granularidade da informação: “convém que unidades de conteúdo possuam um nível adequado de granularidade (nível de detalhe), especialmente se uma unidade de conteúdo for utilizada em partes diferentes do website ou reutilizada para propósitos diferentes” ABNT NBR ISO 9241-151 (2011, p. 13).

6.2.2 Recomendações

Para o usuário, compreender o conteúdo da informação e em qual momento de interação se encontra é importante para entendimento da interface. A norma apresenta diversas recomendações que devem ser observadas no projeto de interfaces web. Na sequência são apresentados tópicos que possuem proximidade ao planejamento de OAH, com base na ABNT NBR ISO 9241-151 (2011):

A seleção dos objetos de mídia adequados, ABNT NBR ISO 9241-151 (2011, p. 14);

Habilitação do usuário para controlar objetos de mídia dependentes de tempo, ABNT NBR ISO 9241-151 (2011, p. 15);

Tornar evidentes a individualização e a adaptação, ABNT NBR ISO 9241-151 (2011, p. 17);

Tornar evidentes os perfis de usuário, ABNT NBR ISO 9241-151 (2011, p. 17);

Tornar a navegação autodescritiva, ABNT NBR ISO 9241-151 (2011, p. 19);

Mostrar ao usuário onde ele está ABNT NBR ISO 9241-151 (2011, p. 19);

Consistência entre os componentes de navegação e o conteúdo ABNT NBR ISO 9241-151 (2011, p. 24).

A consistência entre os componentes de navegação e o conteúdo, segundo a norma, tratam da identidade da navegação, ou seja, da coerência e manutenção das regras e códigos de interação. Se os componentes de navegação forem exibidos junto ao conteúdo associado, convém que seja mantida a consistência entre estes através de indicação no componente de navegação do tópico atualmente visível na área de conteúdo e interface (por exemplo, uso de realce de texto).

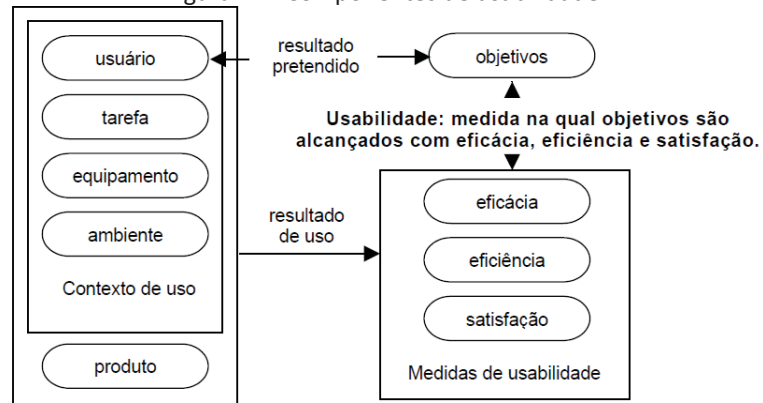
6.2.3 Objetos de Interação

A ABNT NBR ISO 9241-151 (2011) aborda brevemente os objetos de interação. Sugere que estes objetos sejam escolhidos considerando: o tipo de entrada que será acionada na interface; se os valores são pré-definidos ou não; como são indicados os dados de entrada (números, texto) e a quantidade de objetos a serem selecionados. Desta forma, considera que os objetos de interação sejam selecionados para a interface com base em suas propriedades de entrada e as tarefas a serem realizadas pelo usuário.

6.3 9241-11: ORIENTAÇÕES SOBRE USABILIDADE

A ABNT NBR ISO 9241-11 (2011, p. 1) “aplica-se ao trabalho com dispositivos de interação visual. Ela também pode ser aplicada a outras situações, onde o usuário está interagindo com um produto para alcançar seus objetivos”. Segundo a norma, a usabilidade deve ser compreendida com base no objetivo do sistema. Assim, é necessário observar o contexto de uso no qual são realizadas as tarefas, quais equipamentos são utilizados e como o usuário se apresenta; para então poder mensurar a partir dos resultados deste sistema a eficácia, eficiência e satisfação. Os componentes e o relacionamento entre o contexto de uso, objetivos e medidas de usabilidade são ilustrados na Figura 77:

Figura 77 - Componentes de usabilidade



Fonte: ABNT NBR ISO 9241-11 (2011, p. 2)

Considerando um contexto já existente, ou mesmo no projeto de novos contextos, a norma sugere que devem ser descritos detalhadamente quais os resultados esperados da utilização do sistema para possibilitar o entendimento da usabilidade. Como aponta ABNT NBR ISO 9241-11 (2011, p. 4): “a descrição do contexto precisa ser suficientemente detalhada, de modo que aqueles aspectos que podem ter uma influência significativa sobre a usabilidade possam ser reproduzidos”. A norma apresenta diversos contextos de uso que podem ser considerados na avaliação de usabilidade, ver Figura 78:

Figura 78 - Exemplos de atributos em contexto de uso

Usuários	Tarefas	Equipamentos
Tipos de usuários Primários Secundários e indiretos Habilidades e conhecimentos Habilidade/conhecimento do produto Habilidade/conhecimento do sistema Experiência na tarefa Experiência organizacional Nível de treinamento Habilidades nos dispositivos de entrada Qualificações Habilidades de linguagem Conhecimento geral Atributos pessoais Idade Gênero Capacidades físicas Limitações e incapacidades físicas Habilidade intelectual Atitude Motivação	Sub-divisões da tarefa Nome da tarefa Frequência de uso da tarefa Duração da tarefa Frequência de eventos Flexibilidade da tarefa Demanda física e mental Dependências da tarefa Resultado da tarefa Risco resultante de erro Demandas críticas de segurança	Descrição básica Identificação do produto Descrição do produto Principais áreas de aplicação Funções principais Especificação <i>Hardware</i> <i>Software</i> Materiais Serviços Outros itens

Fonte: ABNT NBR ISO 9241-11 (2011, p. 10).

Os atributos demonstrados pela norma são úteis na definição do escopo em qual se insere o usuário e o objeto avaliado, e são possíveis de serem adequados ao planejamento de OAH. Também é importante conhecer os aspectos cognitivos, emocionais e físicos do usuário que podem influenciar na percepção do sistema. Para tanto, a norma aponta que as tarefas podem ser detalhadas para facilitar tanto a compreensão do sistema-alvo quanto as relações de interdependência entre tarefas que podem afetar o resultado da interação.

No contexto dos equipamentos, a ABNT NBR ISO 9241-11 (2011) aborda a caracterização do dispositivo utilizado, assim como dos aspectos inerentes ao hardware e software avaliados. Outro ponto discutido pela norma são os ambientes. Uma vez que os dispositivos móveis permitem, sem considerar pormenores, o seu uso em qualquer ambiente, pode ser importante caracterizar aonde se insere o usuário para o planejamento de OAH, Figura 79.

Figura 79 - Atributos dos Ambientes

Ambiente		
Ambiente organizacional	Ambiente técnico	Ambiente físico
Estrutura Horas de trabalho Grupo de trabalho Função do trabalho Práticas de trabalho Assistência Interrupções Estrutura de gerenciamento Estrutura de comunicações Atitudes e cultura Política no uso de computadores Objetivos organizacionais Relações industriais Projeto de trabalho Flexibilidade do trabalho Monitoramento do desempenho <i>Feedback</i> do desempenho Andamento Autonomia Discrição	Configuração <i>Hardware</i> <i>Software</i> Materiais de referência	Condições do local de trabalho Condições atmosféricas Ambiente acústico Ambiente térmico Ambiente visual Instabilidade ambiental Projeto do local de trabalho Espaço e mobiliário Postura do usuário Localização Segurança do local de trabalho Riscos para a saúde Equipamento e roupa de proteção

Fonte: ABNT NBR ISO 9241-11 (2011, p. 11)

A importância de considerar os fatores ambientais se revela através da análise destes ambientes. Para tanto, exploram-se a seguir algumas características para exemplificar uma possível configuração ambiental.

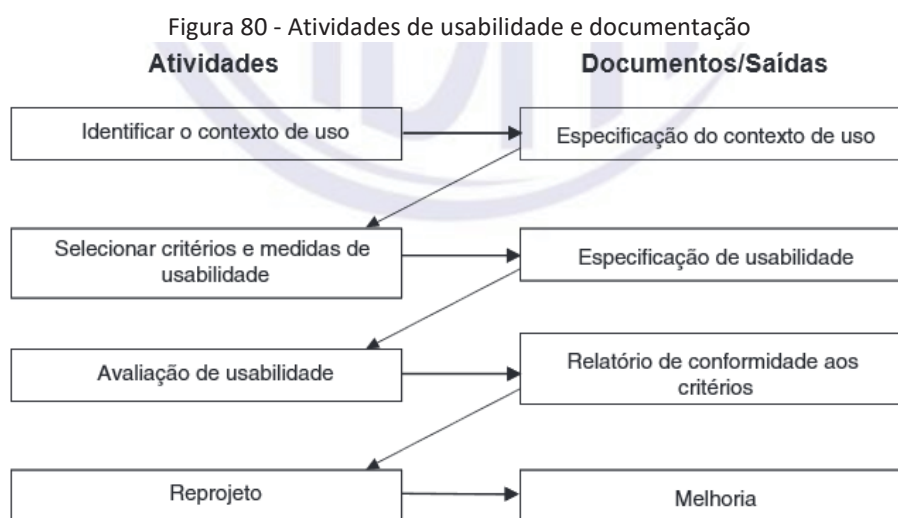
Quanto à *estrutura*, pode-se pensar que as *horas trabalhadas*, além de influenciar negativamente com o cansaço, podem reduzir a capacidade cognitiva acarretando, entre outros, em fadiga sensorial. *Interrupções* na interação com o dispositivo móvel, tais como acionamentos de outros aplicativos ou funções do dispositivo, podem gerar quebra de raciocínio; a *estrutura de comunicações* entre os envolvidos e intermediada pelo sistema deve permitir que dúvidas sobre aspectos hápticos sejam exploradas nos OAH.

Quanto a *atitudes e cultura*, pode-se evitar sinais táteis que não sejam adequados ao conhecimento do usuário, por exemplo, exigindo o uso de gestos de interação considerados ofensivos; quanto ao projeto de trabalho, a *flexibilidade* pode viabilizar o uso de diferentes canais sensoriais para complemento da informação, como também ajustes e adequações realizados pelo usuário, o *retorno quanto ao desempenho* é importante para acompanhamento do progresso no sistema; no *ambiente técnico* as capacidades de diferentes sistemas e hardwares influenciam a resolução tátil e também a área de trabalho disponível nos dispositivos

móveis, pode-se pensar que funções mal adaptadas ao sistema possam extrapolar a área de trabalho.

Questões do *ambiente físico*, fatores como umidade e temperatura devem ser observados em dispositivos móveis com interface háptica, uma vez que reduzem a capacidade do hardware na detecção do toque; quanto à *postura do usuário*, a utilização de uma, duas mãos, dedo único, ou múltiplos dedos podem influenciar o entendimento e acesso às informações e pode ser explorada pelos programadores do sistema. Com este breve exercício observa-se que os fatores ambientais podem apresentar relações complexas para o planejamento de OAH.

A ABNT NBR ISO 9241-11 (2011) traz ainda medidas de usabilidade: a **eficácia** relacionada à completude dos objetos com exatidão; **eficiência** relacionada ao consumo de recursos materiais e humanos; **satisfação** relacionada à atitude do consumidor e conforto. De acordo com a ABNT NBR ISO 9241-11 (2011, p. 12), “medidas de usabilidade de eficácia, eficiência e satisfação podem ser especificadas para objetivos globais (por exemplo produzir uma carta) ou para objetivos menores (por exemplo realizar busca e substituir)”. Na norma, estas verificações de usabilidade seguem um procedimento apresentado na Figura 80.



Fonte: ABNT NBR ISO 9241-11 (2011, p. 8)

Embora seja um processo demonstrado de forma linear, a melhoria exige uma relação de iteração. De acordo com a norma, é adequado que, ao serem apresentadas soluções, seja dado início a um novo ciclo de análise e incremento para refino das opções desenvolvidas. A norma apresenta como sugestão as seguintes medidas de usabilidade global, verificadas na Figura 81:

Figura 81 - Medidas de usabilidade, eficácia, eficiência e satisfação

Usabilidade global	Percentagem de objetivos alcançados; Percentagem de usuários completando a tarefa com sucesso; Média de exatidão das tarefas completadas	Tempo para completar uma tarefa; Tarefas completadas por unidade de tempo; Custo monetário de realização da tarefa	Escala de satisfação; Frequência de uso discricionário; Frequência de reclamações
--------------------	--	--	---

Fonte: ABNT NBR ISO 9241-11 (2011, p. 12)

Tais medidas podem ser implementadas em diferentes sistemas ou ainda adaptadas para cenários em que existem outras demandas de interação. A norma também apresenta outras propriedades que podem ser avaliadas pela usabilidade, tais como: atendimento a necessidades de usuários especialistas; facilidade de uso; facilidade na recuperação das informações; redução da necessidade de suporte para completar tarefas; capacidade de aprendizagem; tolerância a erros e legibilidade. Para cada uma destas propriedades a norma apresenta possíveis medidas de eficácia, eficiência e satisfação.

Embora as ferramentas de usabilidade estejam naturalmente vinculadas a práticas de verificação posteriores à execução dos produtos, pode-se beneficiar destas orientações durante as etapas de planejamento, evitando ou reduzindo possíveis falhas futuras na execução de projetos de OAH.

6.4 9241-210: PROJETO CENTRADO NO SER HUMANO PARA SISTEMAS INTERATIVOS

A ABNT NBR ISO 9241-210 (2011, p. 1) “propõe requisitos e recomendações para o desenvolvimento de sistemas interativos com foco no projeto centrado no usuário”. Para a norma, os objetos resultantes de um projeto centrado no ser humano devem apresentar características que os tornem utilizáveis e úteis; como também, adequados às necessidades dos usuários e aos preceitos de eficácia, eficiência, bem-estar humano, satisfação, acessibilidade e sustentabilidade.

A norma se aplica a todo o ciclo de vida dos sistemas interativos, por isso, aborda desde as etapas de planejamento inicial do projeto até as etapas de descarte ou reciclagem final. Nos projetos centrados no ser humano é importante que os envolvidos se sintam relevantes e incluídos no processo de design como um todo. Para a norma, estes projetos auxiliam no aumento da produtividade dos usuários; no projeto de sistemas com maior facilidade de

entendimento e uso; melhoram a acessibilidade e experiência do usuário e, desta forma, reduzem possíveis desconfortos e estressa.

Para tanto, a norma apresenta alguns princípios para o projeto centrado no ser humano ABNT NBR ISO 9241-210 (2011, p. 6):

- a) o projeto é baseado em um entendimento explícito de usuários, tarefas e ambientes;
- b) os usuários estão envolvidos em todo o projeto e desenvolvimento;
- c) o projeto é conduzido e refinado por uma avaliação centrada no usuário;
- d) o processo é iterativo;
- e) o projeto aborda a experiência do usuário como um todo;
- f) a equipe de projeto inclui competências e perspectivas multidisciplinares.

A norma reforça que é necessário o conhecimento do contexto específico de uso dos sistemas; clareza quanto aos requisitos que são identificados pelos usuários; produzir soluções iterativas de projeto e avaliar estas soluções ao longo do ciclo de vida dos sistemas.

6.5 9241-910: ESTRUTURA PARA INTERAÇÕES TÁTEIS E HÁPTICAS

Esta norma não possui tradução ao português, o título original “*Framework for tactile and haptic interaction*” em tradução livre pode ser compreendido como estrutura ou *framework* para interações táteis e hápticas. A ISO 9241-910 (2011, p. 1- tradução nossa) “provém um framework para entendimento e comunicação de diversos aspectos da interação háptica e tátil”. Um dos primeiros pontos abordados tece o entendimento do conceito de háptica, que de acordo com a ISO 9241-910 (2011, p. 1 - tradução nossa), “inclui todas as sensações hápticas, enquanto tátil é limitado ao estímulo mecânico da pele”. Para a norma, a “percepção háptica é baseada em variados sensores na pele, como também, nos músculos, articulações e tendões” ISO 9241-910 (2011, p. 7 - tradução nossa). Para que seja percebida, a referência tátil solicita uma estimulação física mínima, chamada de limiar absoluto. Ao alcançar o limiar absoluto o estímulo faz os sensores reagirem e transmitirem mensagens que são interpretadas e dão sentido à experiência do usuário.

Nas interfaces o sentido háptico pode ser combinado com outros canais de informação, como o auditivo e o visual. Durante as interações, a norma aponta que é natural o uso do canal visual ser dominante em um primeiro momento para, então, os pré-julgamentos visuais serem confirmados ou não pelo sentido háptico e acrescidos de valores táteis, como massa ou textura. A combinação das modalidades sensoriais segundo a norma é capaz de prover percepções enriquecidas do contexto.

Apesar de poderem ser realizadas combinações, a ISO 9241-910 (2011, p. 6- tradução nossa) esclarece que “as diferenças entre a visão e a háptica tornam perigosa a simples renderização de objetos visuais para demonstrá-los hapticamente. Esta forma de cópia pode ser bem-sucedida em casos simples, porém problemas ocorrem em situações mais complexas”. A norma conclui que objetos hápticos devem ser considerados sob o viés do tato para que a renderização seja proveitosa.

6.5.1 Percepção das propriedades materiais

Quando a textura é percebida no mundo real existem interações complexas entre os sentidos háptico, visual e auditivo. Os sentidos ora complementam uns aos outros, ora entram em conflito, e um pode dominar os outros. Segundo a ISO 9241-910 (2011), os efeitos combinados de todos estes aspectos devem ser considerados quando uma renderização digital com múltiplos canais é intencionada.

Embora os objetos possam ser compreendidos pela visão, podem possuir muitas propriedades materiais que só são percebidas pelo tato. De acordo com a ISO 9241-910 (2011, p. 8- tradução nossa), estas propriedades podem “variar de duro a macio, assim como liso a áspero. Esta última é chamada de textura e depende da microestrutura da superfície - regular ou irregular”. Por exemplo, apesar de que alguns aspectos de uma rocha possam ser percebidos pela visão, a textura é efetivamente compreendida quando a superfície está diretamente em contato com um dedo em fricção. A norma aponta que a acuidade da pele é de aproximadamente 1mm. Desta maneira, detalhes com mais ou menos 1mm podem ser percebidos de forma háptica identificando propriedades como duro/macio e liso/áspero.

Tratando dos ambientes nos quais estes objetos estão dispostos, a norma aponta que durante a exploração de um ambiente os movimentos são tipicamente randômicos, porém direcionados para adquirir a informação desejada. Estes movimentos são chamados de procedimentos exploratórios e consistem em um número de procedimentos básicos, segundo a ISO 9241-910 (2011, p. 8- tradução nossa), tais como:

- a) Movimento lateral para percepção de textura;
- b) Pressão para perceber a dureza;
- c) Sustentação sem suporte para perceber o peso;
- d) Envolver um objeto com uma mão ou ambas para perceber o formato global e o volume;
- e) Seguir o contorno, para percepção do formato global e do formato exato;
- f) Treinamento em procedimentos exploratórios.

Todavia, nem todos estes casos se apliquem a sistemas em dispositivos móveis, como a sustentação sem suporte que depende da simulação de peso ou envolver um objeto com as duas mãos. Ainda tratando da exploração, a norma indica que durante a exploração de uma textura o usuário pode tomar movimentos arbitrários sobre a superfície do objeto.

6.5.2 Projeto de interações hápticas

As interfaces hápticas, conforme a ISO 9241-910 (2011), devem ser desenhadas observando as orientações ergonômicas disponíveis que podem ser relacionadas ao hardware e software da interface com o usuário, tais como: a seleção de diálogos e técnicas de interação apropriados e características de apresentação da informação. A norma indica que o projeto deve considerar os espaços, físicos, temporais e lógicos nos quais as interações hápticas ocorrem:

- a) **Espaço físico** envolve layout, posição e configuração dos objetos hápticos relativos ao usuário e outros objetos que o usuário pode interagir. As dimensões são importantes no projeto de espaços físicos;
- b) **Espaço temporal** envolve o uso de parâmetros de tempo nas interações hápticas, incluindo formato de onda do estímulo, ritmo e outros padrões temporais, mudanças temporais na amplitude e frequência do estímulo, e o uso temporal de diversos atuadores hápticos;
- c) **Espaço lógico** provém o entendimento conceitual de como os usuários interagem com objetos e informação. [...] Este contém a estrutura da informação, relações e técnicas de interação. ISO 9241-910 (2011, p. 13- tradução nossa)

No espaço físico a ISO 9241-910 (2011, p. 22- tradução nossa) aponta que a “posição, formato e tamanho podem ser utilizados para diferenciar objetos táteis/hápticos”. Entretanto, deve-se observar que a resolução háptica de um dispositivo define o grau em que a saída física de um usuário pode ser utilizada pelo dispositivo. Os dispositivos hápticos, segundo a ISO 9241-910 (2011, p. 9 - tradução nossa), “podem ser usados em diferentes situações e tarefas. Para algumas tarefas eles são intercambiáveis, para outras eles podem ser utilizados em conjunto, em outros casos a natureza particular do retorno indica qual tipo será mais efetivo”.

De acordo com a norma, em qualquer tarefa o usuário dever estar apto a: pesquisar; ter uma visão geral; navegar; focar; selecionar e manipular os objetos. Durante a manipulação a norma orienta que os sistemas permitam que o usuário aproxime ou afaste o objeto, alterando a magnitude percebida; permitir a orientação do espaço háptico, modificando a posição relativa dos objetos e que o sistema permita a movimentação e dimensionamento dos objetos.

Em determinados ambientes pode ser importante que o usuário consiga inspecionar os atributos de objetos hápticos sem ativar estes objetos na interface. Já para objetos modificáveis a norma indica que o sistema deve permitir que o usuário determine quais

propriedades serão alteradas. A ISO 9241-910 (2011) também considera que o usuário deve estar habilitado a criar ou eliminar objetos no espaço háptico, quando este tipo de ação for apropriada à tarefa ou à acessibilidade da interface.

Tratando das propriedades dos objetos, a norma aborda: textura, como alteração periódica na superfície do objeto e rugosidade como uma variação aperiódica. Como elementos de controle podem ser utilizados recursos com ou sem o retorno háptico, tais como botões ou superfícies sensíveis.

Avaliando o espaço temporal, a norma indica que “o sistema sensorial tátil humano recebe sinais na pele em uma faixa de frequência de 0 Hz até 1000 Hz [...] Dedos e mãos podem ser movimentados com uma banda de 5 Hz a 10 Hz”, ISO 9241-910 (2011, p. 29- tradução nossa). Entretanto, estas frequências vinculadas principalmente a sistemas vibracionais não significam que a informação será entregue adequadamente ao usuário, sendo importante considerar no planejamento de OAH fatores como a latência do sistema e a latência do dispositivo.

6.6 9241-920: ORIENTAÇÃO SOBRE INTERAÇÕES TÁTEIS E HÁPTICAS

Esta parte da ISO 9241-920 (2009, p. 1 - tradução nossa) traz recomendações e “orientação sobre o design e avaliação de hardware, software e combinações de interações de hardware e software”. Para a norma, os sistemas devem fornecer contextos que auxiliem os usuários a compreender o significado da percepção háptica e do meio. Para tanto, a ISO 9241-920 (2009, p. 2 - tradução nossa) aponta que os sistemas devem ser otimizados considerando aspectos como “a precisão dos dispositivos disponíveis, a precisão do usuário e a precisão necessária da tarefa”. O sistema deve fornecer descrições de todos os elementos da interface de usuário háptica, quer essas descrições sejam automaticamente apresentadas ou não.

A interface deve permitir que os usuários realizem a mesma função de diferentes formas, e pelo menos uma delas não deve requerer habilidades de manipulação finas por parte do usuário. Muitas vezes, uma interação pode ser melhor desenvolvida pelo usuário através de canais sensoriais específicos. Assim, é importante que os sistemas permitam a alternância entre modalidades, por exemplo, desabilitando a saída tátil e utilizando informações visuais durante a interação. Para isto, pode ocorrer a combinação de modalidades sobre os quais a ISO 9241-920 (2009, p. 4 - tradução nossa) sugere os efeitos como: “reforço da informação obtida a partir de interações puramente hápticas; fornecimento de informações adicionais não apresentadas através das interações hápticas e compensação de canais sensoriais reduzidos ou sobrecarregados”.

Nestes casos, a norma informa que é necessário manter coerência entre as modalidades. De acordo com a ISO 9241-920 (2009, p. 3 - tradução nossa): “aspectos de coerência (atributos modais) podem incluir: tamanho, orientação, forma, mapeamento, separação de objetos e apresentação temporal”. A alternância entre modos pode ser útil em casos de interações prolongadas com o sistema, nas quais pode ocorrer a adaptação sensorial, conforme ISO 9241-920 (2009, p. 6 - tradução nossa):

Os efeitos de adaptação sensorial ocorrem apenas para estímulos de vibração dentro da mesma faixa de frequência. Uma abordagem para prevenir a adaptação sensorial é mudar entre uma frequência abaixo de 80 Hz e uma acima de 100 Hz. Mudanças na frequência podem mudar os níveis de sensação. [...] A adaptação sensorial à vibração pode diminuir o limite absoluto de um usuário e mudar sua experiência na magnitude subjetiva. Este é um processo gradual causado por estimulação prolongada e pode levar até 25 minutos para ocorrer.

Além da adaptação sensorial, a norma também reforça a prevenção de ilusões perceptivas, que podem ocorrer por intervalos muito próximos entre estímulos fazendo com que o usuário não perceba de forma distinta as informações, ou ainda com a sobreposição de estímulos em um mesmo espaço de tempo. Embora a ISO 9241-920 (2009, p. 9 - tradução nossa) indique que “a sensibilidade da pele seja bastante elevada: impulsos de 10ms e lacunas de 10ms podem ser detectadas”. Sempre que possível, as informações hápticas devem ser evidenciadas ao usuário de forma simples e intuitiva. Para tanto, algumas dimensões podem ser consideradas segundo a ISO 9241-920 (2009, p. 8 - tradução nossa):

- a) Propriedades do material: dureza; viscosidade; elasticidade; massa / peso; inércia.
- b) Propriedades da superfície: textura; rugosidade; atrito.
- c) Propriedades geométricas: tamanho; forma; localização em ambiente; orientação dentro do ambiente; padrão espacial; amplitude de grade espacial; frequência de grade espacial.
- d) Propriedades temporais: padrão temporal; amplitude da vibração temporal; frequência de vibração.

A norma informa que, exceto em casos nos quais o usuário consiga efetivamente discriminar um maior número de atributos, qualquer atributo único deve ser limitado a três propriedades que sejam significativamente diferentes. Estas podem ser codificadas: por forma de objeto; padrão temporal; amplitude de vibração e frequência de vibração. Para este último, a ISO 9241-920 (2009, p. 10 - tradução nossa) informa que o sistema deve:

- a) não usar mais do que sete diferentes níveis de frequência;
- b) utilizar uma diferença entre os níveis de pelo menos 20% da frequência mais baixa;

c) utilizar frequências entre 10 Hz e 600 Hz, a menos que uma frequência mais baixa possa ser discriminada.

A norma aponta que o sistema deve permitir que os usuários explorem o espaço háptico, adquirindo uma compreensão precisa dos objetos, bem como da sua disposição. Com este objetivo, podem ser utilizadas variadas técnicas de interação. A ISO 9241-920 (2009, p. 17 - tradução nossa) demonstra algumas possibilidades:

em movimento em relação ao objeto; rastrear (movendo-se para / de / com / pelo objeto); rastreio (movendo-se através de / em torno / ao longo da superfície do objeto); inserindo o objeto; apontando para um objeto; movendo o objeto; arrastando; empurrar / puxar; deslocar o objeto (agitando / inclinação / torção / rotação); dirigir objetos em movimento; possuindo o objeto; agarrando / agarramento; de retenção / agarrar; libertando; tocando / batendo; prensagem / espremedura / alongamento; esfregando / riscar / pegando; gesticulando.

A interação depende da localização do usuário no ambiente, para tanto, conforme a ISO 9241-920 (2009, p. 15 - tradução nossa), o sistema deve “proporcionar pontos de referência bem-definidos e de fácil localização ou ainda marcos no ambiente, garantindo que estes marcos sejam facilmente identificáveis e reconhecíveis”.

O espaço háptico não deve conter áreas amplas sem informações “vazias”, pois esta é uma importante fonte de confusão. Em relação aos objetos, são descritas características como: “onde houver vários objetos táteis adjacentes, deve ser possível identificá-los individualmente, bem como em conjunto”, segundo a ISO 9241-920 (2009, p. 13 - tradução nossa) e “objetos individuais devem ser suficientemente separados de modo que o usuário seja capaz de perceber os limites entre eles”, de acordo com a ISO 9241-920 (2009, p. 14 - tradução nossa).

Por fim, a norma ainda traz recomendações quanto às figuras. Quando uma figura é muito complexa ela pode ser renderizada como conjuntos de figuras ou camadas de interação, passando de níveis com baixa resolução para níveis com maior resolução, detalhando aspectos importantes da figura.

6.7 9241-960: ESTRUTURA E ORIENTAÇÃO PARA INTERAÇÕES GESTUAIS

A ISO 9241-960 (2017, p. 1 - tradução nossa) “provê orientações para a seleção ou criação de gestos a serem utilizados em interfaces gestuais. Explica como descrever suas características e quais os fatores a serem considerados na definição de gestos”. A norma esclarece que o gesto é um movimento ou postura do corpo ou parte do corpo. No caso dos dispositivos móveis, a interação tátil com a ponta dos dedos contempla a grande maioria dos gestos, embora outras formas de interação também possam ser realizadas.

O gesto é resultado da intenção do usuário de criar uma mensagem de comunicação para o sistema. Na intenção de transmitir informação, o usuário pode realizar um gesto intencional ou não intencional, dependendo da situação. A interface gestual pode prover um retorno da interpretação do sistema do gesto, ou ainda prever informações para auxiliar na conclusão do movimento. ISO 9241-960 (2017, p. 4 - tradução nossa)

Por exemplo: um gesto de traço realizado em um dispositivo móvel é uma ação intencional “que consiste em um movimento em trajetória de qualquer parte do corpo”, ISO 9241-960 (2017, p. 2 - tradução nossa). Este gesto promove uma resposta no sistema, como a rolagem de uma página ou uma marcação longa em uma folha de desenho.

6.7.1 Processo para definição do Gesto

Os dispositivos móveis são desenvolvidos com número reduzido de botões físicos, neste contexto, a ISO 9241-960 (2017, p. 4 - tradução nossa) informa que “a entrada gestual pode ser o único estilo de interação em um sistema para completar tarefas”. No entanto, para que o usuário saiba como interagir com a interface, os gestos devem ser passíveis de aprendizagem a ponto de se tornarem conhecimentos processuais cotidianos. Neste contexto, a norma previne que gestos não utilizados regularmente sejam esquecidos.

Como discorre a ISO 9241-960 (2017, p. 5 - tradução nossa), a interface gestual “precisa ser utilizável para uma ampla gama de usuários”. Para este objetivo os desenvolvedores podem, segundo a ISO 9241-960 (2017, p. 7 - tradução nossa), identificar ao menos um gesto para cada comando baseado nas seguintes fontes:

- a) Gestos pré-existent na cultura;
- b) Gestos padronizados internacionalmente;
- c) Gestos sugeridos por um ou muitos usuários;
- d) Gestos sugeridos pelo contexto de uso;
- e) Gestos de outros contextos de uso;
- f) Gestos típicos aos dispositivos sendo utilizados;
- g) Gestos sugeridos pelo time de projeto.

De acordo com a norma, estes gestos são apresentados em ordem da maior para a menor importância. Assim, o uso de gestos pré-existent na cultura precisa ser priorizado, enquanto gestos definidos pelos projetistas devem ser evitados no planejamento de interações gestuais. Idealmente, os gestos e comandos gestuais devem ser descritos na documentação disponibilizada ao usuário. Em dispositivos móveis faz-se, normalmente, o uso de comandos já estabelecidos pelos desenvolvedores dos sistemas operacionais, o que pode ser compreendido como componente culturalizado na utilização de determinado produto.

Como aponta a ISO 9241-960 (2017, p. 10 - tradução nossa): “variações em um gesto podem ser utilizadas para modificações de comando. O usuário deve ser capaz de identificar estes parâmetros”. Assim, padrões como tempo e velocidade ou ainda conjunto de gestos podem ser utilizados para comandos diferenciados, por exemplo, um movimento contínuo de seleção e afastamento de dois dedos para aproximar (aumentar) uma imagem em um dispositivo móvel ou retornar dedos para reduzir esta imagem. Para a ISO 9241-960 (2017, p. 12 - tradução nossa), “cada gesto de um conjunto de gestos deve ser designado para um propósito, um dispositivo e um contexto”, embora devam ser suficientemente similares para serem recordados.

Para a documentação de um gesto a ISO 9241-960 (2017) indica, entre outros, que sejam descritos o nome do gesto; que seja apresentada uma descrição visual do formato do gesto; uma descrição textual do gesto e como formar este gesto e uma descrição do mapeamento do gesto para cada propósito, por exemplo, sentido horário ou anti-horário.

Na sequência, a norma aborda uma taxonomia para gestos definidos pelo usuário, conforme o Quadro 25:

Quadro 25 - Taxonomia para Gestos definidos pelo usuário

Forma	Pose estática	Pose da mão é fixa em uma localização
	Pose dinâmica	Pose da mão muda de localização
	Pose estática e caminho	Pose da mão é fixa e a mão se move
	Pose dinâmica e caminho	Pose da mão muda enquanto a mão se move
	Toque de um-ponto	Pose estática com um dedo
	Toque de um-caminho	Pose estática e percurso com um dedo
Natureza	Simbólico	Gesto visualmente retrata um símbolo
	Físico	Gesto age fisicamente nos objetos
	Metafórico	Gesto indica uma metáfora
	Abstrato	O mapa de referência do gesto é arbitrário
Amarração	Centrado no objeto	Localização define propriedades do objeto
	Dependente do mundo	Localização define propriedades do mundo
	Independente do mundo	Localização pode ignorar propriedades do mundo
	Dependências mistas	Independente do mundo e outra
Fluxo	Discreto	Resposta ocorre após o usuário agir
	Contínuo	Resposta ocorre enquanto o usuário age

Fonte: Adaptado de *ISO 9241-960 (2017, p. 21 - tradução nossa)*

As taxonomias podem ser úteis durante o planejamento de OAH, principalmente ao considerar novos conjunto de gestos ainda não contemplados pelos padrões normais dos sistemas operacionais dos dispositivos móveis.

6.8 5492:2017 ANÁLISE SENSORIAL — VOCABULÁRIO

A ABNT NBR ISO 5492 (2017, p. 1) “aplica-se a todas as indústrias relacionadas à avaliação de produtos pelos órgãos dos sentidos”. A norma traz terminologias que podem facilitar o planejamento, validações em usabilidade e diálogo com os usuários.

6.8.1 Terminologia geral

A norma trata da análise dos atributos sensoriais através dos órgãos do sentido. Para tanto, esclarece as seguintes terminologias: **avaliador sensorial** “jugador sensorial; toda pessoa que faz parte de um teste sensorial”, ABNT NBR ISO 5492 (2017, p. 2); **aceitabilidade**, “grau no

qual um estímulo é gostado ou desgostado, de forma global ou para atributos sensoriais específicos” ABNT NBR ISO 5492 (2017, p. 3); **habilidade de discriminação** “sensibilidade, acuidade, habilidade em perceber diferenças qualitativas e/ou quantitativas”, ABNT NBR ISO 5492 (2017, p. 4).

6.8.2 Terminologia relativa aos órgãos dos sentidos

A norma traz importantes terminologias ao tratar dos órgãos dos sentidos. Os termos podem ser utilizados no planejamento de OAH e são apresentados sinteticamente no Quadro 26.

Quadro 26 - Terminologia relativa aos órgãos dos sentidos

receptor	parte específica de um órgão dos sentidos que responde a um estímulo particular
percepção	consciência dos efeitos de um único ou múltiplos estímulos sensoriais
estímulo	aquilo que estimula um receptor
sensação	reação psicofisiológica resultante da estimulação sensorial
sensibilidade	habilidade de perceber, identificar e/ou diferenciar, qualitativa e/ou quantitativamente, um ou mais estímulos por meio dos órgãos dos sentidos
adaptação sensorial	modificação temporária da sensibilidade de um órgão do sentido devido à estimulação contínua e/ou repetida
fadiga sensorial	forma de adaptação sensorial na qual ocorre uma diminuição na sensibilidade
intensidade	magnitude de uma sensação percebida, ou magnitude de um estímulo que causa a sensação percebida
táctil	qualquer um dos sentidos cujos receptores estão na pele ou imediatamente abaixo dela (ou nas membranas das mucosas), resultando na percepção do contato, pressão, calor, frio ou dor
somestesia	sensações de pressão (tato), temperatura, e dor percebidas pelos receptores localizados na pele e lábios, incluindo mucosa oral, língua e membrana periodontal
cinestesia	sensação de posição, movimento e tensão de partes do corpo percebidos através de nervos e órgãos nos músculos, tendões e juntas
mascamamento	fenômeno onde a qualidade dentro de uma mistura mascara ou encobre uma ou várias outras qualidades presentes
sensação residual tátil	sensação de tato ou textura que é perceptível apenas após a sensação principal de tato ter diminuído

Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO 5492 (2017, p. 6–10)

Na continuidade, a norma apresenta termos que são vinculados aos métodos de avaliação, tais como; a avaliação independente; de um ou mais estímulos sem comparação

direta; avaliação absoluta; avaliação de um estímulo e avaliação comparativa. A compreensão destes modelos de avaliação, assim como outras recomendações apontadas pode auxiliar na construção de uma base comum de diálogo durante o planejamento do projeto de OAH.

6.9 25062:2011 - REQUISITOS E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE

A norma ABNT NBR ISO/IEC 25062 (2006) trata de Requisitos e Avaliação da Qualidade de Produto de Software. De acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 25062 (2006, p. 1) esta norma se destina “à elaboração de relatório das medidas obtidas em um teste de usabilidade, conforme definidas na ISO 9241-11: eficácia, eficiência e satisfação em um contexto de uso especificado”. A síntese da lista de verificação apresentada na norma, considerando pontos de verificação coerentes à interação com dispositivos móveis, está no Quadro 27:

Quadro 27 –Avaliação da Qualidade de Produto de Software

Introdução
<ul style="list-style-type: none"> • Descrição completa do produto • Tecnologias assistivas que são apoiadas pelo produto • Breve descrição do ambiente operacional onde convém que seja utilizado • Tipo de trabalho do usuário que é apoiado pelo produto
Objetivos do teste
<ul style="list-style-type: none"> • Razão para focar um subconjunto do produto
Método
<ul style="list-style-type: none"> • Participantes • Descrição de todos os usuários com necessidades de tecnologia assistiva • Contexto do produto em uso no teste • Tarefas • Descrever as tarefas a serem testadas • Critérios de conclusão ou de desempenho estabelecidos para cada tarefa • Instalações para o teste • Descrever o local e o tipo de espaço no qual a avaliação foi realizada • Particularidades ou circunstâncias que poderiam afetar os resultados
Ambiente computacional do participante
<ul style="list-style-type: none"> • Configuração do computador, inclusive modelo, versão do sistema operacional, • Bibliotecas ou especificações requeridas • Dispositivos de exibição • Tamanho da tela, resolução e definições de cores
Design Experimental
<ul style="list-style-type: none"> • Descrever o design experimental do teste • Definir variáveis independentes e variáveis de controle
Procedimento
<ul style="list-style-type: none"> • Sequência de eventos desde a saudação inicial até a dispensa dos participantes • Acordos de não divulgação, preenchimento dos formulários, atividades de aquecimento, treinamento antecedendo as atividades e questionamentos • Verificar se os participantes conhecem e entendem os seus direitos legais • Especificar os passos para executar as sessões de teste e registro de dados • Quantidade e papéis das pessoas que interagiram com os participantes durante a sessão de teste • Instruções gerais aos participantes • Instruções dadas aos participantes
Métricas de usabilidade
<ul style="list-style-type: none"> • Métricas para eficácia • Métricas para eficiência • Métricas para satisfação
Resultados
<ul style="list-style-type: none"> • Análise de dados • Apresentação dos resultados

Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO/IEC 25062 (2006, p. 17–19)

É importante que o planejamento de projeto de OAH considere todo o ciclo de vida do objeto, inclusive as etapas de verificação de qualidade. Assim, a norma pode ser aplicada ou adaptada como instrumento para procedimentos de avaliação da interação.

6.10 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS NORMAS APRESENTADAS

As normas da ABNT e ISO são uma importante fonte de conhecimento para diferentes áreas e setores. Neste trabalho, as normas foram identificadas utilizando termos como: tátil, háptica, percepção sensorial, usabilidade e através do cruzamento de informações contidas nos documentos da revisão bibliográfica sistemática.

É possível perceber, em relação às normas descritas, que a série 9241-9XX é a que mais se aproxima do uso e planejamento de componentes hápticos em dispositivos móveis. No entanto, esta série não está completa e não apresenta vínculos diretos com conceitos de objetos de aprendizagem. Sendo assim, reforça-se a importância de investigar normas com conteúdos convergentes que possam ser observadas e adaptadas para o planejamento de OAH.

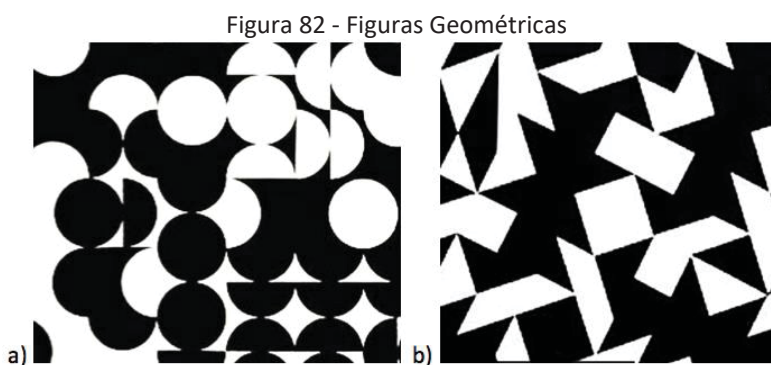
As normas aqui apresentadas discorrem sobre aspectos diversos do ciclo de vida dos objetos, tratando de terminologias, testes de usabilidade, requisitos para avaliação de softwares além de orientações para as interações táteis. Dessa maneira, demonstram melhores práticas que podem ser aplicadas ao planejamento de OAH. Cabe reforçar que aqui foram apresentados conteúdos selecionados das normas, mas para o entendimento profundo do conteúdo de cada uma delas sugere-se a leitura na íntegra dos documentos por meio dos órgãos emissores. No próximo capítulo é apresentado o ensaio de interação realizado nesta pesquisa que possuiu o intuito de aprofundar o entendimento da percepção háptica em dispositivos móveis utilizando mostradores vibracionais.

7 | ENSAIO DE INTERAÇÃO

O ensaio de interação desenvolvido explora a relação da percepção tátil em três aplicativos executados em dispositivos móveis com sistema operacional Android 4.1.2. Os testes buscam compreender os alcances da percepção, considerando os hardwares atualmente disponíveis. Nos resultados são abordados pontos críticos contrapondo perspectivas no desenvolvimento de artefatos hápticos. As próximas seções descrevem os procedimentos realizados, assim como os dados coletados no decorrer da experimentação.

7.1 ENSAIO 1 – ATRIBUTOS DAS FIGURAS GEOMÉTRICAS

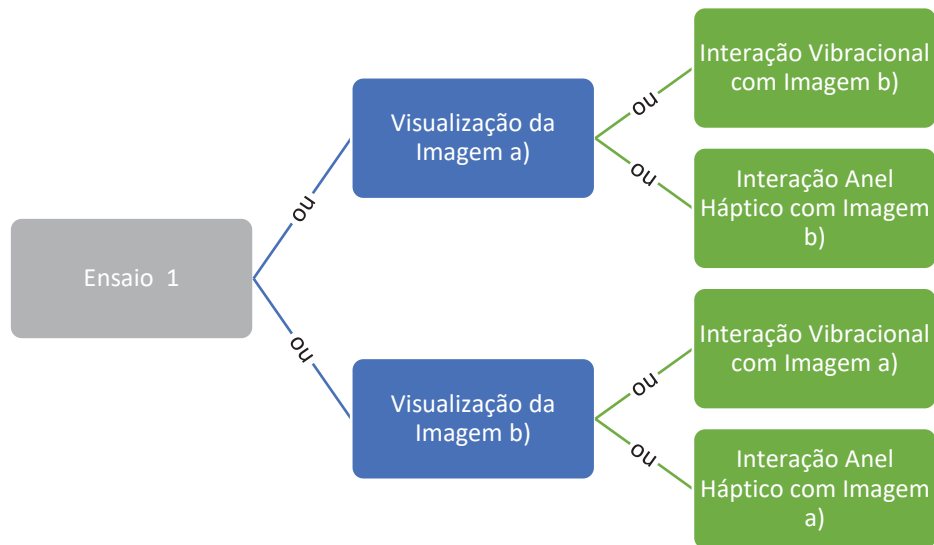
Cada participante teve o primeiro contato com o dispositivo móvel observando uma imagem demonstrada através do aplicativo **Tactile Mobile Free**. Neste ensaio, foram utilizadas duas imagens com elementos geométricos planos, Figura 82, porém, sem formação de objeto composto reconhecível.



Fonte: O autor (2017)

A imagem **a)** apresenta como elementos principais círculos e semi-círculos, enquanto a imagem **b)** possui quadrados, retângulos e triângulos sobrepostos. Cada observação ocorreu de forma a intercalar as tecnologias, conforme Figura 83; e foi cronometrada pelo pesquisador em 30 segundos.

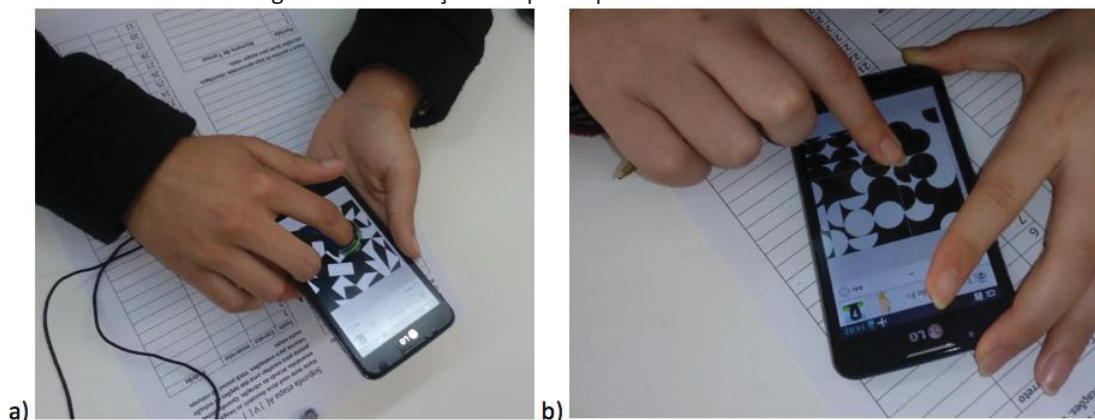
Figura 83 - Esquema do ensaio e interação



Fonte: O autor (2017)

Depois, foi solicitado que cada participante descrevesse a imagem visualizada com suas próprias palavras. A descrição ocorreu sem o registro de tempo, sendo que foi dado prosseguimento a este primeiro ensaio após o participante dar como encerrada a sua exposição. A segunda parte do ensaio, Figura 84, foi realizada utilizando interação direta com o dispositivo para possibilitar a percepção do retorno vibracional, na modalidade com o anel háptico ou na modalidade padrão de retorno vibracional do dispositivo.

Figura 84 - Interação dos participantes durante o ensaio



Fonte: O autor (2017)

Na imagem **a)** o usuário veste o anel háptico e interage com o dispositivo móvel, na imagem **b)** o usuário interage com a tela do dispositivo percebendo a vibração somente pelo motor interno do aparelho. Após 30 segundos, foi solicitado também que o participante

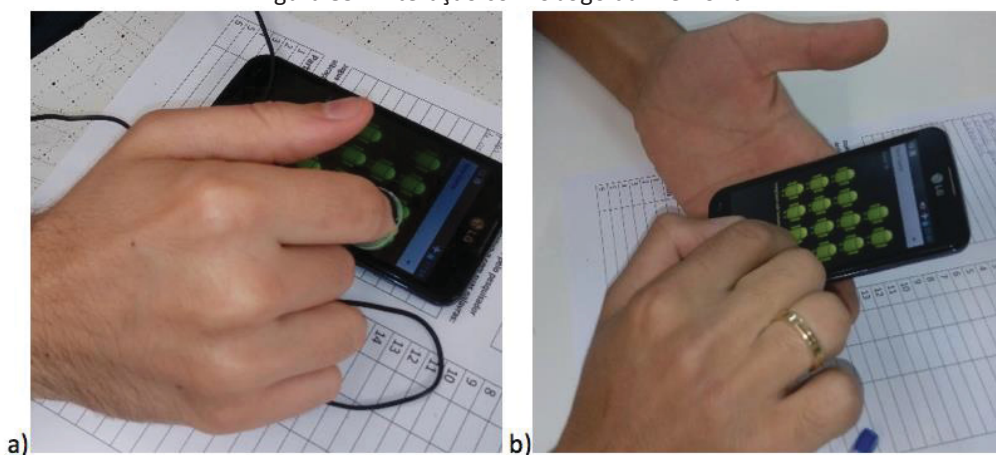
descrevesse a imagem apresentada com as suas próprias palavras. Nenhuma informação quanto à descrição do elemento tátil foi dada.

Na etapa inicial deste ensaio, foram investigadas as possibilidades de visualização da imagem “quadrados” ou “círculo”. No segundo momento, da imagem “quadrados” e anel háptico, ou imagem “círculo” e anel háptico, ou imagem “quadrados” e vibração do dispositivo, ou imagem “círculo” e vibração do dispositivo.

7.1.1 Ensaio 2 – Padrões Vibracionais

Neste ensaio, foi solicitado aos participantes que utilizassem o aplicativo **Haptic Memory Match** e efetuassem seis partidas completas do jogo háptico. Cada participante executou, por orientação do pesquisador, apenas uma modalidade de interação durante as partidas, ou com anel háptico ou com a vibração padrão do dispositivo, Figura 85.

Figura 85 - Interação com o Jogo da Memória



Fonte: O autor (2017)

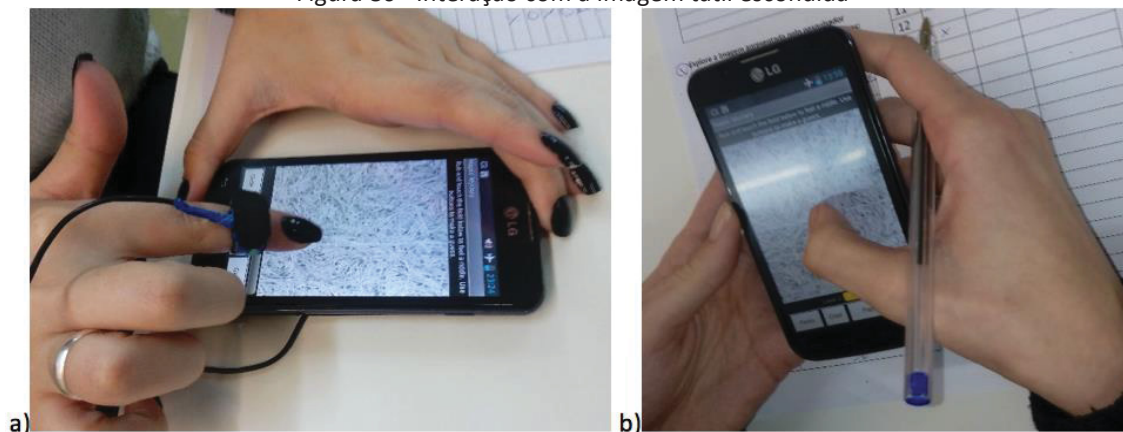
A imagem **a)** demonstra o uso do anel háptico durante uma partida e **b)** a interação do participante diretamente com a tela do dispositivo. Após uma primeira partida demonstrativa, o pesquisador orientou como reiniciar uma nova partida, e recordou o procedimento, caso o participante o esquecesse eventualmente. A cada partida realizada, o participante deveria realizar oito combinações de ícones vibracionais. Não foi dado tempo limite de execução das partidas.

7.1.2 Ensaio 3 – Objetos Hápticos

Nesta etapa do experimento, foi solicitado que os participantes identificassem através do rastreamento de vibração imagens táteis no aplicativo **Haptic Mystery**. Cada teste no aplicativo

possui quatro alternativas e, ao selecionar a opção desejada, o aplicativo informa sobre o erro ou acerto e indica em tela a resposta correta. Os participantes utilizaram ou o **a)** anel háptico ou **b)** vibração do aparelho, *Figura 86*, durante toda a execução do teste, que foi cronometrada para o tempo limite de 10 (dez) minutos ou até 31 (trinta e um) testes.

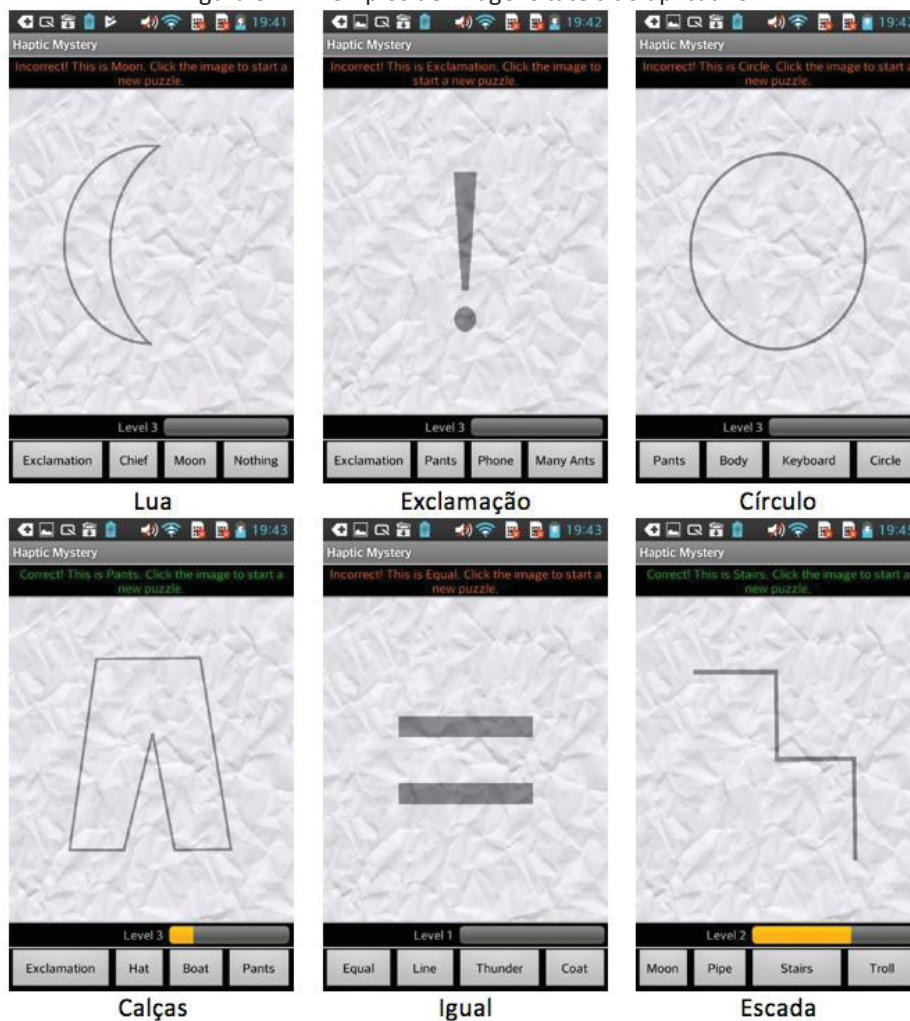
Figura 86 - Interação com a imagem tátil escondida



Fonte: O autor (2017)

Durante o ensaio, os participantes anotaram na ficha se acertaram ou erraram a imagem tátil escondida, por meio do resultado indicado por mensagem na tela do aplicativo, *Figura 87*, e independente de acerto ou erro descreveram o padrão correto na folha de avaliação.

Figura 87 – Exemplos de imagens táteis do aplicativo



Fonte: Captura de tela do autor (2017)

Os resultados incorretos apresentam mensagem de erro na parte superior do aplicativo na cor vermelha, enquanto as mensagens de acerto exibem a informação na cor verde. O aplicativo possui um total de 320 padrões táteis distribuídos em 30 níveis de dificuldade. Durante a execução dos testes, o nível máximo alcançado foi o quarto, por apenas um participante.

7.1.3 Entrevista

Ao final de cada interação foi realizada uma entrevista semiestruturada com cada participante. Para tanto, foram feitos dois questionamentos: qual modo de interação lhe agradou mais e por quê? Você considera importante sentir os objetos no dispositivo móvel? Foram realizadas notas sobre as respostas.

7.1.4 Encerramento

Como encerramento da pesquisa, fez-se um agradecimento individual pela contribuição dos participantes, um reforço ao TCLE com explicação do desenrolar da pesquisa e também a indicação de disponibilidade para eventuais dúvidas ou críticas dos participantes.

7.2 RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados os dados coletados bem como as considerações analíticas em formato quali-quantitativo.

7.2.1 Resultados do Ensaio 1

Este ensaio considera a premissa identificada na literatura de que interações sensoriais mais ricas, ou seja, com mais canais sensoriais de informação possibilitam um detalhamento maior na descrição de objetos, conforme Mombach e Welfer (2013). Como já mencionado, foram verificadas as seguintes possibilidades: primeiro ocorreu a visualização da imagem “quadrados” ou “círculo” e, na sequência, a visualização e interação do participante com uma destas opções, imagem “quadrados” e anel háptico, ou imagem “círculo” e anel háptico, ou imagem “quadrados” e vibração do dispositivo, ou imagem “círculo” e vibração do dispositivo. Tais variações foram determinadas pelo pesquisador e buscou-se um número equilibrado de ocorrências em cada um dos formatos pesquisados.

Cada participante descreveu as imagens apresentadas, que foram então digitalizadas para serem avaliadas de maneira qualitativa. As descrições por tipo de interação são apresentadas na sequência. Salienta-se que incorreções de ortografia e pontuação foram tratadas, mas sem alteração no sentido ou conteúdo das descrições.

7.2.1.1 *Visualização e Descrição da Imagem “Quadrados”*

Após visualização por 30 segundos, foram coletadas as seguintes descrições:

- A imagem consiste em formas geométricas de linhas retas, algumas em negativo e outras em positivo. Em sua maioria, são formas identificáveis, como triângulos e quadrados, porém, apresentadas em negativo e positivo, essas formas formam outros polígonos. Tais polígonos apresentam repetição na imagem, foram identificadas no tempo ofertado no mínimo três cópias da mesma forma poligonal.

- A imagem é uma composição dentro de um espaço quadrado através da repetição de um módulo composto de formas, como triângulos e retângulos, dispostas de forma peculiar. Considerando que esses módulos não sejam o fundo, podemos dizer que estes estão em preto e se interseccionam (formas), e o fundo está em branco.
- A imagem me incomoda um pouco por parecer muito bagunçada, como se os elementos tivessem sido jogados aleatoriamente. Ela lembra jogos de encaixe de formas, tipo Tangran. Todas as figuras são pontiagudas e bem geométricas.
- A princípio, a imagem remete a pinheiros (ou parte deles) de forma “aleatória”, às vezes conectadas, às vezes com quadros brancos sobrepondo partes da parte preta.
- Composição de formas geométricas repetidas por ritmos.
- Figuras geométricas pontiagudas, como retângulos, triângulos, etc.
- Formas geométricas brancas sobre fundo preto, segue composição na diagonal. As formas possuem ângulos diferentes de diferentes tamanhos nas arestas de cada uma.
- Formas geométricas em preto e branco, angulares.
- Formas geométricas em preto e branco, como quadriláteros, triângulos e trapézios.
- Formas geométricas, sendo as brancas mais parecidas com quadrados e a preta com triângulos.
- Imagem em preto e branco, com muitas formas pontudas, formadas apenas com linhas retas.
- Imagem preta e branca, formada por formas geométricas (retângulos, quadrados, triângulos).
- Uma imagem preta e branca formada por formas geométricas angulosas, como: quadrados, losangos e de linha/arestas retas.
- Várias formas geométricas (quadradas, retangulares, triangulares) em preto e branco formando composição não padronizada, irregular.
- Várias linhas diagonais formando formas preenchidas em preto e branco.
- Formas geométricas com lados retos brancos em um fundo preto. Não são figuras regulares e possuem no mínimo quatro lados.
- Uma variedade de formas inscritas em um quadrado de maneira assimétrica. Não consegui identificar algum formato familiar.

Os dados são analisados ao fim desta seção.

7.2.1.2 Visualização e Descrição da Imagem “Círculos”

Após visualização por 30 segundos foram coletadas as seguintes descrições:

- A imagem apresenta, sobretudo, formas geométricas, círculos e quadrados de diferentes tamanhos, variações dessas formas e um contraste monocromático absoluto. O posicionamento de algumas formas causa sensação de profundidade, mesmo contendo apenas elementos claramente planejados bidimensionalmente. Me lembra calçado. Me lembra algo dos anos 90.
- A imagem é formada por círculos e derivações, com alguns formatos quadrados nas pontas. Um lado é mais preenchido de figuras do que o outro.
- A imagem é muito bonita e me passou tranquilidade. As cores preto e branco com os motivos circulares fizeram uma dança leve nos meus olhos.
- A imagem em preto e branco apresenta diversas circunferências, algumas se sobrepõem a outras formando semicírculos e outras formas trazem a sensação de relevo.
- Composição de círculos e semicírculos em preto e branco.
- Conjunto de círculos, formas mais orgânicas e frações deles que, compostos, formam uma composição maior. É bem espontânea e suave. Possui alto contraste e grande impacto, há a sensação de labirintos ou fractais.
- Diversos círculos sobrepostos criando padrões e formas diferentes.
- Figura assimétrica, desconfortável de olhar. Formada por semicírculos posicionados irregularmente.
- Imagem composta em preto e branco, com elementos provindos de formas circulares (círculos, meia lua, entre outros) espalhados formando uma imagem abstrata. Utiliza sobreposições e negativo-positivo.
- Imagem fluída, contraste de cores remete movimento.
- Lembrou pessoas na Disney com o Mickey e jogadores de futebol americano.
- São quadrados e círculos brancos e pretos formando uma composição. Há um leve peso a mais no canto inferior direito.
- Uma imagem aparentemente quadrada composta de circunferências pretas e brancas dispostas de maneira aleatória.
- Uma imagem com formas arredondadas (seguindo um padrão de interseção de quadrados com círculos vazios), várias delas apresentadas em um quadro “quadrado”.
- Vários círculos sobrepostos contrastados por cor preta e branca.

- Vários círculos e semicírculos, alguns se completam e outros não, todos em preto e branco. Alguns dão a impressão da falta de objeto.

Os dados são analisados ao fim desta seção.

7.2.1.3 *Interação Tátil e Descrição da Imagem “Quadrados”*

Após interação com o dispositivo móvel com vibração padrão (interna) por 30 segundos, foram coletadas as seguintes descrições:

- A imagem é bem mais métrica e composta por quadrados e fragmentos. É interessante que, além das áreas visuais delimitadas, ocorre uma extrapolação para o meio físico ou uma ampliação sensorial do sentido por mim.
- A imagem é formada por formas geométricas em preto e branco que se assemelham a triângulos, formando pontas. Quando se toca na tela, o celular produz vibrações, porém apenas nas formas pretas. A duração da vibração depende da pressão e tempo aplicados, quando arrasta o dedo, a vibração se estende.
- A parte escura da figura vibrava ao toque, já a parte branca não mudava nada que ajudava a delimitar as formas presentes na imagem.
- Apresentadas em um quadro retangular (quadrados), as formas apresentadas eram pontiagudas, sobrepostas de triângulos em preto e branco.
- Branco é o vazio, preto é algo me lembrando música com movimento.
- Círculos em preto e branco, quando os pretos eram tocados havia vibração.
- Fazendo um toque rápido na imagem, seja na parte preta ou branca, não senti vibração. Realizando um toque mais longo na parte preta percebi vibração. Em alguns momentos também pude escutar um som.
- Formas mais quebradas, com quebras mais duras e menos fluídas, alguns padrões presentes na imagem remetem a árvore de natal. A vibração faz com que a interação com a imagem seja mais profunda.
- Uma imagem quadrada composta de elementos geométricos dispostos de maneira aleatória.
- A imagem apresentada revela uma experiência com uma imagem de formas pretas e brancas, onde a área da imagem preta vibra e a branca fica normal.

Após interação com o dispositivo móvel com anel háptico por 30 segundos, foram coletadas as seguintes descrições:

- A imagem é formada por quadrados e retângulos brancos em cima de um fundo preto. Ao tocar no fundo preto é transmitida uma vibração.
- A imagem também dispõe de sobreposições de formas contrastadas pela diferença de cores. Porém, também pode ser percebida através do tato, uma vez que permite navegar pelos contrastes sentindo vibrações ou a ausência desta.
- A vibração no dedo me fez sentir um susto momentâneo, a imagem parecia um pouco sombria e, ao tocar no preto, a vibração acontecia.
- Diversas formas retas, algumas brancas e outras pretas, sendo que ao dar um toque simples nas áreas brancas nada ocorre, mas ao tocar nas áreas pretas ocorre uma vibração e, ao deslizar o dedo, a vibração continua.
- Outra imagem com formas geométricas diversas e contraste monocromático. A diferença é que ela é “viva”. A parte preta tem vida. Ela vibra. O choque é forte, causa curiosidade e susto. Tentei evitar o medo inicialmente. Depois, curti mais e brinquei como se fosse “chão de lava”.
- São formas brancas e pretas, ao passar o dedo oanel vibrava, tentei encontrar um padrão nas vibrações, mas não identifiquei.
- Imagem construída em preto e branco utilizando de formas pontiagudas, com bastante repetição, formando uma composição quebradiça, semelhante a estilhaços.

Os dados são analisados ao fim desta seção.

7.2.1.4 *Interação Tátil e Descrição da Imagem “Círculos”*

Após interação com o dispositivo móvel com vibração padrão (interna) por 30 segundos, foram coletadas as seguintes descrições:

- A imagem apresenta círculos pretos e brancos, sobrepostos. Em relação à interação com a imagem, pressionar a tela por alguns segundos faz o telefone vibrar e indica os eixos x e y, bem como a cor do círculo.
- A imagem consiste em formas geométricas circulares sobrepostas negativas e positivas. Algumas cortadas com linhas retas. A interação com a imagem levou ao resultado de que com o toque nas partes pretas negativas da imagem o dispositivo vibra sem parar, enquanto que nas partes brancas positivas o dispositivo não vibra, já nas partes “cinzas”, a linha de encontro entre o positivo e negativo o dispositivo vibra apenas uma vez. Com a interação não foi prestada muita atenção na imagem.

- Ainda não consegui identificar forma familiar (objeto por exemplo). Internamente, somente as imagens em áreas pretas fizeram vibrar o celular.
- Aparentemente o celular vibra quando pressionadas as regiões escuras; no branco, permanece parado. A imagem é toda composta por círculos e é mais confortável de olhar do que a primeira.
- Círculos brancos e pretos sobrepostos de maneira aleatória. Ao tocar nos círculos pretos, o celular vibra e, ao tocar nos brancos, nada acontece.
- Círculos e semicírculos, formas circulares com vibrações nas áreas preenchidas de preto sem variação de intensidade. Conforme o tamanho da área preenchida nas áreas em branco, ocorre ausência de vibração.
- Composição em formas circulares e semicirculares em preto e branco cuja disposição é irregular, porém, com uma concentração na área central.
- Quando tocado no centro dos círculos pretos, a vibração é mais longa do que nas bordas dos círculos pretos. Os brancos não possuem vibração. Por esta diferença, deduzi que o branco é fundo e o objeto é a composição em preto.
- Sensíveis ao toque quando arrastadas, as formas produzem vibrações distintas.

Após interação com o dispositivo móvel com anel háptico por 30 segundos, foram coletadas as seguintes descrições:

- A imagem era formada por formas em que a parte preta representava o preenchimento, e a branca, o vazio.
- A imagem refere-se a uma composição em preto e branco, baseada na sobreposição e interseção de círculos, sendo que em todas as partes pretas da imagem havia uma vibração constante, levando ao entendimento que o preto tem mais importância ou pelo menos diferenciando-se do apenas preto/branco da imagem anterior.
- Dispositivo vibra ao tocar áreas preenchidas, áreas vazadas não contêm vibração. Áreas vazadas pequenas acabam dificultando o reconhecimento do aplicativo, obrigando o usuário a tocar na tela com a ponta dos dedos.
- Imagem preta e branca, a vibração funciona apenas nas áreas pretas.
- Imagem preta e branca, composta por formas geométricas em que, quando tocada na parte preta da imagem, recebe-se vibrações.
- Somente a imagem com formas em preto davam vibração, tive a sensação de que onde tinham bolas cheias a vibração era maior.

- Vários círculos, alguns pretos e alguns brancos, que formam uma combinação. Quando passamos o dedo onde os círculos pretos estão mais concentrados, o anel vibra mais. Nas partes brancas a vibração é nula.

Estes dados são analisados na sequência. Reforça-se que, levando em conta imprecisões entre a informação codificada do emissor e decodificação do pesquisador, algum aspecto de interpretação do pesquisador pode influenciar nesta análise.

7.2.1.5 Análise dos dados coletados

Considerando que são dados descritivos com base em conhecimento pessoal dos participantes, optou-se por uma análise inicialmente quantitativa e, na sequência, qualitativa do discurso. No Quadro 28, apresenta-se uma contagem simples de palavras. Uma maior contagem de palavras pode significar descrições mais ricas do objeto de ensaio.

Quadro 28 - Contagem de palavras

	Visual (V)	Visual e Vibracional (VV)	Visual e Anel Háptico (VA)	(VV e VA) - V
u1	25	-	24	-1
u2	9	-	34	25
u3	26	-	22	-4
u4	8	-	38	30
u5	45	-	47	2
u6	21	-	21	0
u7	26	-	20	-6
u8	9	33	-	24
u9	34	35	-	1
u10	10	24	-	14
u11	24	49	-	25
u12	7	33	-	26
u13	12	12	-	0
u14	14	11	-	-3
u15	22	18	-	-4
u16	22	26	-	4
u17	17	-	19	2
u18	52	-	49	-3
u19	8	-	32	24
u20	28	-	30	2
u21	11	-	19	8
u22	7	-	22	15
u23	10	-	34	24
u24	20	23	-	3
u25	15	12	-	-3
u26	26	38	-	12
u27	17	20	-	3
u28	56	79	-	23
u29	20	21	-	1
u30	15	30	-	15
u31	35	31	-	-4
Total	651	495	411	255

Fonte: O autor (2017)

Considerando que um número maior de elementos descritivos pode ser relacionado com experiências de interação mais ricas, pode-se assumir que o uso do canal tátil foi percebido como incremento da informação. As interações visuais com o anel háptico ou com a vibração interna do aparelho produziram aproximadamente 30% a mais de palavras do que a interação simplesmente visual. Entretanto, é necessário verificar se o discurso tratou efetivamente do

objeto-alvo, a imagem, ou foi desviado para a casualidade da referência sensorial tátil, tratando da interpretação da interação.

7.2.1.6 *Análise de conteúdo*

Para a verificação do discurso, é realizada uma análise de conteúdo considerando sujeito descrito; e análise de palavras do texto. Para tanto, foram analisadas todas as descrições realizadas considerando os seguintes aspectos:

- A. A descrição discorre sob o objeto de ensaio “imagem”; considera características como cor, formato geométrico, e disposição.
- B. A descrição atribui significado tátil à imagem; atribui relações como rugosidade, arrasto e textura nas cores.
- C. A descrição atribui significado ao objeto de ensaio “imagem”; atribui referências e analogias para explicar as percepções.
- D. A descrição discorre sobre a interação tátil; discorre sobre a forma que a interação se desenvolve, mas não acrescenta valor à descrição da imagem.

Para exemplificar esta classificação, apresenta-se o seguinte exemplo:

Após a interação com anel háptico, o usuário descreve - A imagem apresenta círculos pretos e brancos, parece formar um pinheiro; ao arrastar o dedo na parte branca não ocorre vibração, quando se toca na parte preta, ela está “viva” e vibra, ao arrastar o dedo a vibração continua.

Considerando que toda a informação pode ser interpretada de forma diferente pelo emissor e receptor, a frase acima é classificada com a seguinte composição:

- A imagem apresenta círculos pretos e brancos, **Aháp** (classificação **a** e háptica); simples descrição da imagem observada.
- Parece formar um pinheiro; **Cháp** (classificação **c** e háptica); o participante recorre a referências imagéticas, construindo analogias.
- Ao arrastar o dedo na parte branca não ocorre vibração, **Dháp** (classificação **d** e háptica); o participante apenas relata um fato de ação e reação.
- Na parte preta ela está “viva” e vibra, ao arrastar o dedo a vibração continua. **Bháp** (classificação **b** e háptica); o participante atribui significado à cor como uma cor viva que vibra ao ser tocada.

Desta forma, as descrições dos participantes apresentadas anteriormente foram classificadas em A - B - C - D discriminando a etapa visual (vis) e a etapa háptica (háp) e são apresentadas sinteticamente no Quadro 29:

Quadro 29 - Classificação das frases

	Avis	Bvis	Cvis	Dvis	Aháp	Bháp	Cháp	Dháp
u1	2		1		1	1		
u2	2				2			2
u3	2		3				1	2
u4	2				2			3
u5	3		3		2	2	1	2
u6	3		1		1		1	
u7	5		1		4		1	
u8	2				1			2
u9	3		5		2	2		
u10	4		1			1		2
u11	3	1			2	1	1	3
u12	2		1			2	3	
u13			2		2	1	1	
u14	3		1		2		1	
u15	2		2		1			2
u16	5				2		2	
u17	5		1		2	3		
u18	2							2
u19	2		1		1			1
u20	3				2			1
u21	2		1		2	2		
u22	2				2	1		1
u23	4		1		2		1	1
u24	5				1			1
u25	1		2		2			1
u26	1		2			1	1	
u27	7				2			5
u28	1		1			1		
u29	3				4			
u30	3				1	1		2
u31	1		3		1			2
Total	85	1	33	0	46	19	14	35

Fonte: O autor (2017)

Os resultados quantitativos deste ensaio demonstram que o acréscimo do canal sensorial tátil reduziu as caracterizações das imagens em comparação à descrição somente pela observação visual. Um dos possíveis motivos que podem ser relacionados a este resultado é a

falta de um período de adaptação dos participantes. Como não houve este momento de reconhecimento do dispositivo com retorno háptico, acredita-se que muitos participantes relataram aspectos desta experiência de interação como mais importantes, não se atendo ao solicitado na atividade.

Das descrições realizadas durante a interação visual, foram mais frequentes o aspecto do formato geométrico e cores, sendo que analogias ocorreram com menor frequência. Entre as palavras mais utilizadas estão: preto e branco, triângulos, círculos e retângulos, contraste e vibração. Assim, apesar de numericamente os descritores apresentarem valores totais similares, 119 para visual e 114 para háptica, os resultados são mais expressivos na visualização das imagens.

7.2.2 Resultados do Ensaio 2

Neste ensaio, os participantes realizaram seis partidas de um jogo da memória que utiliza ícones hápticos. Ao final de cada partida, o número de tentativas de formação de pares foi registrado na ficha de avaliação. A premissa investigada é se ocorre aprendizagem tátil neste tipo de interação facilitando o reconhecimento de padrões e reduzindo a incidência de erros do participante. Também é investigado se acontece a fadiga sensorial após determinado número de interações, aumentando a ocorrência de erros.

Os registros completos das interações com o jogo da memória podem ser visualizados no Quadro 30:

Quadro 30 - Registro completo de interações com o Jogo da Memória Háptica

Participante	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Modo
u1	17	32	35	38	29	24	V
u2	40	39	21	20	26	22	V
u3	42	29	32	27	35	39	V
u4	26	41	40	30	17	36	A
u5	55	27	37	21	28	25	A
u6	34	32	29	24	48	24	A
u7	31	22	55	30	21	33	V
u8	24	37	22	26	37	30	V
u9	26	30	22	27	18	16	V
u10	28	24	20	22	22	52	A
u11	32	45	31	30	45	28	V
u12	66	38	32	24	24	43	A
u13	17	28	20	25	49	40	V
u14	31	20	26	18	14	20	A
u15	31	36	28	27	23	34	V
u16	39	23	27	30	26	24	A
u17	22	14	19	28	22	34	A
u18	48	35	44	19	20	33	V
u19	39	32	57	25	21	17	V
u20	29	27	17	28	35	28	A
u21	41	28	38	41	32	48	A
u22	22	25	30	27	27	47	V
u23	34	35	47	29	32	32	V
u24	24	23	15	24	31	25	A
u25	27	23	34	33	18	39	V
u26	42	24	59	39	53	44	A
u27	32	61	32	35	27	40	V
u28	42	39	23	31	21	35	V
u29	17	26	26	21	32	30	V
u30	37	27	57	32	32	35	A
u31	48	47	60	41	44	32	V
u32	44	43	46	44	43	39	A
u33	16	19	27	32	20	21	A

Fonte: o autor (2017)

Em média, os participantes executaram o exercício em 6 minutos, registro realizado pelo pesquisador de forma oculta, com cerca de uma interação a cada 12 segundos. Na sequência, tais resultados são analisados considerando média e mediana dos registros por modo de interação, curva de aprendizagem e fadiga sensorial do participante.

7.2.2.1 Análise por média e mediana

Nesta primeira análise foram considerados os dados de interação utilizando anel háptico, Tabela 1, e na sequência os dados da interação com a vibração padrão do dispositivo.

Tabela 1 - Resultados da interação com anel háptico

Participante	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Modo	
u4	26	41	40	30	17	36	Anel Háptico	
u5	55	27	37	21	28	25	Anel Háptico	
u6	34	32	29	24	48	24	Anel Háptico	
u10	28	24	20	22	22	52	Anel Háptico	
u12	66	38	32	24	24	43	Anel Háptico	
u14	31	20	26	18	14	20	Anel Háptico	
u16	39	23	27	30	26	24	Anel Háptico	
u17	22	14	19	28	22	34	Anel Háptico	
u20	29	27	17	28	35	28	Anel Háptico	
u21	41	28	38	41	32	48	Anel Háptico	
u24	24	23	15	24	31	25	Anel Háptico	
u26	42	24	59	39	53	44	Anel Háptico	
u30	37	27	57	32	32	35	Anel Háptico	
u32	44	43	46	44	43	39	Anel Háptico	
u33	16	19	27	32	20	21	Anel Háptico	
Mediana	34,0	27,0	29,0	28,0	28,0	34,0	Mediana Total	28,0
Média	35,5	27,3	32,4	29,1	29,7	33,3	Média Total	31,3

Fonte: O autor (2017)

Como na tabela anterior, os resultados da interação com a vibração padrão, Tabela 2, também contêm ao final a média e mediana por coluna e total de todos os resultados da interação.

Tabela 2 - Resultados da interação com vibração padrão

Participante	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Modo	
u1	17	32	35	38	29	24	Vibração	
u2	40	39	21	20	26	22	Vibração	
u3	42	29	32	27	35	39	Vibração	
u7	31	22	55	30	21	33	Vibração	
u8	24	37	22	26	37	30	Vibração	
u9	26	30	22	27	18	16	Vibração	
u11	32	45	31	30	45	28	Vibração	
u13	17	28	20	25	49	40	Vibração	
u15	31	36	28	27	23	34	Vibração	
u18	48	35	44	19	20	33	Vibração	
u19	39	32	57	25	21	17	Vibração	
u22	22	25	30	27	27	47	Vibração	
u23	34	35	47	29	32	32	Vibração	
u25	27	23	34	33	18	39	Vibração	
u27	32	61	32	35	27	40	Vibração	
u28	42	39	23	31	21	35	Vibração	
u29	17	26	26	21	32	30	Vibração	
u31	48	47	60	41	44	32	Vibração	
Mediana	31,5	33,5	31,5	27,0	27,0	32,5	Mediana Total	31,0
Média	31,6	34,5	34,4	28,4	29,2	31,7	Média Total	31,6

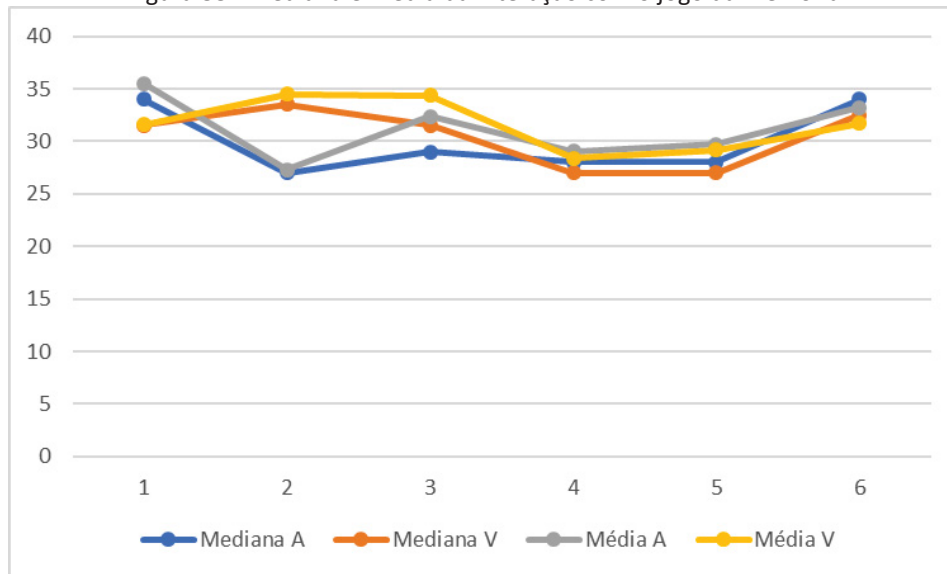
Fonte: O autor (2017)

Considerando os resultados, não é possível afirmar que uma ou outra modalidade de interação ofereceu maior acurácia, sendo que a média entre as duas modalidades foi bastante aproximada. Quanto à mediana, existe uma diferença um pouco mais acentuada, com 10% de vantagem (menor número de tentativas) para a interação com o anel háptico. No entanto, o volume amostral entre as duas modalidades não foi idêntico, assim, os resultados devem ser observados com cautela.

7.2.2.2 Aprendizagem e Fadiga do Participante

O aprendizado tátil é bastante relatado na literatura, como em Almeida (2017), inclusive a possibilidade de o participante ter fadiga sensorial após longa exposição a estímulos. Extrapolando a análise anterior, tem-se a interpretação destes fatores com o gráfico da Figura 88:

Figura 88 - Mediana e Média da interação com o jogo da memória



Fonte: O autor (2017)

Considerando o corpo amostral de dados desta pesquisa, observa-se que nas interações “A” com o anel háptico houve uma variação mais expressiva entre a primeira e a segunda interação, que sugere um entendimento maior dos ícones hápticos pelo participante e dos objetivos do jogo, reduzindo a ocorrência de erros. Enquanto o comportamento das interações com o sistema “V” vibracional padrão teve um aumento no número de tentativas até a terceira partida, após a qual os resultados se aproximam entre os modos de interação.

A última partida nos dois modos de interação apresentou um resultado negativo, o que pode indicar fadiga sensorial. Ou seja, o excesso de estímulos (na última partida os usuários já haviam sido submetidos em média a 316 vibrações) pode ter exaurido o sistema sensorial tátil e reduzido a acurácia do usuário. No entanto, para identificar a origem real desta ocorrência de erros, devem ser considerados outros fatores, como a redução do interesse do participante, a ausência de uma recompensa ao participante, como em aplicativos de jogos, ou mesmo a influência da presença do pesquisador. Assim, não é possível dar um parecer único quanto ao impacto real entre as modalidades de interação, embora haja uma pequena inclinação positiva para a interação com o anel háptico.

7.2.3 Resultados do Ensaio 3

Neste ensaio, os participantes foram desafiados a identificar através do tato imagens “escondidas” na tela do dispositivo utilizando um dos modos de interação tátil, “A” anel háptico ou “V” vibração padrão do dispositivo. A cada participante foi oferecido um tempo máximo de

10 minutos ou 31 testes. Os próprios participantes anotaram nas folhas de avaliação os resultados de cada interação.

Estes resultados individuais foram posteriormente tabulados utilizando a seguinte legenda: Escada - **ES**, Círculo - **CO**, Triângulo - **TR**, Calça - **CÇ**, Exclamação - **E!**, Quadrado - **QD**, Diagonal - **D/**, Igual - **I=**, Cruz - **X**, Losango - **LS**. E então ordenados, para melhor visualização, por número total de interações e modo tátil. Na *Figura 89*, as indicações com fundo rosa significam erros, enquanto as indicações em fundo branco, acertos. As colunas indicam modo de interação (**MD**), total de interações (**TT**), total de acertos (**AC**), porcentagem de acerto (**%**) e tempo médio de cada interação (**TEMPO s**).

Figura 89 - Tabulação dos resultados da interação

CONT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	MD	TT	AC	%	TEMPO (s)		
U25	X	ES	QD	QD	ES	TR	ES	CO																							A	8	4	50,0	67			
U15	CO	ES	ES	QD	CO	TR	CO																									A	8	7	87,5	75		
U19	QD	CO	ES	CO	QD	D/	TR	QD																								A	9	5	55,6	67		
U27	Lua	Lua	X	Lua	I=	TR	X	X	Lua	X																						A	12	9	75,0	50		
U2	I=	Lua	X	Lua	TR	D/	X	D/	X	D/																						A	16	9	56,3	38		
U1	X	D/	D/	X	I=	TR	TR	TR	TR	TR																						A	16	12	75,0	38		
U7	Ei	Lua	Lua	Ei	Lua	X	CÇ	Ei	CÇ	Lua	CÇ	I=	Ei	Lua	CO	I=	QD															A	17	8	47,1	35		
U11	Ei	Lua	Ei	X	Ei	Ei	Lua	Lua	Ei	X	CÇ	Ei	CO	Lua	QD	QD	I=															A	17	10	58,8	35		
U17	CO	Ei	Ei	D/	Ei	Ei	QD	ES	D/	ES	Ei	X	I=	Ei	CO	CO	QD															A	17	11	64,7	35		
U26	X	I=	QD	Ei	Lua	X	CÇ	I=	I=	X	Ei	CÇ	QD	QD	CÇ	I=	I=	CÇ	X	Ei												A	20	11	55,0	30		
U13	Ei	CÇ	Lua	QD	X	Ei	X	Lua	Ei	X	X	QD	QD	Lua	X	Lua	X	CO	TR	CO												A	20	14	70,0	30		
U22	QD	D/	ES	D/	CO	QD	CO	CO	TR	CO	CO	CO	X	TR	CO	ES	I=	X	CÇ													A	20	16	80,0	30		
U31	Lua	I=	D/	Lua	TR	Lua	X	I=	Lua	I=	I=	I=	QD	ES	Lua	I=	QD	QD	Lua	CO												A	21	15	71,4	29		
U3	QD	Lua	X	Ei	X	QD	QD	CÇ	Lua	Ei	QD	Lua	QD	QD	X	Lua	Lua	TR	Lua	TR													A	22	16	72,7	27	
U8	Lua	Lua	CÇ	Lua	X	X	Ei	QD	X	I=	QD	QD	I=	CO	QD	Lua	CO	X	Lua	TR												A	28	19	67,9	21		
U28	X	TR	X	Lua	TR	TR	X	D/	D/	D/	I=	I=	X	ES	D/	X	D/	TR	Lua	TR	X	I=	TR	ES	X	QD	I=	QD	ES	I=	TR	A	31	14	45,2	19		
U18	TR	QD	ES	CO	ES	ES	QD	TR	D/	D/	ES	ES	ES	ES	ES	I=	X	X	I=	CO	X	ES	ES	Lua	ES	TR	ES	CÇ	X	A	31	17	54,8	19				
U9	Ei	X	Ei	CÇ	QD	Ei	X	CÇ	QD	QD	X	Lua	QD	Lua	QD	Ei	X	X	QD	X	Lua	X	X	Ei	D/	Lua	X	TR	CO	CO	A	31	18	58,1	19			
U33	TR	TR	Lua	Lua	TR	X	X	TR	QD	X	I=	X	I=	ES	Lua	I=	TR	TR	TR	ES	CÇ	X	CÇ	Lua	I=	CO	ES	ES	Ei	CÇ	A	31	22	71,0	19			
U6	ES	QD	Ei	QD	Ei	I=																									V	6	5	83,3	100			
U16	Lua	QD	Ei	TR	I=	Ei	QD	Ei																								V	8	2	25,0	75		
U23	ES	TR	TR	QD	QD	CO	D/	TR	ES	CO	ES	QD	QD	X	ES																	V	16	10	62,5	38		
U14	I=	Ei	Ei	QD	ES	Ei	ES	I=	ES	ES	QD	CÇ	CÇ	CO	CO	Ei	QD															V	17	11	64,7	35		
U21	Ei	Ei	I=	X	Ei	X	CÇ	I=	X	QD	X	Ei	ES	Ei	X	Ei	I=																V	18	14	77,8	33	
U20	QD	ES	CÇ	CÇ	X	CÇ	Ei	Ei	QD	Ei	QD	ES	CO	QD	ES	Ei	CO	QD														V	20	15	75,0	25		
U24	I=	I=	Lua	Lua	QD	Ei	Lua	Ei	X	I=	Ei	Ei	Lua	CÇ	I=	ES	ES	Ei	X	ES	QD	CÇ	CÇ									V	24	18	75,0	25		
U5	Ei	QD	I=	CO	Ei	CO	QD	I=	D/	QD	D/	D/	QD	Ei	CÇ	ES	Ei	QD	TR	ES	Lua	CÇ	Pé	Lua								V	24	19	79,2	25		
U12	I=	I=	QD	ES	I=	QD	CÇ	CO	ES	Ei	Ei	D/	CO	CO	CO	QD	LS	ES	Lua	CÇ	ES	Lua	ES	ES	ES	ES	TR	Lua	D/	TR	V	30	22	73,3	20			
U32	I=	X	I=	X	QD	I=	Lua	Ei	QD	I=	I=	I=	Lua	Ei	X	X	Lua	X	X	QD	X	X	Ei	I=	I=	I=	X	X	Ei	QD	V	31	12	38,7	19			
U30	Ei	I=	Ei	X	X	Lua	Lua	QD	ES	QD	Lua	X	I=	QD	ES	Ei	X	Ei	QD	ES	I=	TR	ES	CÇ	I=	I=	I=	QD	Cem	CO	D/	V	31	18	58,1	19		
U10	CO	CO	QD	QD	Ei	ES	QD	CO	QD	ES	D/	CO	Ei	QD	QD	CO	ES	ES	D/	QD	D/	QD	D/	CÇ	CÇ	I=	CÇ	TR	ES	Ei	ES	QD	TR	V	31	20	64,5	19
U4	CO	Ei	ES	I=	ES	I=	ES	ES	D/	CO	ES	D/	CÇ	ES	Ei	CO	CÇ	CO	CO	Ei	Ei	D/	QD	QD	D/	D/	X	QD	TR	QD	V	31	22	71,0	19			
U29	Ei	I=	Ei	X	QD	Lua	X	X	ES	I=	CÇ	Ei	ES	X	Ei	Ei	Ei	CO	CÇ	Ei	ES	Ei	QD	I=	QD	QD	TR	TR	I=	Cem	Cem	V	31	22	71,0	19		

Padrão: Escada - ES, Círculo - CO, Triângulo - TR, Caixa - CÇ, Exclamação - Ei, Quadrado - QD, Diagonal - D/, Igual - I=, Cruz - X, Losango - LS
 Colunas: Modo de Iteração (MD), Total de Interações (TT), Total De Acertos (AC), Porcentagem de Acerto (%) e Tempo Médio de cada interação (Tempo s)
 Fonte: O autor (2017)

Na sequência estes dados são analisados.

7.2.3.1 Análise por média e mediana

Foram realizados os cálculos de média e mediana para os resultados alcançados, considerando o total de interações “TI”, total de acertos “TA”, e considerando também a interação com anel háptico “A” e a interação vibracional “V”, Tabela 3.

Tabela 3 - Cálculo de Média e Mediana no Ensaio 3

	TI	TA	%	TEMPO (s)
MEDIANA	20	14	68	30
MÉDIA	21	14	65	35
MEDIANA (A)	20	12	65	30
MÉDIA (A)	20	12	64	36
MEDIANA (V)	24	17	71	25
MÉDIA (V)	23	15	66	34

Fonte: O Autor (2017)

Observou-se que a interação utilizando o sistema vibracional padrão foi mais eficiente neste ensaio. O total de interações superior à média geral indica um avanço mais rápido no aplicativo com o modo “V”, que é corroborado pelo tempo mediano de 25 segundos, enquanto a interação com o anel háptico solicitou um tempo mediano de 30 segundos. O número de acertos, no entanto, não possui grande expressividade, sendo apenas 2% superior comparando as médias entre os modos ou pela mediana 6%. Assim, pode-se considerar que as duas formas de interação provêm resultados similares quando comparadas neste ensaio em específico.

7.2.3.2 Análise por padrão e modo

Nesta seção, os dados para cada padrão de imagem são analisados quantitativamente considerando a porcentagem de erros, Tabela 4. Parte-se da premissa de que formas mais complexas podem demandar maior carga cognitiva para sua identificação, acarretando em maior número de erros.

Tabela 4 - Contagem de acertos e erros por padrão tátil

Padrão	AA	EA	%EA	AV	EV	%EV	AT	ET	TI	%ET
Círculo	20	10	33,3	17	4	19,0	37	14	51	27,5
Exclamação	23	9	28,1	43	17	28,3	66	26	92	28,3
Lua	38	17	30,9	13	7	35,0	51	24	75	32,0
Quadrado	30	15	33,3	35	17	32,7	65	32	97	33,0
Igual	22	17	43,6	27	9	25,0	49	26	75	34,7
Triângulo	22	14	38,9	10	3	23,1	32	17	49	34,7
Diagonal	13	10	43,5	13	4	23,5	26	14	40	35,0
Escada	27	6	18,2	14	31	68,9	41	37	78	47,4
Calça	11	9	45,0	11	11	50,0	22	20	42	47,6
Cruz	30	32	51,6	10	17	63,0	40	49	89	55,1
Losango	0	0	0	0	1	100,0	0	1	1	100,0
Pé	0	0	0	0	1	100,0	0	1	1	100,0
Cem	0	0	0	0	3	100,0	0	3	3	100,0

Legenda: **AC** (acertos com anel); **EA** (erros com anel); **%EA** (percentual de erros com anel); **AV** (acertos com vibração); **EV** (erros com vibração); **%EV** (percentual de erros com vibração); **AT** (total de acertos); **ET**(total de erros); **TI** (total de interações); **%ET**(percentual de total de erros)

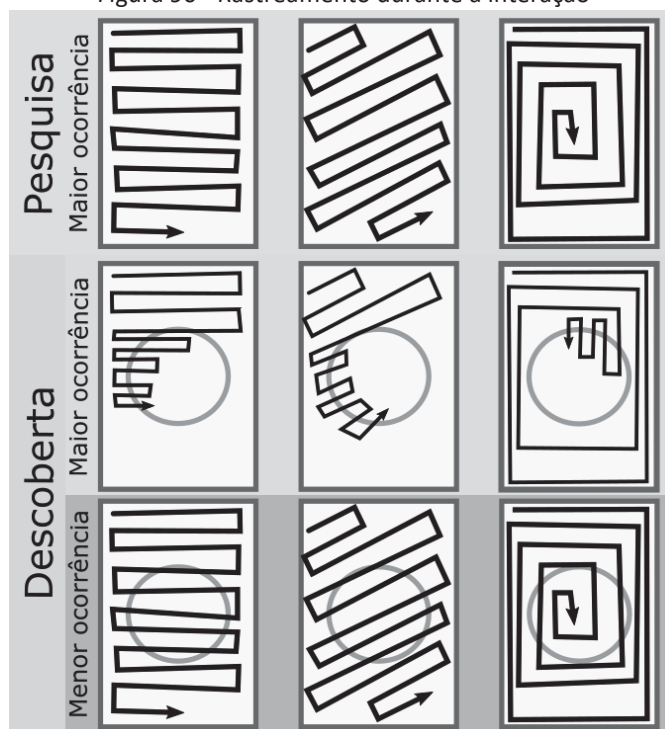
Fonte: O Autor (2017)

As colunas tratam da quantidade de acertos, erros e porcentagem de erros, com base na interação “A” anel háptico e “V” vibracional padrão. As últimas colunas demonstram o total de acertos, total de erros, total de interações e porcentagem de erros total. Considerando os padrões oferecidos pelo aplicativo durante os níveis iniciais das partidas, os mais complexos apresentaram maior quantidade de erros de identificação pelos usuários, o que é coerente, uma vez que formas complexas demandam maior processamento cognitivo. Contemplando a quantidade total de interações, os padrões “escada” e “calça” apresentaram 47% de erro e o padrão “cruz” foi identificado de forma incorreta em mais da metade das interações, representando 55% de erro.

Comparando os modos de interação, ocorreu um equilíbrio entre as porcentagens de acerto, os padrões “círculo”, “quadrado”, “igual”, “triângulo” e “diagonal” foram melhor identificados na interação vibracional, enquanto os padrões “exclamação”, “lua”, “escada”, “calça” e “cruz”, foram melhor identificados na interação com o anel háptico. Cabe observar que estes últimos foram os padrões mais complexos, o que pode sugerir que a interação com o anel é mais interessante para objetos de maior complexidade. Os padrões “losango”, “pé” e “cem” só foram demonstrados para um único participante que atingiu o quarto nível de desafio no aplicativo.

Um aspecto ainda não abordado são as interações que os participantes efetuaram para rastreamento da informação durante o Ensaio 3. Durante as observações, puderam ser verificados alguns padrões de rastreamento da tela que foram mais recorrentes, Figura 90.

Figura 90 - Rastreamento durante a interação



Fonte: O autor (2017)

Durante um primeiro momento de interação em que o usuário está pesquisando a localização do objeto tátil foram mais realizados movimentos de vai e vem, tanto no sentido horizontal quanto na diagonal, acompanhando a direção do movimento do pulso do usuário. Destes geralmente realizaram movimentos da esquerda com ascendência superior à direita e canhotos de forma invertida. Foi observado, também, embora com menor recorrência, o rastreamento em espiral, contornando a tela para encontro do objeto tátil, e numa minoria de interações a exploração randômica da tela em alguns momentos.

Após a descoberta do objeto, a maior parte dos usuários refinou o movimento tentando perceber a forma e adequando o movimento à vibração ativada pelo contorno. Entretanto, não foi um padrão único e alguns participantes prosseguiram com o mesmo movimento anterior. Estes dados devem ser melhor investigados em pesquisas futuras para compreender a influência do movimento na percepção dos objetos com componente háptico.

7.2.4 Resultados das entrevistas com os participantes

Após o encerramento da fase de interação com os dispositivos móveis, foi realizada uma breve entrevista com registro oral e tomada de notas. Com base nas questões - **a)** Qual modo de interação lhe agradou mais e por quê? e **b)** Você considera importante sentir os objetos no dispositivo móvel? - foram identificados os principais aspectos das respostas dos participantes, os quais são sintetizados no Quadro 31.

Quadro 31 - Síntese das respostas da entrevista

Respostas Questão A		Respostas Questão B
u1	Celular, julgou o anel incômodo.	Sim, mas eu não utilizo, apenas como despertador para algum compromisso.
u2	Anel, por desconhecer produtos similares.	Parece interessante, mas não aplicaria em todas as situações.
u3	Anel, pela surpresa e forma de interagir.	Acho que pode facilitar alguns tipos de informação.
u4	Celular, julgou o anel incômodo.	Sim, mas eu faria o anel sem fio.
u5	Celular, o fio do anel incomoda.	Acho legal, importante para perceber melhor a interação.
u6	Anel, por sentir mais, embora o fio incomode.	Não uso vibração em meu celular, mas em situações específicas pode ser interessante.
u7	Celular, pela praticidade.	Acredito que usuários cegos devam utilizar bastante este tipo de informação.
u8	Celular, o fio do anel incomoda.	Sim, em jogos principalmente.
u9	Anel, pela surpresa.	Acho útil como alarme, mas seria interessante sentir formas virtuais também.
u10	Anel, pela interação mais direta.	Sim, parece que o anel aumenta a precisão na tela, embora a vibração possa ser incômoda às vezes.
u11	Celular, maior praticidade.	Eu não utilizo, mas para usuários cegos deve ser útil ou em jogos.
u12	Anel, pela sensação mais real.	Acho importante, pois é mais um meio de saber do funcionamento do aparelho.
u13	Celular, o fio do anel incomoda.	Sim, mas tem que ser prático como a vibração do celular. Uma coisa só.
u14	Anel, por sentir mais, embora o fio incomode.	Acho que vai ser legal para realidade aumentada conseguir sentir os objetos.
u15	Anel, pela sensação mais real.	Sim, no teste eu imaginei ritmos de bateria por exemplo.
u16	Anel, pela surpresa e forma de interagir.	Sim, é uma boa novidade. Mas acho que ainda não é possível distinguir muitos objetos.
u17	Anel, pela interação mais direta.	Sim, como caixas de texto ou de seleção.
u18	Celular, maior praticidade.	Penso que pode ser aplicado em situações específicas de mobilidade para deficientes visuais.
u19	Anel, pela surpresa e forma de interagir.	Acho que sim, poderia ser usado no design para sentir os produtos.
u20	Anel, pela novidade.	Eu uso, meu teclado faz uma vibração quando digito.
u21	Anel, pela surpresa.	Sim, parece útil, mas não usaria no Facebook, por exemplo.
u22	Anel, pela interação mais direta.	Sim, é legal sentir os objetos na tela.
u23	Celular, maior praticidade.	Não, penso que é mais um modismo que realmente útil. Apenas como alerta do despertador quem sabe.
u24	Celular, maior praticidade.	Acho que é importante, mesmo que não muito aplicado.

u25	Anel, pela surpresa e forma de interagir.	Penso que sim, no futuro acho que poderemos sentir em 3D. Existem uns óculos de realidade aumentada.
u26	Celular, julgou o anel incômodo.	Sim, é um incremento legal, mas deve ser melhor desenvolvido.
u27	Anel, pela surpresa.	Não, pelo menos não neste tipo do anel. Acho que tem que ser tudo compacto em um só produto.
u28	Anel, pela sensação mais real.	Sim. Seria bom para sentir a informação, em jogos, no design.
u29	Celular, o fio incomoda.	Não, penso que o celular é um produto único, não gosto de canetas e apetrechos adicionais.
u30	Celular, maior praticidade.	Sim, no caso do o anel deve ser melhor desenvolvido, mas vejo futuro.
u31	Anel, pela interação mais direta.	Sim, foi interessante sentir as cores e vibrações.

Fonte: O autor (2017)

Apesar de muitos participantes enfrentarem algum grau de dificuldade na execução dos ensaios propostos, percebeu-se que o uso de vibrações pode transmitir a informação com boa assertividade, tornando algumas percepções mais “reais” ou sendo percebidas como ícones hápticos específicos. As respostas sugerem que o uso do anel háptico gerou surpresa para muitos participantes e permitiu uma interação com menor distanciamento entre a informação tátil e a percepção da interação em tela. Como muitos apontaram, o uso de um acessório externo não é muito interessante, uma vez que os dispositivos móveis são conhecidos por serem multifuncionais compactos. Tais características serão melhor exploradas nas considerações finais.

7.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O ENSAIO DE INTERAÇÃO

O ensaio de interação desenvolveu três práticas de interação com a intenção de aprofundar o conhecimento sobre o retorno tátil em dispositivos móveis. A execução possui como escopo um contexto limitado quanto ao número de participantes, bem como aos dispositivos móveis utilizados. Dentro dos limites desta investigação observou-se que a compreensão de informações táteis ocorre mesmo com o uso de vibrações de pouca resolução. A reduzida capacidade de promover interações mais complexas dos motores vibracionais é bastante relatada na literatura que fundamenta esta pesquisa, como em Gorlewicz *et al.* (2014) e parece ter sido corroborada pelos resultados dos testes realizados, nos quais a incidência de erros foi bastante relevante. Por outro lado, também se percebe uma capacidade latente de utilizar o tato em interações mais complexas que as relatadas como comuns tanto na literatura quanto pelos participantes (como alarmes e eventos em jogos).

Entre as modalidades testadas, não se pode considerar os resultados encontrados como conclusivos ou definitivos. No entanto, é possível tecer algumas considerações, tais como a maior efetividade aparente do anel háptico de tornar compreensível a informação para a descoberta de padrões táteis de maior complexidade no Ensaio 3. Todavia, durante os outros testes, o anel háptico apresentou qualidade similar à da vibração padrão do dispositivo móvel.

Apesar de não ser possível trazer resultados absolutos, os ensaios possibilitaram esclarecimento quanto à importância de utilizar dispositivos móveis com retorno háptico adequados às aplicações. O uso de motores vibracionais pode ser prático na descoberta de informações de baixa complexidade ou sem risco para o usuário, mas dados mais complexos ainda dependem de canais auxiliares, como visual e auditivo. Sobre este aspecto, alguns participantes relatam que a experiência de depender principalmente do tato foi desafiadora, mas o uso deste canal informacional é interessante e promove uma interação mais próxima com o dispositivo. Através das entrevistas também foi possível perceber um entendimento de que a háptica pode auxiliar usuários com deficiência visual a efetuarem interações com os dispositivos móveis, mas tal aspecto não é explorado com profundidade nesta pesquisa.

Considerando a possibilidade de outras tecnologias - como eletrostática e ultrassônica aplicadas a dispositivos móveis - poderem promover resoluções de retorno tátil mais precisas quanto à localização, ou ainda serem combinadas com outras modalidades para combinar aspectos positivos, reforça-se a necessidade de realizar novos ensaios para confirmar quais padrões são efetivamente mais complexos na identificação tátil, se a incidência de erros pode ser decorrente da técnica de rastreamento utilizada pelos usuários, ou ainda se os erros são relacionados a limites de processamento do próprio *software*, ou mesmo fronteiras devido aos *hardwares* utilizados.

8 | ORIENTAÇÕES PARA O USO DE OAH

No decorrer dos capítulos anteriores observou-se que os OA exigem conhecimentos que demandam múltiplos envolvidos no processo de planejamento e validação dos recursos. Entende-se que o projeto de OA, principalmente ao se considerar a inclusão do canal sensorial tátil como discute Almeida (2017), não é simplório. As dificuldades abrangem desde o entendimento de como são conceituados os objetos de aprendizagem, como em Braga (2015b), até como planejar o uso de tecnologias emergentes, como a háptica para aprendizagem, também discutido Schneider et al. (2017) entre outros.

Constatando uma lacuna no conhecimento sobre a aprendizagem com componente háptico, ao longo desta pesquisa foram demonstrados conceitos, modalidades e características das tecnologias táteis, assim como dos OA. Neste meio, foram identificados aspectos importantes para o planejamento de OAH tanto na literatura quanto em normas da ABNT e ISO. Entretanto, as informações coletadas são complementares ou específicas a determinados contextos e, por vezes, demandam a adequação ao meio háptico.

Neste capítulo, orientações para o planejamento de OAH são apresentadas de maneira objetiva; bem como possibilidades de OAH e um exemplo de estrutura para o planejamento de OAH. Ressalta-se que não se limita a uma mera replicação, mas uma consolidação orientada ao planejamento, ponderando aspectos convergentes e divergentes das informações coletadas. Também é importante considerar que os autores ou normas citados devem ser consultados para um entendimento mais completo de cada proposta. Saliencia-se que informações aqui não contempladas, mas que foram tratados nesta tese podem ser importantes para contextos específicos.

Considerando possíveis avanços na tecnologia háptica e dos OA, as orientações apresentadas poderão carecer de atualizações conforme a evolução do meio ao qual se aplicam. São conteúdos emergentes que, sob desígnio de pesquisa e desenvolvimento, podem sofrer alterações em relação ao contexto digital e aplicabilidade. Na sequência adotam-se – para facilitação do entendimento e incremento da proposta – as etapas da metodologia INTERA expostas em Braga *et al.* (2015a). A metodologia incentiva e permite o uso de novas entradas, novas práticas e novas saídas de acordo com o OA a ser desenvolvido, desta forma as orientações dispostas na sequência, e destacadas em negrito nas figuras, podem ser compreendidas como uma extensão da metodologia INTERA para o planejamento de OAH. Para tanto, são consideradas as seguintes seções: contextualização, requisitos, arquitetura,

desenvolvimento, testes e qualidade, disponibilização, avaliação, gestão de projetos e ambiente e padrões.

8.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Como aponta Braga *et al.* (2015a, p. 25): “recomenda-se que essa seja a primeira etapa a ser iniciada, pois é necessário conhecer bem as condições e o público alvo do OA”. Na extensão da metodologia INTERA são considerados elementos de entrada, práticas e saídas, conforme a Figura 91:

Figura 91 – Entradas, práticas e saídas da etapa de contextualização

Entradas	Práticas	Saídas
Ementas Cenários Informações sobre alunos Objetivos Pedagógicos Reúso contextual Guia de coleta de contextualização	Entrevistas Preenchimento de formulários Colaboração	Relatório de análise de contexto

Fonte: Adaptado de Braga *et al.* (2015a, p. 25)

Além do conteúdo disponibilizado por Braga *et al.* (2015a) para o planejamento desta etapa, orienta-se que também seja observada a ABNT NBR ISO 9241-11 (2011), que trata da usabilidade em dispositivos com interação visual e contempla o contexto de uso de forma ampla. A seguir são tratados com base na norma os seguintes aspectos do contexto de uso: usuário e ambiente.

8.1.1 Usuário

- **Conheça o usuário;** ao longo do ciclo de desenvolvimento do OAH indivíduos diversos poderão colaborar para o alcance de resultados. Assim, é importante entender quais tipos de usuários estão envolvidos, suas habilidades, conhecimentos e atributos pessoais.
- **Usuário participante e relevante;** com base na norma ABNT NBR ISO 9241-210 (2011), que trata do projeto centrado no ser humano, os indivíduos devem perceber sua participação e relevância no projeto.
- **Promova a colaboração;** para tanto, designers instrucionais, conteudistas, programadores e alunos podem se valer de modelos de colaboração, como o

Modelo de Colaboração 3C de Fuks *et al.* (2003), para o encontro de soluções compartilhadas aos OAH.

- **Competências multidisciplinares;** projetos de OA são naturalmente complexos e ao tratar de tecnologias emergentes, como a háptica, será imprescindível a soma de conhecimentos.

8.1.2 Ambiente

- **Considere a modalidade de uso;** remoto ou físico, síncrono ou assíncrono. Estas e outras modalidades de uso podem alterar a interação do usuário com o OAH e com os pares, como tutores e alunos.
- **Planeje informações;** é importante descrever e compreender o ambiente e contexto de uso do usuário, inclusive em diferentes formatos de mídia, conforme Sjöström (2002).
- **Ambientes colaborativos;** nestes ambientes deve-se planejar formas de comunicação e percepção claras, conforme observa Ammi e Katz (2015).
- **Entenda as características técnicas do ambiente;** propriedades do hardware e do software podem alterar o entendimento do OAH.
- **O ambiente físico pode modificar a percepção do digital;** características como umidade e ruídos, por exemplo, podem alterar a capacidade perceptiva do usuário e sistema, segundo a ABNT NBR ISO 9241-11 (2011).
- **Entenda a cultura;** o contexto no qual se inserem os OAH devem ser compreendidos para o planejamento de interações adequadas a cultura dos usuários, ABNT NBR ISO 9241-11 (2011).

8.2 REQUISITOS

De acordo com Braga *et al.* (2015a, p. 70): “esses requisitos se definem por representar os conceitos e conteúdos a serem abordados e a metodologia e estratégias pedagógicas em que o OA deverá estar inserido, os quais favorecerão a aprendizagem dos alunos”. A extensão da metodologia considera os elementos da Figura 92:

Figura 92 – Entradas, práticas e saídas da etapa de requisitos

Entradas	Práticas	Saídas
Relatório de análise de contexto Guia de coleta de requisitos	Entrevistas Preenchimento de formulários “Brain Storm” (mapas conceituais) Protótipos de interação	Documento de Especificação de Requisitos

Fonte: Adaptado de Braga *et al.* (2015, p. 26)

A metodologia também trata de requisitos didático-pedagógicos, funcionais e não funcionais, que serão considerados na sequência.

8.2.1 Requisitos didático-pedagógicos

- **Pondere a função do componente háptico;** os recursos utilizados podem ter função primária, ou seja, a relação tátil é a informação alvo da aprendizagem; ou secundária, na qual mídias diversas podem utilizar a háptica para auxílio à informação como incremento ou complementação.
- **Colaborações hápticas são complexas;** o planejamento de OAH que dependam de interações táteis síncronas entre recursos e usuários com prática de aprendizagem é complexo e pode resultar em problemas de renderização e percepção da informação, Buttolo *et al.* (1997). O uso de outros canais sensoriais para complemento da informação pode ser importante nestes casos.

8.2.2 Requisitos funcionais

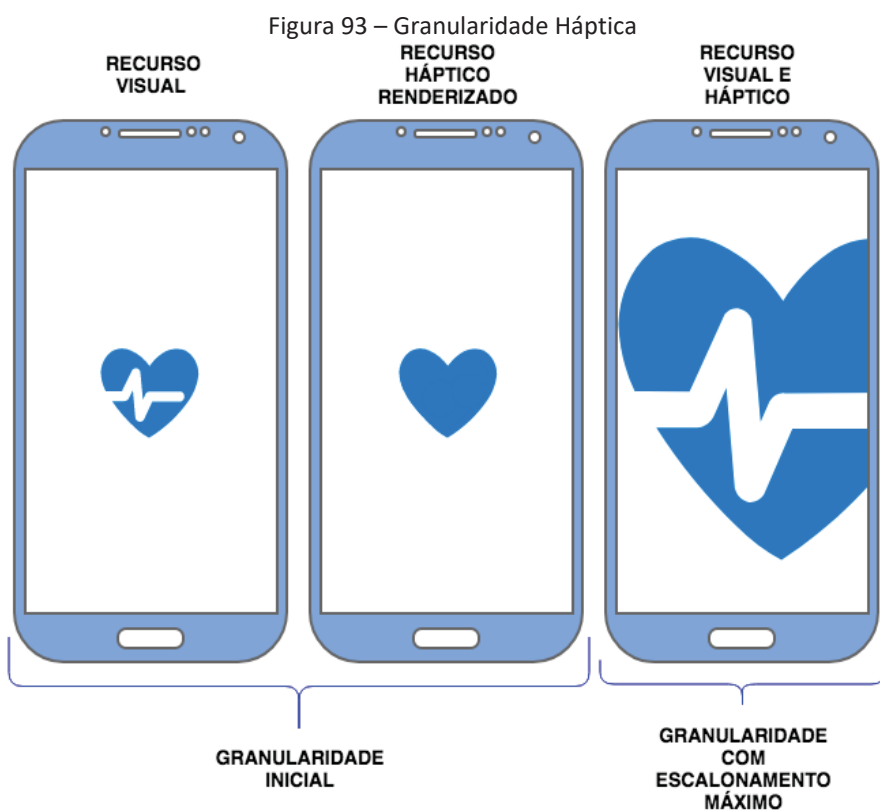
- **Atributos podem facilitar o planejamento de funções;** a utilização de atributos, como os disponibilizados em Seifi & MacLean (2017), podem auxiliar na identificação de valores a serem implementados nas interações.
- **Compreenda o objetivo;** o correto planejamento de uma tarefa depende do entendimento do que se propõe alcançar com o OAH.
- **Defina a tarefa;** quais ações o usuário deverá realizar e qual é o retorno esperado do OAH, qual é o ganho pedagógico esperado?
- **Compreenda a tecnologia;** a interação tátil e a informação háptica em dispositivos móveis podem incrementar, ou até mesmo delimitar entradas e saídas, influenciando no planejamento da tarefa.

- **Considere o uso de critérios de conclusão ou de desempenho;** é importante planejar quais critérios atenderão a cada tarefa, ABNT NBR ISO/IEC 25062 (2006, p. 18).

8.2.3 Requisitos não funcionais

8.2.3.1 Escalonamento

- **Informações e pacotes adequados;** diferente da visão que consegue explorar grandes volumes de informação, a relação háptica solicita o contato próximo e paulatino do objeto. O planejamento de um componente háptico complexo pode considerar a possibilidade de escalonamento com diferentes granularidades de dados, Figura 93.



Fonte: do autor (2017)

A granularidade permite que sejam definidos componentes hápticos com informações distintas de outras mídias, considerando reduções ou simplificações. No exemplo, um coração com um recorte simbolizando o batimento talvez não seja adequado para a exploração háptica em representações reduzidas. Ao tornar o objeto maior, a linha o espaço indicando batimento pode ser expandido a ponto de ser identificado através do tato sem problemas, eliminando a

necessidade de adaptação da informação do objeto. Ou seja, um elemento com maior complexidade (devido ao tamanho da renderização háptica) pode ser planejado para ser representado apenas como síntese do conteúdo geral. Quando o objeto é submetido a uma aproximação, objeto visual e háptico são viáveis de serem renderizados de forma completa.

8.2.3.2 Usabilidade

- **Planeje áreas de contato adequadas;** segundo a ISO 9241-910 (2011), a acuidade da pele em sistemas táteis é de 1mm. Entretanto, nos dispositivos móveis os OAH talvez solicitem áreas maiores para serem percebidos apropriadamente, conforme tecnologia empregada.
- **Planeje espaçamentos adequados;** elementos muito próximos podem confundir a percepção humana, fazendo com que objetos múltiplos sejam percebidos como únicos, veja também Adam e Macedo (2013).
- **Utilize padrões;** a utilização de padrões gestuais pré-existentes nos sistemas em que o OAH será disponibilizado pode auxiliar no planejamento de interações hápticas adequadas ao toque do usuário, ISO 9241-960 (2017).
- **Planeje requisitos de usabilidade;** embora as normas ABNT NBR ISO 9241-151 (2011) e ABNT NBR ISO 9241-11 (2011) sejam primordiais para o entendimento de critérios de usabilidade, o trabalho de Khan *et al.* (2011a) também promove uma importante contribuição a este entendimento. OAH específicos podem demandar critérios de avaliação diferenciados que podem ser identificados em colaboração com os envolvidos.
- **Exemplifique os métodos de interação;** ajude o usuário a apreender os métodos de interação com regras simples e restritas, Sjöström (2002).

8.2.3.3 Acesso

- **Planeje mídias alternativas;** algumas vezes, a informação tátil pode não ser suficientemente compreendida para alcance do objetivo do OA, sendo importante desenvolver mídias alternativas para os usuários, veja mais em Macedo (2010).
- **Planeje mostradores alternativos;** dispositivos móveis podem contar com mais de um modelo de mostrador háptico. Sendo assim, considere o uso ou combinação de diferentes modalidades para a informação tátil no OAH.

- **Diversos envolvidos; diferentes papéis;** os participantes do planejamento do OAH e usuários possuem necessidades de acesso diferenciados: um programador deve conseguir realizar ajustes lógicos para o OAH; professores precisam interagir com o contexto e área do aluno; o aluno tem que desenvolver ações que foquem no objetivo do OAH. Por isso, é importante considerar o planejamento de acesso adequado às necessidades individuais.

8.2.3.4 Disponibilidade

- **Adeque para indexar;** atualmente, não há um campo específico para OAH nos metadados que descrevem os OA, assim como no “Banco Internacional de Objetos Educacionais” (2017). Neste caso, orienta-se que a indexação e registros dos dados pode ser adaptada para campos próximos, como Simulações, Imagens ou Softwares. Com o desenvolvimento dos OAH, poderão surgir classes específicas para OA com componente háptico, por exemplo; objetos táteis ou componentes táteis e hápticos.

8.2.3.5 Reusabilidade

- **Máscaras hápticas podem ser mais adequadas que o processamento;** o processamento instantâneo de interações entre usuário e objeto pode ser adequado a dispositivos complexos, mas talvez exija muito do processador de dispositivos móveis, Moustakas e Lalos (2017). Nestes casos, o uso de máscaras hápticas – como em Rasool e Sourin (2010) ou mesmo repositórios hápticos, El-Far *et al.* (2007) – podem reduzir o volume de informação a ser processada. As máscaras também devem ser especificadas para viabilizar a reutilização da informação em outros contextos de OAH. Por exemplo, uma máscara que simula um redemoinho de água através do tato, pode ser reaproveitada para indicar a movimentação de um cata-vento ou o efeito de uma hélice se afastando vista de baixo.

8.2.3.6 Acessibilidade

- **Programações devem ser flexíveis;** existem padrões diversos para programação dos mostradores hápticos. É importante escolher modelos que

viabilizem a adaptação a diferentes sistemas, facilitando a reusabilidade dos objetos, veja também Orozco e Saddik (2008).

8.2.3.7 Desempenho

- **Garanta o “reconhecimento” (*affordance*) dos objetos;** o reconhecimento permite que os usuários percebam a informação com maior clareza e compreensão dos resultados decorrentes de interações no OAH, Walsh *et al.* (2017). Assim, entende-se que objetos que possuam boa *affordance*, permitem que o usuário tenha um desempenho melhor durante a interação.
- **Planeje o ajuste de propriedades;** a percepção tátil pode ser influenciada por características do ambiente ou dos próprios usuários. A habilidade de acessar configurações de ajuste pode ser importante para adaptar o referencial háptico ao aluno e ao professor, por exemplo, aumentando ou reduzindo a amplitude dos sinais através de comandos simplificados.

8.2.3.8 Portabilidade

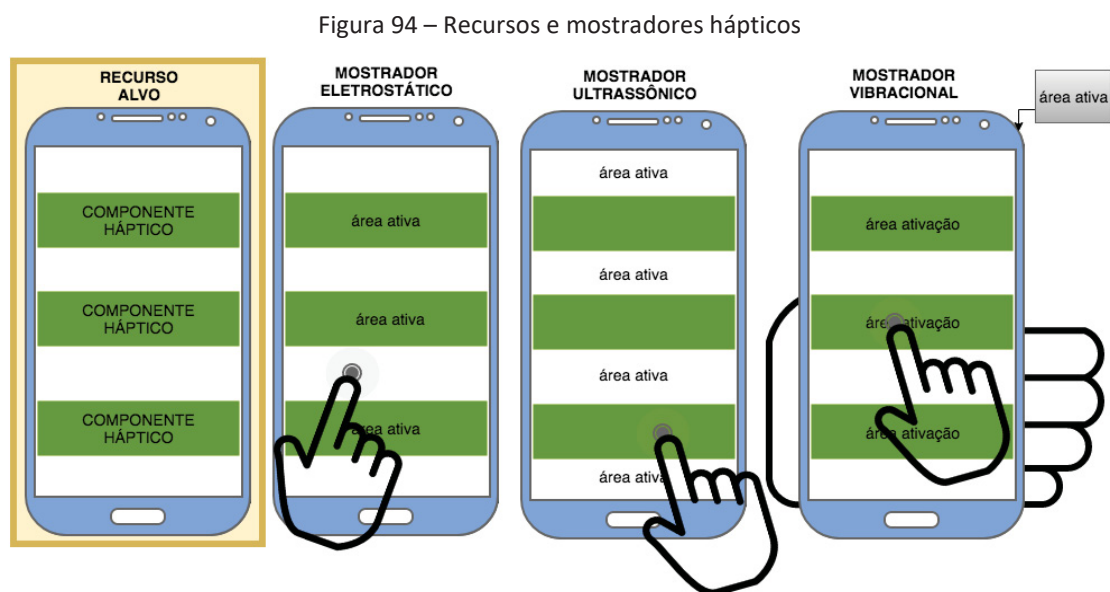
- **Planeje a portabilidade;** dispositivos móveis contemplam diferentes configurações que incluem tamanhos e tipos de tela e mostradores hápticos, capacidade de processamento e sistemas operacionais. É importante escolher modelos de programação que consigam se adaptar aos diferentes sistemas e hardwares, veja também Orozco e Saddik (2008).
- **Considere a responsividade;** garantir que o componente háptico seja renderizado corretamente em diferentes mostradores pode ser uma tarefa complexa, mas é necessária ao OAH. Considerando os mostradores com características específicas, também deve-se planejar respostas adequadas para as interações nos dispositivos móveis.

8.2.3.9 Ajuda e Documentação

- **Descreva o uso e aplicação do OAH;** componentes hápticos podem ser dependentes de tecnologias específicas para sua execução, assim é importante indicar nos manuais do OAH a compatibilidade com diferentes dispositivos.

8.2.3.10 Design de Interfaces

- **Objetos devem ser adequados aos mostradores;** os mostradores hápticos proporcionam sensações táteis diferenciadas de acordo com a tecnologia aplicada. Por exemplo: para demonstrar um componente ou recurso háptico no qual a área adesão é um grupo de objetos retangulares exibido em tela, as áreas de ativação da tela devem ser adequadas conforme o mostrador háptico, Figura 94.



Fonte: do autor (2017)

Um mostrador eletrostático consegue ativar áreas específicas da tela para que a força eletrostática produza maior adesão ao contato com o dedo do usuário. O mostrador ultrassônico produz a percepção de redução do atrito, assim, é necessário ativar áreas que devem ser percebidas como mais lisas, e desativar o atuador em áreas a serem percebidas com o atrito natural da tela, no caso, o objeto com maior adesão. Os mostradores vibracionais vibram ao contato do usuário na área de ativação do recurso, o dispositivo inteiro vibra e é percebido pela mão que segura o aparelho, assim como no dedo que encosta na tela.

- **Defina claramente as áreas do OAH;** idealmente, os OAH não devem seguir padrões de informação estranhos ao usuário. Portanto, é importante recorrer a modelos pré-existentes de distribuição de dados que podem ser vinculados ao meio onde o OAH será utilizado. A norma ABNT NBR ISO 9241-12 (2011) traz importantes considerações quanto à apresentação da informação.

- **A tela influencia o toque;** embora a maioria dos dispositivos móveis atualmente aceitem múltiplos pontos de contato, deve-se sempre compreender o modelo de tela disponível.
- **Considere os mostradores hápticos;** os mostradores ultrassônico, eletrostático e vibracional possuem características específicas, o uso isolado ou combinado com outras tecnologias comporta relações sensoriais táteis distintas. O mostrador háptico pode viabilizar interações diferenciadas, como o uso de pressão, ou mesmo limitar aspectos de interação no OAH.

8.2.3.11 Licenciamento e Direitos Autorais

- **Sem limites;** o conhecimento compartilhado gera benefícios a todos. Práticas de licenciamento aberto, como apontado em Braga *et al.* (2015a), podem auxiliar na divulgação da informação, mantendo a atribuição de crédito aos projetistas do OAH original.

8.3 ARQUITETURA

De acordo com Braga *et al.* (2015a, p. 26), esta etapa “envolve a análise dos requisitos que resultará no esboço (ou rascunho) do OA. Nessa etapa, também são definidas as tecnologias mais adequadas para o desenvolvimento do OA e os padrões a ser adotados”. Sendo consideradas as entradas, práticas e saídas expostas na Figura 95:

Figura 95 – Entradas, práticas e saídas da etapa de arquitetura

Entradas	Práticas	Saídas
Relatório de análise de contexto Especificação de Requisitos	Modelagem dos componentes hápticos Divisão em componentes menores	Artefatos relacionados às práticas utilizadas

Fonte: Adaptado de Braga *et al.* (2015a, p. 26)

Podem ser acrescentadas a esta etapa as seguintes orientações:

- **Promova práticas engajadoras;** para um projeto centrado no ser humano é necessário incluir os diversos envolvidos já nas práticas iniciais de projeção. Segundo Schneider *et al.* (2017), podem ser adequadas abordagens como o design thinking e o design centrado no usuário.

- **Protótipos de baixa fidelidade;** assim como na proposta de Braga *et al.* (2015a), podem ser utilizados recursos de baixa fidelidade ou complexidade para demonstrar conceitos primários do OAH. Para tanto, podem ser observadas as pesquisas de Moussette (2012), Schneider *et al.* (2017) e Adam (2015), bem como as práticas recorrentes ao design thinking.

8.4 DESENVOLVIMENTO

Conforme Braga *et al.* (2015a, p. 27), “é nessa etapa que o objeto de aprendizagem e todos os seus componentes de reuso (manual do usuário, instalação, guia de edição, etc) são desenvolvidos”. A extensão da metodologia INTERA apresenta os seguintes elementos:

Figura 96 – Entradas, práticas e saídas da etapa de desenvolvimento

Entradas	Práticas	Saídas
Relatório de análise de contexto Especificação de Requisitos Documento de Arquitetura	Modelagem dos componentes hápticos Utilização de padrões adequados	OA Prática Pedagógicas Manual de uso para professor Manual de uso para o aluno Instalador contendo o curso, manuais e metadados Direitos Autorais e Patrimoniais

Fonte: Adaptado de Braga *et al.* (2015a, p. 27)

Em complemento ao trabalho de Braga *et al.* (2015a), pode-se considerar:

- **A háptica na web é incerta;** apesar de alguns navegadores possuírem APIs para vibração de dispositivos móveis, como em W3C (2015), o recurso é raramente utilizado e com alcance não especificado a outros modelos de mostradores hápticos.
- **Escolha padrões de desenvolvimento adequados;** a escolha do padrão de desenvolvimento pode estar atrelada à complexidade do OAH. A prática do H3D, por exemplo, mencionado por Popovici *et al.* (2012), se aplica a conteúdos hápticos para hardwares com múltiplos graus de liberdade. Sistemas operacionais como o Android, IOs e Windows Mobile possuem ferramentas voltadas a desenvolvedores que contemplam o uso da háptica vibracional.

8.5 TESTES E QUALIDADE

Nesta etapa ocorre, conforme Braga *et al.* (2015a, p. 28), “a realização de validações das características técnicas (incluindo acessibilidade e usabilidade) e parte das características pedagógicas levantadas nas etapas anteriores”. A extensão da metodologia INTERA apresenta práticas diversas de acessibilidade, eficiência e confiabilidade pedagógica, apresentadas na Figura 97:

Figura 97 – Entradas, práticas e saídas da etapa de testes

Entradas	Práticas	Saídas
Especificação de Requisitos Casos de testes Cenários de testes Plano de testes	 Testes sensoriais Funcionalidade Acessibilidade Confiabilidade técnica Confiabilidade pedagógica Precisão Portabilidade Instalação Interoperabilidade Usabilidade Manutenibilidade Eficiência Disponibilidade Segurança	Evidências de Testes Relatório de Erros OA testado e qualificado

Fonte: Adaptado de Braga *et al.* (2015a, p. 28)

Neste contexto também podem ser considerados os seguintes aspectos:

- **Considere critérios de usabilidade;** o trabalho de Khan *et al.* (2011a) aborda a usabilidade com foco no sistema háptico e pode ser utilizado ao longo do ciclo de projeto e planejamento de OAH. O autor considera métricas, como operabilidade, comportamento do tempo, precisão, navegabilidade, consistência, flexibilidade, familiaridade, simplicidade, orientação ao usuário e segurança dos recursos.
- **Observe as normas;** as normas ABNT NBR ISO/IEC 25062 (2006, p. 1) e ABNT NBR ISO 9241-11 (2011) trazem importantes considerações sobre o processo de avaliação e critérios de usabilidade.
- **Envolva os usuários;** conforme Braga *et al.* (2015a), o processo de avaliação não deve ocorrer em um momento único do planejamento, mas ao longo de todo o ciclo de projeto. A efetiva participação dos usuários contribui para o alcance de resultados efetivos.

8.6 DISPONIBILIZAÇÃO

Para Braga *et al.* (2015a, p. 29), é nesta “etapa em que é realizada a disponibilização (ou publicação) do objeto, da documentação de uso e da instalação em repositórios”. A extensão da metodologia INTERA contempla entradas, práticas e saídas conforme a Figura 98:

Figura 98 – Entradas, práticas e saídas da etapa de disponibilização

Entradas	Práticas	Saídas
Curso Manual de Instalação Manual de uso do professor Manual de uso do aluno	Depósito em um repositório de objetos de aprendizagem Depósito em um repositório de objetos hápticos	Objeto disponível para reúso

Fonte: Adaptado de Braga *et al.* (2015a, p. 29)

Considerando a contextualização, observou-se que os repositórios de OA identificados nesta tese aparentemente não possuem campos específicos para háptica. Sendo assim, são apresentadas as seguintes orientações:

- **Considere o uso de repositórios existentes ou novos repositórios;** através do material desta pesquisa não foi possível identificar repositórios específicos para OA com componente háptico, entretanto, é possível considerar a adequação de repositórios já existentes, criação de seções ou mesmo de novos repositórios.
- **Adeque para indexar;** atualmente, não há um campo específico no “Banco Internacional de Objetos Educacionais” (2017) para objetos hápticos. Assim, a indexação e registros de metadados pode ser adaptada para o campo Simulações, ou como complemento de outros formatos de mídia, como Imagens ou Softwares. Com o desenvolvimento dos OAH, poderá se tornar importante a utilização de classes específicas para este recurso, atualizando inclusive os metadados existentes.

8.7 AVALIAÇÃO

Conforme Braga *et al.* (2015a, p. 167):

A etapa de avaliação da metodologia INTERA refere-se à avaliação do ganho pedagógico que um objeto de aprendizagem pode trazer ao aluno. Para estimar esse ganho, é preciso considerar a avaliação como um processo sistematizado de registro e apreciação dos resultados obtidos em relação às metas educativas estabelecidas previamente.

A extensão da metodologia INTERA considera o uso de questionários de avaliação como prática principal, Figura 99:

Figura 99 – Entradas, práticas e saídas da etapa de avaliação

Entradas	Práticas	Saídas
OAH Manuais Instalação Práticas Pedagógicas Curso Plano de avaliação	Uso de questionário de avaliação pré e pós Avaliação sensorial	Análise da avaliação

Fonte: Adaptado de Braga *et al.* (2015, p. 30)

Para a etapa de avaliação didático-pedagógica devem ser considerados os aspectos e orientações discutidos em Braga *et al.* (2015a).

- **Diversos envolvidos, diferentes necessidades;** os usuários podem ser uma boa fonte de informação para indicar como atingir os objetivos dos OAH. As demandas, entretanto, são múltiplas e nem sempre claras. Cabe ao envolvidos a coleta e análise criteriosa dos dados.

8.8 GESTÃO DE PROJETOS

De acordo com Braga *et al.* (2015a, p. 167): “esta etapa perpassa todo o processo e representa a execução das funções do coordenador, acompanhando e analisando os custos, o cronograma e os envolvidos”. A extensão da metodologia INTERA apresenta como saídas o cronograma, custo e alocação de recursos humanos, Figura 100:

Figura 100 – Entrada, práticas e saídas da etapa de Gestão de Projetos

Entradas	Práticas	Saídas
Especificação de requisitos Relatório de Contextualização	Técnicas para elaboração de cronograma Técnicas para estimativas de tempo	Cronograma Custo Alocação de recursos Humanos Alocação de recursos materiais

Fonte: Adaptado de Braga *et al.* (2015, p. 31)

Segundo Braga *et al.* (2015a), podem-se utilizar práticas de gestão de projetos, como o PMBOK. É indicada a seguinte orientação:

- **Considere práticas de gestão de projetos adequadas;** podem ser consideradas práticas diversas de gestão de projetos. Práticas já conhecidas pelos envolvidos podem ser adequadas ao planejamento, ou ainda, o contexto dos usuários pode ser observado para auxiliar na determinação da melhor abordagem.

8.9 AMBIENTE

Conforme Braga *et al.* (2015a, p. 167): “esta etapa é responsável por controlar o ambiente técnico em que o OA está sendo desenvolvido, como, por exemplo, a realização de backups e controle de versionamento”. Além do ambiente técnico, pode-se utilizar o contexto de uso apresentado na norma ABNT NBR ISO 9241-11 (2011) que observa também o ambiente organizacional, considerando estrutura, atividades e cultura e projeto de trabalho; e ambiente físico, englobando condições, projeto e segurança do local de trabalho.

- **Observe a ABNT NBR ISO 9241-11 (2011);** a norma colabora para o entendimento dos elementos a serem observados nos ambientes organizacional, físico e técnico que podem contribuir para a compreensão do contexto do OAH.

8.10 PADRÕES

Como aponta Braga *et al.* (2015a, p. 123):

Os aspectos técnicos dos OAs são profundamente influenciados por questões de padronização. Funcionalidades como acesso, agregação, reutilização, interoperabilidade, além da troca de informações entre os diversos tipos de formatos digitais, entre outras características dos OAs, são diretamente dependentes da existência de padrões para se tornarem possíveis.

Braga *et al.* (2015a) indica que o principal (se não único) padrão desenvolvido que trata especificadamente dos OA é o LOM da IEEE/LTSC (2002). Levando em consideração o componente háptico, a série de normas ISO 9241 parte 9XX apresenta especificações para as interações, dispositivos e estruturas com informações hápticas. Entretanto, até o término da coleta de dados desta pesquisa, em outubro de 2017, apenas as partes 910, 920 e 960 haviam sido publicadas. A ISO 9241-940, que trata da avaliação tátil e háptica de interações, prevista

para o fim de 2017, pode proporcionar contribuições significantes à proposta aqui apresentada, e deve ser observada por futuros desenvolvedores.

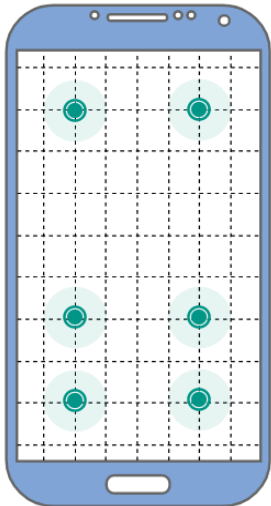
8.11 POSSÍVEIS APLICAÇÕES

Ao longo desta tese foram investigados recursos táteis para práticas de aprendizagem. Apesar de não terem sido identificados OA especificadamente desenvolvidos para este contexto, propostas e experimentos coletados esclarecem algumas possibilidades de aplicação em OAH. Nesta seção, é exposto um compilado de propostas considerando os dados apresentados nos documentos que fundamentam a pesquisa. Aqui, o componente háptico é considerado primário quando a percepção tátil é a informação principal do OAH, e secundário quando a informação tátil complementa outra mídia do OAH.

8.11.1 Primária

No uso primário a percepção háptica se torna o elemento principal da interação. Assim, podem ser consideradas nos OAH propriedades temporais, geométricas, espaciais, superficiais e materiais. O Quadro 32 demonstra possibilidades de aplicação com base no levantamento realizado nesta pesquisa.

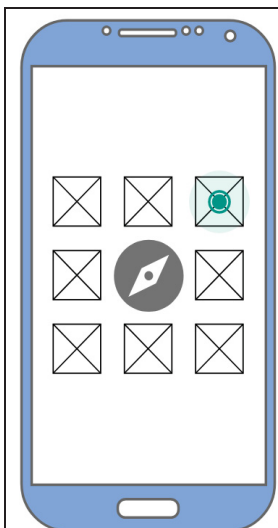
Quadro 32 – Exemplos de uso primário de componente háptico



• Uma malha de pontos táteis pode ser utilizada para representar conceitos matemáticos, de frequência, tamanho, forma, padrão e localização.

Exemplo; um OAH no qual o usuário tem como objetivo desenvolver habilidade em tocar um violão pode utilizar da localização dos toques, junto ao padrão e frequência para indicar dedilhados no instrumento.

	<ul style="list-style-type: none">• Formas ou texturas não visíveis podem ser utilizadas para estimular a percepção háptica do usuário, de conceitos como textura, rugosidade, atrito, bem como reconhecimento de conjuntos ou partes e estímulo da memória. <p>Exemplo; um OAH no qual o usuário estuda microestruturas de seres vivos pode utilizar das percepções táteis para incrementar a compreensão do objeto analisado.</p>
	<ul style="list-style-type: none">• Padrões vibracionais podem indicar ritmos ou ícones táteis, como códigos de informação e controle ou alarmes. Segundo Nordvall (2012), podem ser configurados frequência, amplitude, período e padrões. <p>Exemplo; um OAH pode utilizar de retorno tátil para indicar acertos em um teste, como também o progresso do usuário através de códigos táteis.</p>
	<ul style="list-style-type: none">• Substituição sensorial; a háptica pode ser utilizada como substituto da informação visual, por exemplo, dando significado a cores através de padrões de vibração e diferentes adesões em tela. <p>Exemplo; para usuários com cegos ou de baixa visão a informação tátil pode codificar diferentes padrões de informação como cores ou profundidades.</p>



- Propriedades de adesão podem ser utilizadas para descrever relações geométricas ou padrões espaciais e de localização no ambiente.

Exemplo; um OAH de mapas pode indicar pontos de interesse através da utilização de padrões táteis em tela. Uma bússola pode indicar percursos a serem executados pelo usuário para compreensão de um caminho tátil para exploração de um ambiente virtual.


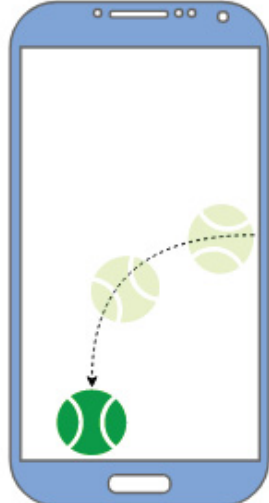

Fonte: do autor (2017)

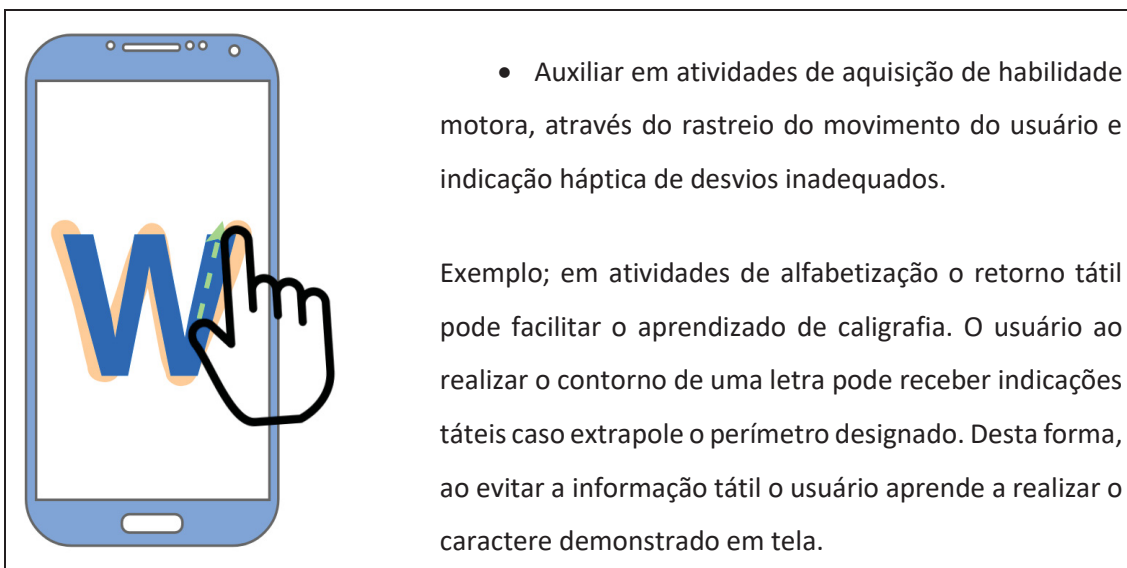
A próxima seção apresenta usos secundários da informação tátil, ou seja, complementares ou de incremento à mídia apresentada.

8.11.2 Secundária

Representações secundárias podem ser entendidas quando o componente háptico não é o elemento central do OAH. Assim, o recurso tátil atua como complemento ou incremento da informação conforme Quadro 33.

Quadro 33 – Exemplos de uso secundário de componente háptico

	<ul style="list-style-type: none"> • O componente háptico pode incrementar a informação de uma imagem. <p>Exemplo; em um mapeamento arquitetônico com edifícios de diferentes dimensões é possível complementar a informação visual com padrões distintos de vibração ou adesão, representando a topografia do terreno.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Em vídeos, animações e simulações o referencial háptico pode ser utilizado para incrementar propriedades físicas, como impacto, vibração, inércia e adesão. <p>Exemplo; um OAH ao exemplificar o impacto de uma bola em diferentes velocidades ou ângulos pode utilizar do canal tátil para incremento da informação.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos com identificação de pressão podem ser utilizados para prover o referencial háptico a conceitos relacionados ao uso de massa, peso e elasticidade. <p>Exemplo; em experimentos físicos simulados nos OAH é possível utilizar da massa como elemento de modificação de parâmetros de aceleração ou para prover equilíbrio de corpos.</p>



Fonte: do autor (2017)

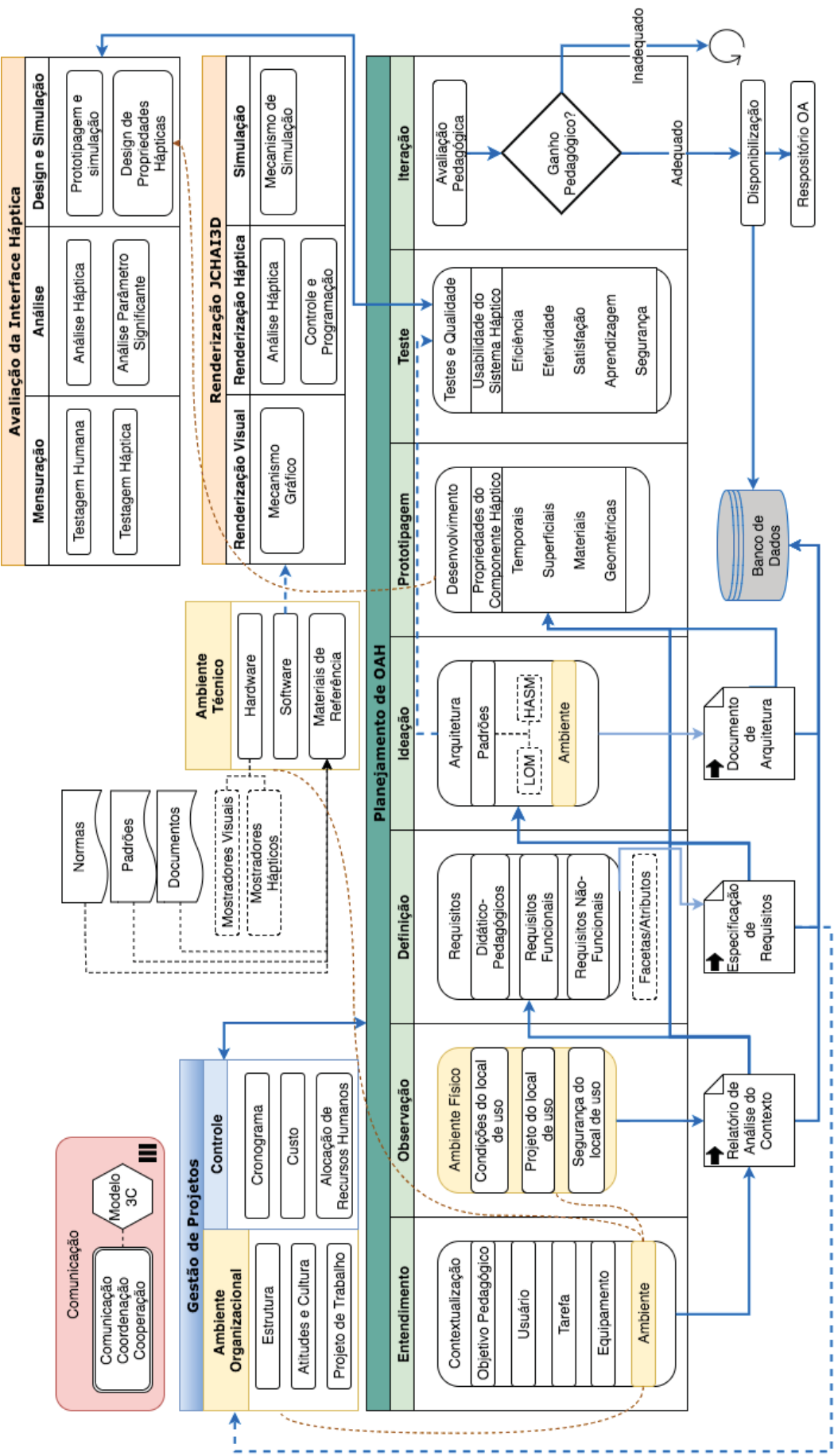
No quadro anterior, a percepção háptica atua como parte integrante, porém, secundária à mídia principal do objeto. Nestes casos, a informação visual e auditiva é incrementada ou complementada pelo canal sensorial tátil.

As propostas de aplicação apresentadas são genéricas e devem ser validadas considerando todo o ciclo de projeto e planejamento do OAH e objetivos pedagógicos. Levando em conta que a integração de mostradores e componentes hápticos para OA é recente, é importante que os envolvidos tenham uma visão ampla de como este recurso pode se integrar ao ciclo de vida dos OAH. A próxima seção demonstra uma estrutura genérica de planejamento do ciclo que pode ser utilizada como orientação complementar a metodologias como a INTERA.

8.12 ESTRUTURA DE PLANEJAMENTO DO OAH

O planejamento é importante para a compreensão de aspectos gerais que deverão ser contemplados no decorrer do desenvolvimento de projetos. Neste sentido, esta seção exemplifica uma estrutura genérica de planejamento de um OAH, disponível na Figura 101.

Figura 101 - Estrutura genérica de Planejamento de OAH



Fonte: do Autor (2017)

Neste exemplo, foram aplicadas as etapas da metodologia INTERA demonstradas em Braga *et al.* (2015a); fases do design thinking discutidas em Schneider *et al.* (2017); componentes de usabilidade dos sistemas hápticos apresentados por Khan *et al.* (2011a); campo de facetas e atributos hápticos, conforme Seifi e MacLean (2017); propriedades táteis dispostas na ISO 9241-920 (2009); aspectos do contexto de uso contemplados na ABNT NBR ISO 9241-11 (2011); padrões HASM, discutidos em Myrgioti *et al.* (2013), e LOM referendado em Vicari *et al.* (2010) e em Braga *et al.* (2015a); elementos de renderização háptica com base em Melo *et al.* (2012); estrutura de análise e avaliação adaptada de Braun *et al.* (2008) e, como elemento de integração e comunicação entre os envolvidos, o modelo de colaboração 3C, de Fuks *et al.* (2003).

Seguindo a metodologia INTERA e design thinking, a proposta se inicia pelo campo entendimento, dentro do bloco central **Planejamento do OAH**. Neste campo, ocorre a contextualização do objeto considerando principalmente os objetivos pedagógicos que se pretende atingir; o usuário; tarefas a serem desenvolvidas na interface; compreensão geral dos equipamentos necessários ao projeto e uso do OAH; e a descrição do ambiente. O ambiente foi dividido na estrutura, com base na norma ABNT NBR ISO 9241-11 (2011), em ambiente físico, técnico e organizacional, detalhados em diferentes pontos do planejamento.

O ambiente físico solicita a observação de onde se aplicará o OAH, bem como de onde será desenvolvido o projeto, avaliando condições e segurança do local de uso, e aspectos do projeto deste local que possam influenciar na interação do usuário com o dispositivo móvel. O ambiente técnico considera o hardware aplicado, onde podem ser detalhados os mostradores que serão utilizados; o software, considerando processos de desenvolvimento, renderização, salvamento e backup; e os materiais de referência, como normas, padrões e documentos.

No encerramento das fases entendimento e observação, um relatório de projeto é apresentado para início da fase definição, na qual são identificados os requisitos didático-pedagógicos, funcionais e não funcionais, conforme a metodologia INTERA. Neste campo, também foi inserido o sub-processo facetas e atributos, que pode ser utilizado para identificar propriedades significantes junto aos usuários a serem implementadas no OAH. Com os requisitos especificados, a estrutura passa à fase de ideação, na qual são gerados os primeiros esboços e protótipos de baixa fidelidade. Aqui é considerada a etapa arquitetura, que pode usar padrões já estabelecidos, como o LOM, para aspectos gerais do OA; e o HASM para entendimento e registro de características da referência háptica, tratados respectivamente em Braga *et al.* (2015a) e Myrgioti *et al.* (2013).

A ideação se encerra com a documentação de arquitetura, na qual a estrutura base para usabilidade e interações do OAH está planejada, o que viabiliza o início da fase de

prototipagem. A prototipagem contempla a etapa de desenvolvimento, onde são abordadas, entre outros aspectos, as propriedades específicas dos componentes hápticos e a integração dos múltiplos recursos no OAH. Na sequência, a fase de testes verifica aspectos de usabilidade do sistema háptico, assim como avalia a interface e aspectos pedagógicos do OAH através de protótipo, testagem, entrevistas com usuários e simulações.

A última fase é a iteração, na qual ocorre a avaliação pedagógica, ou seja, se verifica se o OAH contemplou seu objetivo pedagógico, como discorre Braga *et al.* (2015a), permitindo ao usuário ganho durante a interação. Se o resultado deste ganho for identificado como inadequado, é necessário que o processo de planejamento retorne a etapas anteriores para adequar requisitos ou elementos que não estão apropriados. Caso o OAH esteja com ganho pedagógico conforme planejado, pode ser registrada a versão de distribuição junto ao banco de dados do projeto e disponibilizado em repositórios de OA para implementação e uso.

Na estrutura apresentada sugere-se que durante todas as etapas do planejamento a gestão de projetos monitore o cumprimento de prazos, custos e também a distribuição dos recursos humanos para execução das diversas atividades necessárias ao projeto. A gestão de projetos ainda deve observar o ambiente organizacional, considerando estrutura organizacional, atitudes, cultura e o envolvimento dos recursos humanos com o projeto. Para tanto, a gestão demanda uma comunicação clara entre os envolvidos. Sugere-se, neste exemplo, o uso do Modelo de Colaboração 3C de Fuks *et al.* (2003), que atribui os elementos comunicação, coordenação e cooperação, vinculados através da percepção. Na próxima seção será abordado um exemplo de OAH considerando a estrutura genérica proposta e também as orientações realizadas ao longo deste capítulo.

8.12.1 Planejamento de um OAH

Nesta seção é realizado o planejamento inicial de um OAH considerando a estrutura genérica proposta. Cabe observar que este exercício possui como objetivo demonstrar com maior clareza os pontos e orientações apresentados ao longo deste capítulo. Assim, embora se faça uso de grande parte dos campos apresentados na estrutura genérica não é pretensão desta seção entregar um planejamento definitivo de um OAH. O planejamento de um OAH é complexo e demanda um processo iterativo e multidisciplinar de refinamento e adequação. O exemplo que segue trata de um OAH para o desenvolvimento de habilidade escrita de letras e números utilizando como suporte dispositivos móveis, Figura 102.

Figura 102 – OAH – Caligrafia de letras e números



Fonte: do Autor (2017)

O planejamento inicia pelo campo **entendimento** aonde são considerados o objetivo pedagógico; usuário; tarefa; equipamento e ambiente.

- **Objetivo Pedagógico:** desenvolvimento da habilidade de escrita, organização e automatização da letra.
- **Usuário:** pessoas com 6 a 9 anos de idade. De acordo com o Ministério da Educação esta faixa etária é adequada a usuários que estão percorrendo os anos iniciais do Ensino Fundamental.
- **Tarefa:** acompanhar a indicação de organização e traço de letras e números através de interação do usuário com a tela do dispositivo.
- **Equipamento:** dispositivo móvel com retorno tátil e caneta de toque (opcional).
- **Ambiente:** poderá ser utilizado em ambiente controlado, como sala de aula, para acompanhamento do professor ou ainda em ambientes diversos para treinamento autônomo do usuário.

O ambiente pode ser compreendido com maior amplitude em ambiente físico, organizacional e técnico.

- **Ambiente Físico:** o local de uso deverá permitir que o OAH seja utilizado pelo usuário em posição sentada com o dispositivo móvel apoiado em uma base sólida como tampo de mesa ou carteira. O ambiente deve permitir que

múltiplos usuários utilizem os dispositivos móveis em paralelo sem a interferência de outros elementos.

- **Ambiente Organizacional:** a estrutura para o uso com acompanhamento do professor deverá permitir o deslocamento do docente entre os usuários para verificar o progresso dos usuários e realizar modificações que venham a ser necessárias. Devem ser selecionados blocos de atividades adequados ao tempo de hora/aula da instituição tornando as etapas de aprendizado contínuas
- **Ambiente Técnico:** o dispositivo móvel deve possuir resolução suficiente para prover o retorno háptico sem atrasos e com intensidade adequada para ser identificado pelo usuário. O software deve ser capaz de executar o OAH sem travamento ou atrasos. O usuário deve ser capaz de perceber de forma síncrona a entrada e retorno de informações ao executar interações com o OAH no dispositivo móvel utilizado.

Na sequência podem ser definidos os requisitos que o OAH deve atender. Os **requisitos didático-pedagógicos** devem ser discutidos por toda a equipe pedagógica, neste exemplo considera-se a apresentação da organização e estrutura das letras e números, o uso de atividades de reforço ao longo do OAH, e a intenção do desenvolvimento de autonomia do usuário para aplicar os conhecimentos adquiridos na prática de escrita. Como **requisitos funcionais** são considerados; ao executar a interação para rastreamento de letras e números o usuário deve receber informações que indiquem seu progresso positivo e falhas de execução a serem corrigidas; a resposta vibracional do sistema deve possuir intensidade e distinção suficiente para indicar conclusão da tarefa (completar o percurso de uma letra ou número; encerrar bloco de atividades). Como requisitos não funcionais de planejamento pode-se listar:

- **Escalonamento:** poderão ser consideradas as interações utilizando a ponta dos dedos ou com caneta tátil. Para o primeiro caso as formas deverão ter dimensões maiores enquanto a caneta permite maior acuidade na motora fina e permite o uso de formas com dimensões menores.
- **Usabilidade:** devem ser utilizados padrões de interação com o uso de exemplificações, por exemplo com uso de setas indicativas, alteração de cores, animações, sons, textos explicativos e áreas táteis indicativas.

- **Acesso:** o OAH deve possuir informações completas em diferentes canais sensoriais como áudio, imagem e componente háptico claramente distinguível.
- **Disponibilidade:** o OAH deve permitir o seu uso independente de acesso à internet.
- **Reusabilidade:** os artefatos deverão ser desenvolvidos em unidades claramente distinguíveis e adequadamente registradas para permitir a reusabilidade do OAH e seus componentes em outros contextos.
- **Acessibilidade:** devem ser viabilizados ajustes de velocidade, tempo, dimensões e sonoro de modo a viabilizar o acesso a diferentes grupos de usuários.
- **Desempenho:** deve-se utilizar do número adequado de elementos para interação, garantindo um bom reconhecimento da forma e dos objetivos de cada recurso.
- **Portabilidade:** é importante considerar diferentes dimensões de telas e como o OAH irá se comportar nestes ambientes.
- **Ajuda e Documentação:** deve-se considerar informações de ajuda em mais de um canal sensorial, por exemplo texto e auditivo ou imagem em movimento.
- **Design de Interface:** deve-se utilizar de um design claro e objetivo indicando a área de execução das atividades e menus de acesso.
- **Licenciamento e direitos autorais:** o OAH deve ser aberto para reuso.

Durante a ideação serão utilizados padrões para registro dos elementos desenvolvidos. Neste exemplo, são considerados os padrões de metadados LOM e as ontologias presentes na HASM. A **prototipação** dos elementos que dão corpo ao OAH deve ser iterativa considerando além das necessidades de aprendizagem os interesses dos envolvidos. Assim, práticas de colaboração podem ser utilizadas na definição dos elementos gráficos e textuais, bem como, na definição das propriedades hápticas do OAH. Para **avaliação da interface háptica** devem ser considerados os elementos constituintes do OAH tanto para realização de testagem humana como a testagem técnica da háptica que pode ocorrer utilizando softwares de análise específicos. A testagem humana demanda por sua vez o envolvimento de usuários o que pode ocorrer através de parcerias com instituições de ensino diretamente com os alunos ou em prática laboratorial através de convites.

Os **testes** devem considerar além da aprendizagem os fatores de usabilidade, eficiência, satisfação, efetividade e segurança. A satisfação é considerada neste exemplo muito importante pois a manutenção do interesse dos usuários é chave para conseguir efetuar as repetições dos exercícios propostos neste tipo de interação. Por fim, ao longo do ciclo de vida do OAH devem ser considerados se ocorrem ganhos pedagógicos reais com a proposta, assim podem ser necessárias adequações para tornar o objeto útil ao que se propõe. Neste exemplo, não foi exaurida todos os aspectos possíveis de um planejamento preliminar de um OAH, mas já se tornar evidente a necessidade de múltiplos envolvidos para que a prática projetual seja contemplada em todas suas complexidades inerentes a este tipo de recurso.

Desta forma, reforça-se que a estrutura exemplificada apresenta complexidade em seus elementos, mas não é completa, pois cumpre função de demonstração com maior ênfase nos elementos hápticos de um OAH. O detalhamento das fases de planejamento exige conhecimentos específicos dos envolvidos sobre cada tipo de conteúdo e recursos a serem desenvolvidos. Portanto, para ser aplicado a um caso real de projeto, sugere-se que os colaboradores efetuem o planejamento de acordo com as necessidades específicas de cada OAH e a leitura dos conteúdos referendados ao longo desta pesquisa. O próximo capítulo apresenta as considerações finais desta tese.

9 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve início a partir de disciplinas cursadas no Programa de Pós-Graduação em Design, do Setor de Artes, Comunicação e Design da Universidade Federal do Paraná, em que foram discutidas Tecnologias da Informação e Comunicação aplicadas ao contexto educacional. Observou-se que o uso de Objetos de Aprendizagem facilita o acesso e a distribuição de informação dentro e fora de sala de aula, permitindo aprender através do meio digital. Neste contexto, os dispositivos móveis, como celulares e tablets, ganham cada vez mais destaque em virtude da portabilidade e facilidade de uso. Diversos recursos de aprendizagem são acessados nesses aparelhos que, apesar de compactos, viabilizam a exploração de interações diferenciadas dos computadores pessoais, tais como o uso de GPS, acelerômetros, câmeras, toque gestual e retorno tátil. Entretanto, muitas vezes estes recursos, que poderiam ser úteis no incremento da informação, não são implementados em OA.

Para aprofundar este entendimento foi realizada, inicialmente, uma pesquisa assistemática, que é uma forma de identificar teorias básicas e fontes relevantes, assim como de desenvolver a proposta de estudo com melhor compreensão tanto dos limites quanto das lacunas do conhecimento, conforme Sage (2008). Constatou-se com a revisão que, apesar do tato ser utilizado e discutido em recursos educacionais – principalmente ao se tratar de objetos físicos para acessibilidade, como em Adam e Macedo (2013) – a literatura ainda não esclarece suficientemente o uso de interações hápticas no contexto dos OA. Trabalhos como os de Moussette (2012), Gorlewicz (2013) e Kanke *et al.* (2015) reforçam a lacuna e demonstram a importância do desenvolvimento deste conhecimento. Com este entendimento, definiu-se como objetivo geral desta pesquisa a descrição de como podem ser planejados os OA com componente háptico para dispositivos móveis.

O termo háptica é aqui compreendido por meio da definição da norma ISO 9241-920 (2009) como a atividade sensorial da pele, enquanto os OA são recursos digitais voltados ao ensino, aprendizagem e treinamento, segundo os aspectos discutidos nos capítulos 5 e 3. Para resolver o objetivo da pesquisa foram relacionados pontos com maior carência de informação para serem explorados através de Revisão Bibliográfica Sistemática, como apresentada em Conforto *et al.* (2011), sendo estes: OA e o uso de informações táteis; tecnologias e conceitos relacionados aos mostradores hápticos; framework para desenvolvimento de aplicações hápticas e também a revisão de normas técnicas.

A revisão apresentada no Capítulo 3 explorou aproximações entre o referencial tátil e os objetos de aprendizagem. Foi uma pesquisa extensa por termos como “objetos de

aprendizagem”, “tátil” e “háptica” que, apesar de retornar uma quantidade inicial de 1262 documentos, resultou em apenas 19 artigos que relatavam informações quanto ao aprendizado tátil em meio digital. Nestes, foram encontradas informações relativas a: base de dados de imagens táteis; estudos para o design de gráficos hápticos; uso do tato como substituição sensorial; incremento da informação visual e discursos sobre aprendizagem tátil. Além de contemplar um corpo de informações importantes para esta pesquisa, o capítulo também reforçou a lacuna na literatura referente à utilização de componentes hápticos na aprendizagem, sendo que muitas vezes são considerados prioritariamente como recursos físicos voltados a usuários com deficiência visual, como abordado em Liberto (2012) e Peña (2013).

A revisão seguinte, apresentada no Capítulo 4, tratou do entendimento de tecnologias hápticas adequadas aos dispositivos móveis, ou seja, não dando ênfase a hardwares com graus de liberdade. Nesta parte da pesquisa, foram evidenciados diferentes tipos de mostradores visuais, como telas de toque infravermelho, de superfície acústica e de sobreposição; e mostradores hápticos, como vibracionais, eletrostáticos e ultrassônicos. Tem-se um corpo de conhecimento útil para designers que pretendem adquirir informações sobre as atuais tecnologias em desenvolvimento, bem como verificar exemplos de uso desses mostradores na interação humano computador que podem ser adequados aos OAH.

A próxima revisão, no Capítulo 5, buscou compreender as estruturas utilizadas para o planejamento e design das interações hápticas. A investigação de frameworks demonstrou abordagens diversas na literatura, como a AdHaptica, de Orozco e Saddik (2008) e a Avaliação de Usabilidade, de Khan *et al.* (2011b). Ambas atendem a necessidades específicas de cada estudo e podem ser adequadas aos OAH. Não foram identificadas, entretanto, estruturas voltadas especificadamente aos recursos de aprendizagem, permanecendo, assim, uma lacuna quanto aos conhecimentos nesta área.

Por fim, buscando orientações e melhores práticas, foi efetuada a revisão de conteúdos contemplados nas normas técnicas da ABNT e ISO, Capítulo 6. Os temas foram identificados através das palavras-chave “táteis”, “háptica” e “usabilidade”. A revisão foi importante principalmente por identificar as normas ISO 9241-9XX. Partes da norma traçam orientações específicas em relação à háptica, porém, ainda estão em desenvolvimento e, no término deste documento, apenas as partes 910, 920 e 960 haviam sido publicadas e puderam ser citadas. Com esta revisão foram identificados aspectos importantes ao desenvolvimento de interfaces e interações háptica, assim como possibilidades de avaliação destes sistemas.

Por intermédio das revisões realizadas foi possível atender aos objetivos e apresentar conceitos, características e modalidades dos OA e mostradores hápticos, além de sintetizar as orientações disponíveis nas normas ABNT e ISO. Para continuidade deste trabalho, realizou-se

um ensaio de interação, exposto no Capítulo 7, com a finalidade de aprofundar o entendimento acerca das informações hápticas no meio digital e convalidar dados relativos à possibilidade de aprendizado tátil em dispositivos móveis. Neste ensaio, a percepção de formas, padrões e incremento da informação foram verificados através do estímulo vibracional, tendo resultados positivos em duas modalidades de interação háptica. Desta forma, o ensaio corrobora a literatura e demonstra que é possível a compreensão das informações táteis, mas não entra no mérito do ganho pedagógico destas interações.

A resposta ao objetivo geral desta pesquisa é apresentada no Capítulo 8, que tece orientações para o planejamento de OAH. O capítulo pode ser compreendido em três blocos: o primeiro traça orientações gerais e utiliza as etapas da metodologia INTERA como base para articular os resultados apresentados; o segundo esquematiza possíveis aplicações dos componentes hápticos em dispositivos móveis, que podem ser utilizadas como base para desenvolvimento de OAH; o terceiro consolida as informações desta pesquisa através de uma estrutura genérica para o planejamento de OAH.

Com estes resultantes contribui-se a academia através da apresentação de conteúdo original e inédito, tanto em sua tratativa como também na profundidade em que aborda o tema apresentado. O trabalho fornece a conteudistas, pesquisadores e estudantes um referencial teórico ordenado e conciso que viabiliza a imersão neste campo de pesquisa e desenvolvimento. A pesquisa não exauri a temática, mas apresenta um corpo de conhecimento útil a futuros interessados em planejar OAH ou em conhecer com maior profundidade os mostradores hápticos.

Desta forma, considera-se que os objetivos da pesquisa foram alcançados no contexto atual, mas ressalta-se a importância de atualização constante do designer frente às novas tecnologias educacionais, como também ao desenvolvimento dos mostradores hápticos. Perspectivas de pesquisas e desenvolvimentos futuros são apresentados na sequência com o objetivo de apresentar possíveis desdobramentos desta pesquisa.

9.1 PESQUISA E DESENVOLVIMENTO FUTUROS

Como desdobramento futuro desta tese, pode-se adquirir dispositivos móveis que venham a ser ofertados com tecnologias de mostradores hápticos não vibracionais, para realizar validação das orientações e estrutura de planejamento propostas junto a diferentes envolvidos no ciclo de vida dos OAH. Assim o desenvolvimento de OAH é mister para demonstrar a validade das orientações propostas nesta tese, como também para adequar novas tecnologias ou requisitos de planejamento que sejam oriundos do desenvolvimento deste meio de trabalho.

Deve-se, também, efetuar avaliações quanto ao ganho pedagógico dos alunos submetidos aos OAH, uma vez que não existem resultados conclusivos em relação ao uso do retorno tátil em recursos de aprendizagem digitais. Ainda deve-se avaliar diferentes granularidades de informação háptica para verificar pontos de saturação, desatenção ou falha cognitiva na percepção da informação tátil.

É prevista também a atualização dos dados apresentados nesta tese quando se der a aquisição ou posse da norma ISO 9241-940 que foi lançada ao final de novembro de 2017 e não pode ser contemplada em tempo hábil dentro do escopo desta pesquisa. Esta norma apresenta orientações para a avaliação de interações hápticas, inclusive em dispositivos móveis e pode apontar aspectos não observados nesta tese.

Por fim, destaca-se a grande possibilidade de tratar da percepção háptica em dispositivos móveis sob o viés da acessibilidade. Nesta direção, trabalhos de pesquisadores do aprendizado tátil poderão ser incorporados ao contexto desta pesquisa para no ambiente digital verificar como se dá o entendimento dos códigos e sinais táteis através dos OAH.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO/IEC 25062. Engenharia de software. **Engenharia de software — Requisitos e avaliação da qualidade de produto de software (SQuARE) — Formato comum da indústria (FCI) para relatórios de teste de usabilidade.** p.50, 2006. ABNT/CB-021 Computadores e Processamento de Dados: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=86972>>. Acesso em: 13/09/2017.

ABNT NBR ISO 5492. **Análise sensorial.** Vocabulário. p.29, 2017. ABNT/CEE-174 Análise Sensorial: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=372946>>. Acesso em: 13/09/2017.

ABNT NBR ISO 9241-11. Requisitos ergonômicos para o trabalho com dispositivos de interação visual. **Parte 11: Orientações sobre usabilidade.** p.26, 2011. ABNT/CEE-126 Ergonomia da Interação Humano-sistema: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=86090>>. Acesso em: 13/09/2017.

ABNT NBR ISO 9241-12. Requisitos ergonômicos para o trabalho com dispositivos de Interação Visual. **Parte 12: Apresentação da informação.** p.54, 2011. ABNT/CEE-126 Ergonomia da Interação Humano-sistema: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=86089>>. Acesso em: 13/09/2017.

ABNT NBR ISO 9241-151. Ergonomia da interação humano-sistema. **Parte 151: Orientações para interfaces de usuários da World Wide Web.** p.57, 2011. ABNT/CEE-126 Ergonomia da Interação Humano-sistema: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=86341>>. Acesso em: 13/09/2017.

ABNT NBR ISO 9241-210. Ergonomia da interação humano-sistema. **Parte 210: Projeto centrado no ser humano para sistemas interativos.** p.34, 2011. ABNT/CEE-126 Ergonomia da Interação Humano-sistema: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=88057>>. Acesso em: 13/09/2017.

ADAM, D. L. **Premissas de criação de imagens em relevo em Objetos de Aprendizagem para cegos, 2015.** Universidade Federal do Paraná.

ADAM, D. L.; MACEDO, C. M. S. DE. **A imagem como veículo de acesso a informação em objetos de aprendizagem para deficientes visuais.** Brazilian Journal of Information Design, v. 10, n. 2, p. 176–192, 2013. Disponível em: <<http://go-galegroup.ez48.periodicos.capes.gov.br/ps/i.do?p=AONE&sw=w&u=capes&v=2.1&it=r&id=GALE%7CA465696116&asid=79a6883a2c0b04e1e00227713c582c7c>>. Acesso em: 13/09/2017.

ADI, W.; SULAIMAN, S. **Haptic texture search engine framework.** International Symposium on Information Technology, 2010.

ALMEIDA, M. DA G. DE S. **Ver além do visível : a imagem fora dos olhos,** 2017. PUC-Rio. Disponível em: <http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/1511951_2017_completo.pdf>. Acesso em: 13/09/2017.

ALVES, L. R. G.; MINHO, M. R. DA S.; DINIZ, M. V. C. **Gamificação: diálogos com a educação.** In: L. M. Fadel; V. R. Ulbricht; C. R. Batista; T. Vanzin (Orgs.); Gamificação na Educação. p.75–97, 2014. São Paulo: Pimenta Cultural.

ALVES, M. M.; TEIXEIRA, O. **Gamificação e objetos de aprendizagem: elementos da gamificação**

no design de objetos de aprendizagem. In: L. M. Fadel; V. R. Ulbricht; C. R. Batista; T. Vanzin (Orgs.); Gamificação na Educação. p.123–142, 2014. Pimenta Cultural.

AMAZON. **Amazon.** Disponível em: <<https://www.amazon.com/>>. Acesso em: 10/9/2017.

AMMI, M.; KATZ, B. F. G. **Intermodal audio–haptic intermodal display: improvement of communication and interpersonal awareness for collaborative search tasks.** Virtual Reality, v. 19, n. 3, p. 235–252, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10055-015-0273-5>>. Acesso em: 13/09/2017.

APPLE INC. **iOS Human Interface Guidelines.** Disponível em: <<https://developer.apple.com/library/ios/documentation/UserExperience/Conceptual/MobileHIG/InteractivityInput.html>>. Acesso em: 5/12/2015.

BAE, I.; LEE, S.-H.; OK, H.; LEE, J. **A function-behavior-structure framework for quantification and reproduction of emotional haptic experience in using an electronic device.** Journal of Mechanical Science and Technology, v. 27, n. 8, p. 2409–2412, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s12206-013-0626-5>>. Acesso em: 13/09/2017.

Banco Internacional de Objetos Educacionais. Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>>. Acesso em: 27/11/2017.

BANERJEE, A.; HORN, M. S. **Ghost hunter: parents and children playing together to learn about energy consumption.** Proceedings of the 8th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction. Anais... p.267–274, 2014. ACM.

BARFIELD, W. **The Use of Haptic Display Technology in Education.** Themes in Science and Technology Education, v. 2, n. 1–2, p. 20, 2009. Disponível em: <<http://earthlab.uoi.gr/theste/index.php/theste/issue/view/9>>. Acesso em: 13/09/2017.

BCC RESEARCH. **Haptic Technology: Applications and Global Markets.** Wellesley, USA, 2015.

BLACKBERRY. **SuprePress.** Disponível em: <<http://global.blackberry.com/en/devices/specifications/communication/surepress-touch-screen.html>>. Acesso em: 6/12/2015.

BLACKBERRY. **SurePress™ touch screen technology on a BlackBerry Storm smartphone.** Disponível em: <<http://support.blackberry.com/kb/articleDetail?ArticleNumber=000016147>>. Acesso em: 9/12/2015.

BLITAB TECHNOLOGY LTD. **1 PAGE Braille.** Disponível em: <<http://blitab.com/>>. Acesso em: 10/12/2015.

BRAGA, Juliana (ORG). **Objetos de Aprendizagem Volume 1: introdução e fundamentos.** Santo André: UFABC, 2015. Disponível em: <<http://pesquisa.ufabc.edu.br/intera/>>. Acesso em: 10/12/2017.

BRAGA, Juliana (ORG). **Objetos de Aprendizagem Volume 2: metodologia de desenvolvimento.** Santo André: UFABC, 2015. Disponível em: <<http://pesquisa.ufabc.edu.br/intera/>>. Acesso em: 10/12/2017.

BRATINA, T. A.; HAYES, D.; BLUMSACK, S. L. **Preparing Teachers To Use Learning Objects.** The Technology Source, 2002. Disponível em: <http://technologysource.org/article/preparing_teachers_to_use_learning_objects/>. Acesso em: 13/09/2017.

BRAUN, D.; TCHOUCHEKOV, I.; WORN, H. **A framework for analysis and design of haptic interfaces**. 2008 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, 2008.

BUMATAY, A. L. **Investigating the Role of Biofeedback and Haptic Stimulation in Mobile Paced Breathing Tools**, 2015. Texas A&M University.

BUTTOLO, P.; OBOE, R.; HANNAFORD, B. **Architectures for shared haptic virtual environments**. Computers & Graphics, v. 21, n. 4, p. 421–429, 1997. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0097849397000198>>. Acesso em: 13/09/2017.

MAC CARTHY, M.; CLARK, A.; HELLER, M. A. **Pattern perception and pictures for the blind**. Psicológica: Revista de metodologia y psicología experimental, v. 26, n. 1, p. 161–170, 2005.

CHA, J.; HO, Y. S.; KIM, Y.; RYU, J.; OAKLEY, I. **A Framework for Haptic Broadcasting**. IEEE MultiMedia, 2009.

CHAN, A.; MACLEAN, K.; MCGRENERE, J. **Learning and Identifying Haptic Icons under Workload**. First Joint Eurohaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems. Anais... p.432–439, 2005. Vancouver, BC, Canada: IEEE. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=1406966>>. Acesso em: 13/09/2017.

COLGATE, E.; PESHKIN, M. A. **Surface Haptics: Virtual Touch on Physical Surfaces**. USA: Microsoft Research Redmond, 2011.

CONFORTO, E. C. .; AMARAL, D. C. .; SILVA, S. L. DA. **Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos**. Congresso Brasileiro de Gestão e do Desenvolvimento de Produto, p. 11, 2011. Porto Alegre, RS. Disponível em: <<http://xa.yimg.com/kq/groups/18922045/1357081138/name/Conforto+roteiro+para+revisão+bibliográfica+sistemática.pdf>>. Acesso em: 24/8/2014.

DAMBRĀNS, K. **Blackberry Q10 vs iPhone 4**. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/janitors/9190573959>>. Acesso em: 10/10/2017.

DIAS, M. R. Á. C. **Percepção dos materiais pelos usuários: modelo de avaliação Permatius**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/92232?show=full>>. Acesso em: 13/09/2017.

DOXON, A. J.; JOHNSON, D. E.; TAN, H. Z.; PROVANCHER, W. R. **Human Detection and Discrimination of Tactile Repeatability, Mechanical Backlash, and Temporal Delay in a Combined Tactile-Kinesthetic Haptic Display System**. IEEE Transactions on Haptics, 2013.

DRESCH, A. **Design Science e Design Science Research como Artefatos Metodológicos para Engenharia de Produção**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2013.

DUBLIN CORE METADATA INITIATIVE. **Using Dublin Core**. Disponível em: <<http://dublincore.org/documents/2005/11/07/usageguide/>>. Acesso em: 6/12/2015.

Efeito Piezoelétrico. Disponível em: <<http://fontesalternativaspth.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 24/2/2016.

EL-FAR, F. R.; OROZCO, M.; SADDIK, A. EL. **A Haptic Data Repository Framework**. 2007 IEEE

Symposium on Virtual Environments, Human-Computer Interfaces and Measurement Systems, 2007.

EPP, C. D.; MCEWEN, R.; CAMPIGOTTO, R.; MOFFATT, K. **Information practices and user interfaces: Student use of an iOS application in special education**. *Education and Information Technologies*, v. 21, n. 5, p. 1433–1456, 2016. Springer.

FERREIRA, G. P. G. **Percepção háptica no design colaborativo síncrono mediado pelo computador**, 2014. Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/handle/1884/35385>>. Acesso em: 13/09/2017.

FERREIRA, G. P. G.; HEEMANN, A.; KUNTZ, V. H.; ULBRICHT, V. R. **Compreensão de diretrizes de acessibilidade para criação de objetos de aprendizagem por meio de uma representação gráfica de síntese**. In: C. R. Batista; R. de F. A. Obregon; V. R. Ulbricht; T. Morita (Orgs.); *Hipermídia e interdisciplinaridade na geração de conhecimento*. v. 1, p.100–134, 2015. São Paulo, SP, Brasil: Pimenta Cultural.

FUJITSU. **Haptic interface of the future**. Disponível em: <<http://journal.jp.fujitsu.com/en/2014/04/15/01/>>. Acesso em: 22/2/2017.

FUKS, H.; RAPOSO, A. B.; GEROSA, M. A. **Do Modelo de Colaboração 3C à Engenharia de Groupware**. *Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web*, v. 1, p. 8, 2003. Disponível em: <<http://groupware.les.inf.puc-rio.br/public/papers/Webmedia2003.pdf>>. Acesso em: 13/09/2017.

FURUKI, K.; KIKUCHI, F. **Approach to commercialization of Raku-Raku smartphone**. *Fujitsu Science Technology*, v. 49, n. 2, p. 196–201, 2013.

GESTUREWORKS. **GestureWorks Gesture Library**. Disponível em: <<http://gestureworks.com/>>. Acesso em: 5/12/2015.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6º ed. São Paulo, SP, Brasil: Editora Atlas, 2008.

GLEESON, B.; JOHNSON, D. E. **Expressive haptic rendering with cartoon-inspired effects**. *Haptics Symposium*, 2010 IEEE, 2010.

GONZÁLEZ, L. A. G. **Um Modelo conceitual para Aprendizagem Colaborativa Baseada na execução de Projetos pela Web**, 2005. Universidade de São Paulo Escola Politécnica, São Paulo, 2005.

GONZALEZ, L.; RUGGIERO, W. V. **Collaborative e-learning and Learning Objects**. *Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina)*, v. 7, n. 5, p. 569–577, 2009. IEEE.

GOOGLE. **Gestures Guide**. Disponível em: <<https://www.google.com/design/spec/patterns/gestures.html#>>. Acesso em: 5/12/2015.

GORLEWICZ, J.; BURGNER, J.; BURGNER, T. J.; WEBSTER, R. J. **Initial experiences using vibratory touchscreens to display graphical math concepts to students with blindness**. *Journal of Special Education Technology*, v. 29, n. 2, p. 17–25, 2014.

GORLEWICZ, J. L. **The Efficacy of Surface Haptics and Force Feedback in Education**, 2013. Nashville, USA: Vanderbilt University.

GRUNWALD, M. **Human haptic perception: Basics and applications**. Springer Science & Business Media, 2008.

HAMILTON-FLETCHER, G. **How touch and hearing influence visual processing in sensory substitution, synaesthesia and cross-modal correspondences**. University of Sussex, 2015.

HATZFELD, C.; KERN, T. A. (ORGS.). **Engineering Haptic Devices**. London: Springer London, 2014.

HEEMANN, A.; LIMA, P. J. V.; CORRÊA, J. S. **Fundamentos para o Alcance da Colaboração em Design**. Anais do 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, p. 1338–1349, 2008. Disponível em: <<http://www.humanas.ufpr.br/portal/ppgdesign/files/2013/07/Artigo-SPU-HEEMANN-2010.pdf>>. Acesso em: 13/09/2017.

HEVNER, A.; CHATTERJEE, S. **Design Science Research in Information Systems**. p.9–22, 2010. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-1-4419-5653-8_2>. Acesso em: 13/09/2017.

HUWAI. **Huwei Mate S**. Disponível em: <<http://consumer.huawei.com/minisite/worldwide/mateS/touch.htm>>. Acesso em: 10/12/2015.

IEEE/LTSC. **IEEE Standard for Learning Object Metadata**. IEEE Std 1484.12.1-2002, 2002. Nova York, Estados Unidos: Institute of Electrical and Electronics Engineers. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1032843>>. Acesso em: 13/09/2017.

IMMERSION CORPORATION. **Haptic Development Platform**. Disponível em: <http://www2.immersion.com/developers/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=119&Itemid=592>. Acesso em: 10/12/2015a.

IMMERSION CORPORATION. **Design Guidelines for UHL users**. Disponível em: <http://www2.immersion.com/developers/index.php?option=com_content&view=article&id=501&Itemid=822>. Acesso em: 13/12/2015b.

ISO 9241-910. Ergonomics of human-system interaction. **Part 910: Framework for tactile and haptic interaction**. p.55, 2011. ISO/TC 159 Ergonomics: ISO - International Organization for Standardization. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=87481>>. Acesso em: 13/09/2017.

ISO 9241-920. Ergonomics of human-system interaction. **Part 920: Guidance on tactile and haptic interactions**. p.25, 2009. ISO/TC 159: ISO - International Organization for Standardization. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=40318>>. Acesso em: 13/09/2017.

ISO 9241-960. Ergonomics of human-system interaction. **Part 960: Framework and guidance for gesture interactions**. p.24, 2017. ISO/TC 159 Ergonomics: ISO - International Organization for Standardization. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=376355>>. Acesso em: 13/09/2017.

JJ Tech. Disponível em: <<http://www.jj-tech.kr/>>. Acesso em: 22/9/2017.

JOHNSON, L.; ADAMS BECKER, S.; ESTRADA, V.; FREEMAN, A. **NMC Horizon Report: 2015 Higher Education Edition**. Austin, Texas: The New Media Consortium, 2015.

KANKE, H.; TERADA, T.; TSUKAMOTO, M. **A Percussion Learning System Using Rhythm Internalization with Haptic Indications**. 12th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology. Anais... p.5, 2015.

KHAN, M.; SULAIMAN, S.; SAID, A. M.; TAHIR, M. **Development of usability evaluation framework for haptic systems**. 2011 IEEE International Symposium on VR Innovation, 2011a.

KHAN, M.; SULAIMAN, S.; SAID, A. M.; TAHIR, M. **Research approach to develop usability evaluation framework for haptic systems**. 2011 National Postgraduate Conference, 2011b.

KHAN, M.; SULAIMAN, S.; SAID, A. M.; TAHIR, M. **Empirical validation of usability evaluation framework for haptic systems**. 2012 International Conference on Computer & Information Science (ICIS), 2012.

KHURELBAATAR, S.; NAKAI, Y.; OKAZAKI, R.; YEM, V.; KAJIMOTO, H. **Tactile Presentation to the Back of a Smartphone with Simultaneous Screen Operation**. Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Anais... CHI '16. p.3717–3721, 2016. New York, NY, USA: ACM. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2858036.2858099>>. Acesso em: 13/09/2017.

KIM, K. D.; CHOI, Y.; YOON, S. H.; *et al.* 39-3: **An Electrostatic Haptic Display with a Projected Capacitive Touch Screen**. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, v. 47, n. 1, p. 506–509, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/sdtp.10721>>. Acesso em: 13/09/2017.

KIM, S.; KIM, J.; KIM, K. **Investigation of size effect on film type haptic actuator made with cellulose acetate**. *Smart Materials and Structures*, v. 23, p. 45016, 2014.

KIM, Y.; SHIN, H.; HAHN, M. **A bidirectional haptic communication framework and an authoring tool for an instant messenger**. 2009 11th International Conference on Advanced Communication Technology, 2009.

KLATZKY, R. L.; PAWLUK, D.; PEER, A. **Haptic Perception of Material Properties and Implications for Applications**. Proceedings of the IEEE, 2013.

LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Design science research: método de pesquisa para a engenharia de produção**. *Gestão & Produção*, v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/gp/v20n4/aop_gp031412.pdf>. Acesso em: 13/09/2017.

LE, H. H.; LOOMES, M. J.; LOUREIRO, R. C. V. **Group Interaction through a Multi-modal Haptic Framework**. 2016 12th International Conference on Intelligent Environments (IE), 2016.

LERMA, B.; DE GIORGI, C.; ALLIONE, C. Design and materials. **Sensory perception sustainability project**. FrancoAngeli, 2013.

LEVI, J. **Developing Learning Objects Within Dokeos 2.0**, 2009. University of Geneva, 2009.

LIBERTO, A. DA C. C. **A percepção grafo-tátil de imagens no aluno cego**, 2012. Universidade Católica Portuguesa, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10400.14/13647>>. Acesso em: 13/09/2017.

LOPES, A. L. M.; FRACOLLI, L. A. **Revisão sistemática de literatura e metassíntese qualitativa: considerações sobre sua aplicação na pesquisa em enfermagem**. *Texto & Contexto - Enfermagem*, v. 17, n. 4, p. 771–778, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/tce/v17n4/20.pdf>>. Acesso em: 13/09/2017.

LUK, J.; PASQUERO, J.; LITTLE, S.; *et al.* **A role for haptics in mobile interaction: initial design using a handheld tactile display prototype**. Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems. Anais... p.171–180, 2006. ACM.

MACEDO, C. M. S. DE. **Diretrizes para Criação de Objetos de Aprendizagem Acessíveis**, 2010. Tese. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Florianópolis, 2010

MACLEAN, K. E. **Haptic interaction design for everyday interfaces**. *Reviews of Human Factors and Ergonomics*, v. 4, n. 1, p. 149–194, 2008. SAGE Publications.

MALLINCKRODT, E.; HUGHES, A. L.; SLEATOR JR., W. **Perception by the skin of electrically induced vibrations**. *Science*, 1953. US: American Assn for the Advancement of Science.

MANGEN, A.; VELAY, J.-L. **Digitizing Literacy: Reflections on the Haptics of Writing**. In: M. H. Zadeh (Org.); *Advances in Haptics*, 2010. InTech. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/advances-in-haptics/digitizing-literacy-reflections-on-the-haptics-of-writing>>. Acesso em: 13/09/2017.

MANSON, N. **Is operations research really research?** *ORiON*, v. 22, n. 2, p. 155–180, 2006. Disponível em: <<http://orion.journals.ac.za/pub/article/viewFile/40/40>>. Acesso em: 13/09/2017.

MANUEL, S. G.; KLATZKY, R. L.; PESHKIN, M. A.; COLGATE, J. E. **Coincidence avoidance principle in surface haptic interpretation**. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 112, n. 8, p. 2605–2610, 2015. National Academy of Sciences. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4345605/>>. Acesso em: 13/09/2017.

MCGREAL, R. **Learning Objects: A Practical Definition**. *International Journal of Instructional Technology & Distance Learning*, v. 1, n. 9, 2004. Disponível em: <http://www.itdl.org/journal/sep_04/article02.htm>. Acesso em: 13/09/2017.

MCNISH, J.; SILCOFF, S. **The Inside Story of How the iPhone Crippled BlackBerry**. Disponível em: <<http://www.wsj.com/articles/behind-the-rise-and-fall-of-blackberry-1432311912>>. Acesso em: 9/12/2015.

MELO, J. S. S.; BRASIL, L. M.; CERQUEIRA, J. P. D. S.; *et al.* **JCHAI3D - Multiplatform Framework for Healthcare Applications: Multiplatform Framework for Graphic and Haptic Processing Develop in Java**. 2012 14th Symposium on Virtual and Augmented Reality, 2012.

MICROSOFT. **Touch: Swipe, tap, and beyond**. Disponível em: <<http://windows.microsoft.com/en-us/windows-8/touch-swipe-tap-beyond>>. Acesso em: 5/12/2015.

MINOGUE, J.; JONES, M. G. **Haptics in education: Exploring an untapped sensory modality**. *Review of Educational Research*, v. 76, n. 3, p. 317–348, 2006. Sage Publications.

MOBILITY SOLUTIONS - BOSCH. **Display makes images tactilely perceptible**. Disponível em: <http://www.bosch-presse.de/presseforum/details.htm?txtID=7459&tk_id=108&locale=en>. Acesso em: 5/12/2015.

MOMBACH, J. G.; WELFER, D. **Proposta de um aplicativo móvel para percepção de imagens estáticas por alunos com deficiência visual**. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, v. 24, n. 1, p. 487, 2013. Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/2527>>. Acesso em: 13/09/2017.

MOUSSETTE, C. **Simple Haptics Sketching perspectives for the design of haptic interactions**, 2012. Tese. Umea University, 2012. Disponível em: <<http://www.simplehaptics.se/>>. Acesso em: 13/09/2017.

MOUSTAKAS, K.; LALOS, A. S. **An information-theoretic treatment of passive haptic media. *Multimedia Tools and Applications***, v. 76, n. 5, p. 6189–6208, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11042-016-3281-x>>. Acesso em: 13/09/2017.

MOZILLA DEVELOPER NETWORK. **Describing vibrations**. WEB APIS, 2015. Disponível em: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Vibration_API>. Acesso em: 13/09/2017.

MYRGIOTI, E.; BASSILIADES, N.; MILIOU, A. **Bridging the HASM: An OWL ontology for modeling the information pathways in haptic interfaces software**. *Expert Systems with Applications*, v. 40, n. 4, p. 1358–1371, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417412010147>>. Acesso em: 13/09/2017.

NAKAMURA, T.; YAMAMOTO, A. **A Multi-User Surface Visuo-Haptic Display Using Electrostatic Friction Modulation and Capacitive-Type Position Sensing**. *IEEE Transactions on Haptics*, 2016a.

NAKAMURA, T.; YAMAMOTO, A. **Interaction force estimation on a built-in position sensor for an electrostatic visuo-haptic display**. *ROBOMECH Journal*, v. 3, n. 1, p. 11, 2016b. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s40648-016-0050-6>>. Acesso em: 13/09/2017.

NORDVALL, M. **SIGHTLENCE – Haptics for Computer Games**, 2012. Dissertação. Linköping University, 2012. Disponível em: <<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:478161/FULLTEXT01.pdf>>. Acesso em: 13/09/2017.

NOVINT. **Novint Falcon**. Disponível em: <<http://www.novint.com/index.php/products/novintfalcon>>. Acesso em: 1/11/2014.

O'MALLEY, M. K.; GUPTA, A. **Haptic interfaces. HCI Beyond the GUI: Design for Haptic, Speech, Olfactory, and Other Nontraditional Interfaces**. Elsevier/Morgan Kaufmann, p. 25–74, 2008.

OROZCO, M.; SADDIK, A. EL. **AdHaptica: Adaptive Haptic Application Framework**. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 2008.

OROZCO, M.; EL SADDIK, A.; PETRIU, E.; SILVA, J. **The role of haptics in games**. In: D. A. El Saddik (Org.); *Haptics Rendering and Applications*. p.246, 2012. Canada: INTECH Open Access Publisher. Disponível em: <<http://cdn.intechweb.org/pdfs/26941.pdf>>. Acesso em: 13/09/2017.

PAN, M. K. X. J.; MCGRENERE, J.; CROFT, E. A.; MACLEAN, K. E. **Exploring the Role of Haptic Feedback in Enabling Implicit HCI-Based Bookmarking**. *IEEE Transactions on Haptics*, 2014.

PANTELIOS, M.; TSIKNAS, L.; CHRISTODOULOU, S.; PAPTAEODOROU, T. **Haptics technology in Educational Applications, a Case Study**. *Journal of Digital Information Management*, v. 2, n. 4, p. 171–178, 2004.

PARISI, D.; PATERSON, M.; ARCHER, J. E. **Haptic media studies**. *New Media & Society*, v. 19, n. 10, p. 1513–1522, 2017. SAGE Publications. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/1461444817717518>>. Acesso em: 13/09/2017.

PARK, B. J.; PARK, S.; YUN, S.; NAM, S.; KYUNG, K.-U. **A transparent visuo-haptic input device with optical waveguide based thin film display, sensor and surface actuator**. *Sensors and Actuators A: Physical*, v. 233, p. 47–53, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924424715300509>>. Acesso em: 13/09/2017.

PARK, E.; KIM, K. J.; OHM, J. Y. **Does panel type affect haptic experience? An empirical**

comparison of touch screen panels for smartphones. Journal on Multimodal User Interfaces, v. 8, n. 4, p. 429–433, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s12193-014-0167-y>>. Acesso em: 13/09/2017.

PATERSON, M. **The senses of touch: Haptics, affects and technologies.** Berg, 2007.

PEÑA, G. A. M. DE LA. **Drawings Made by Visually Impaired Persons: an Essential Strategy on Haptic Graphic Design.** Senses&Sensibility'13 Proceedings Book, p. 226–234, 2013. IADE - Creative University/Edições IADE.

PITTS, M. J.; SKRYPCHUK, L.; WELLINGS, T.; ATTRIDGE, A.; WILLIAMS, M. A. **Evaluating User Response to In-Car Haptic Feedback Touchscreens Using the Lane Change Test.** Advances in Human-Computer Interaction, v. 2012, p. 13, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1155/2012/598739>>. Acesso em: 13/09/2017.

PITTS, M. J.; BURNETT, G.; SKRYPCHUK, L.; *et al.* **Visual-haptic feedback interaction in automotive touchscreens.** Displays, v. 33, n. 1, p. 7–16, 2012. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.displa.2011.09.002>>. Acesso em: 13/09/2017.

POPOVICI, D. M.; HAMZA-LUP, F. G.; SEITAN, A.; BOGDAN, C. M. **Comparative Study of APIs and Frameworks for Haptic Application Development.** 2012 International Conference on Cyberworlds, 2012.

POPPINGA, B.; PIELOT, M.; HEUTEN, W.; BOLL, S. **Towards an objective comparison of scanning-based interaction techniques.** Haptic and Audio Interaction Design. p.111–120, 2012. Springer.

POSSATTI, G. M. **Proposta de conjunto de diretrizes editoriais para o design de livro didático digital interativo para Tablet.** 2015. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/134885>>. Acesso em: 13/09/2017.

PRECISION MICRODRIVES. Precision Microdrives. Disponível em: <<https://www.precisionmicrodrives.com/>>. Acesso em: 10/5/2017.

RASOOL, S.; SOURIN, A. **Towards Tangible Images and Video in Cyberworlds--Function-Based Approach.** Cyberworlds (CW), 2010 International Conference on, 2010. IEEE.

RASOOL, S.; SOURIN, A. **Haptic interaction with 2D images.** Proceedings of the 10th International Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications in Industry - VRCAI '11. Anais... p.13, 2011. New York, New York, USA: ACM Press. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2087756.2087758>>. Acesso em: 13/09/2017.

REDUX. **The science behind our products.** Disponível em: <<http://www.reduxst.com/the-science-behind-our-products/>>. Acesso em: 9/12/2015.

RIBERIO, G. S. **Pela tela, pela janela: as funcionalidades da tela interativa em aplicativos de arte para dispositivos móveis (ipads).** 2015. Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo, 2015. Disponível em: <<http://dspace2.ufes.br/handle/10/2132>>. Acesso em: 13/09/2017.

ROSALES, G. C. M. **Modelo e framework para o desenvolvimento de ferramentas analíticas de apoio ao ensino, aprendizagem e gestão educacional,** 2014. Universidade Federal de São Carlos. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/294/6494.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 13/09/2017.

SAGE. **The Sage encyclopedia of qualitative research methods**. Estados Unidos: SAGE Publications, 2008.

SCHNEIDER, O.; MACLEAN, K.; SWINDELLS, C.; BOOTH, K. **Haptic experience design: What hapticians do and where they need help**. *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 107, p. 5–21, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581917300605>>. Acesso em: 13/09/2017.

SEIFI, H.; MACLEAN, K. E. **Exploiting haptic facets: Users' sensemaking schemas as a path to design and personalization of experience**. *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 107, p. 38–61, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581917300617>>. Acesso em: 13/09/2017.

SERCOVAM. **Sensotact**. Disponível em: <<http://www.sercovam.com/zoom-laboratoires.php?id=22&photo=4>>. Acesso em: 10/12/2015.

SICILIANO, B.; KHATIB, O. (ORGS.). **Springer Handbook of Robotics**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008.

SILVA, M. J. V. E.; FILHO, Y. V. E S.; ADLER, I. K.; LUCENA, B. DE F.; RUSSO, B. **Design Thinking Design Thinking Inovação em negócios**. 1a. edição ed. Rio de Janeiro: MJV PRESS, 2012.

SJÖSTRÖM, C. **Non-Visual Haptic Interaction Design, Guidelines and Applications**, 2002. Lund Institute of Technology.

SKY-TECHNOLOGY. **How Do Touchscreens Work?** Disponível em: <<http://www.sky-technology.eu/en/displays/touch-screens/how-do-touchscreens-work-a-complete-touch-screen-overview.html>>. Acesso em: 10/09/2017.

SMITH, S.; SMITH, G. C.; LEE, J.-L. **The effects of realistic tactile haptic feedback on user surface texture perception**. *Journal of Vibroengineering*, v. 17, n. 2, p. 1004–1016, 2015. Public Institution VIBROMECHANIKA publisher Journal of Vibroengineering. Disponível em: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=101845418&lang=pt-br&site=ehost-live>>. Acesso em: 13/09/2017.

SOUTHERN, C.; CLAWSON, J.; FREY, B.; ABOWD, G.; ROMERO, M. **An Evaluation of BrailleTouch: Mobile Touchscreen Text Entry for the Visually Impaired**. *Proceedings of the 14th International Conference on Human-computer Interaction with Mobile Devices and Services. Anais... MobileHCI '12*. p.317–326, 2012. New York, NY, USA: ACM. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2371574.2371623>>. Acesso em: 13/09/2017.

TACTUS TECHNOLOGY. **A New Tactile User Interface**. Disponível em: <<http://tactustechnology.com/>>. Acesso em: 09/12/2015.

TACTUS TECHNOLOGY. **Getphorm**. Disponível em: <<http://www.getphorm.com/>>. Acesso em: 13/09/2017.

TAKEDA, H.; VEERKAMP, P.; TOMIYAMA, T.; YOSHIKAWA, H. **Modeling Design Processes**. *AI Magazine*, v. 11, n. 4, p. 12, 1990. Disponível em: <<https://www.aaai.org/ojs/index.php/aimagazine/article/download/855/773>>. Acesso em: 13/09/2017.

TEXAS INSTRUMENT. **MSP430TCH5E Haptics Library - Designer's Guide**. 2013. Disponível em:

<<http://www.ti.com/lit/ug/slau543/slau543.pdf>>. Acesso em: 13/09/2017.

TIAN, L.; SONG, A.; CHEN, D. **Image-based haptic display via a novel pen-shaped haptic device on touch screens**. *Multimedia Tools and Applications*, v. 76, n. 13, p. 14969–14992, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11042-017-4387-5>>. Acesso em: 13/09/2017.

TOENNIES, J. L.; BURGNER, J.; WITHROW, T. J.; WEBSTER, R. J. **Toward haptic/aural touchscreen display of graphical mathematics for the education of blind students**. *World Haptics Conference (WHC), 2011 IEEE*. Anais... p.373–378, 2011. IEEE.

TOSHNIWAL, S.; DEY, P.; RAJPUT, N.; SRIVASTAVA, S. **VibRein: An Engaging and Assistive Mobile Learning Companion for Students with Intellectual Disabilities**. *Proceedings of the Annual Meeting of the Australian Special Interest Group for Computer Human Interaction*. Anais... OzCHI '15. p.20–28, 2015. New York, NY, USA: ACM. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2838739.2838751>>. Acesso em: 13/09/2017.

VASUDEVAN, H.; MANIVANNAN, M. **Tangible images: runtime generation of haptic textures from images**. *Haptic interfaces for virtual environment and teleoperator systems, 2008. haptics 2008. symposium on*. Anais... p.357–360, 2008. IEEE.

VERGARA-NUNES, E. L. *Audiodescrição didática*, 2016. Universidade Federal de Santa Catarina.

VICARI, R. M.; BEZ, M.; SILVA, J. M. C.. **Proposta Brasileira de Metadados para Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes (OBAA)**. *Revista Renote - Novas Tecnologias na Educação*, v. 8, n. 2, p. 10, 2010. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/29300/000758918.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 13/09/2017.

VILLAMOR, C.; WILLIS, D.; WROBLEWSKI, L.; RHIM, J.; FULTON, K. **Touch Gesture Reference Guide**. Disponível em: <<http://www.lukew.com/ff/entry.asp?1071>>. Acesso em: 5/12/2015.

W3C. **Vibration API**. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/2015/REC-vibration-20150210/#dfn-perform-vibration>>. Acesso em: 16/12/2015.

WAGNER, E. D. **Steps to Creating a Content Strategy for Your Organization**. *Learning Solutions e-Magazine - eLearning Guild*, p. 9, 2002.

WALSH, Y.; MAGANA, A. J.; YUKSEL, T.; et al. **Identifying Affordances of Physical Manipulative Tools for the Design of Visuo-haptic Simulations**. 2017. Columbus, Ohio: ASEE Conferences. Disponível em: <<https://peer.asee.org/27845>>. Acesso em: 13/09/2017.

WANG, D.; XIAO, J.; ZHANG, Y. Introduction. **Haptic Rendering for Simulation of Fine Manipulation**. p.1–20, 2014a. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-44949-3_1>. Acesso em: 13/09/2017.

WILEY, D. A. **Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy**. *The instructional use of learning objects*. p.35, 2002. Agency for Instructional Technology. Disponível em: <<http://www.reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>. Acesso em: 13/09/2017.

ZICHERMANN, G.; CUNNINGHAM, C. **Gamification by Design**. Sebastopol, Canada: O'Reilly Media, 2011.

APÊNDICE 1 - FOLHA DE AVALIAÇÃO

Primeira etapa Q[] R []

Observe a imagem apresentada pelo pesquisador durante 30 segundos. Descreva-a com suas palavras:

Explore a imagem apresentada pelo pesquisador durante 30 segundos. Descreva-a com suas palavras:

Jogue 6 partidas do jogo apresentado. Identifique vibrações iguais para apagar robôs.

Partida	Número de Turnos
1	
2	
3	
4	
5	
6	

Segunda etapa A[] V []

Neste teste você deve descobrir as imagens táteis escondidas através da vibração. Quando estiver pronto para escolher uma das opções de solução informe para anotações. Você possui 10 minutos nesta etapa.

Teste	Correto	Incorreto	Padrão
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			

APÊNDICE 2 – TERMO DE COMPROMISSO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, Guilherme Philippe Garcia Ferreira, aluno do Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Paraná, estou convidando você para participar de um ensaio intitulado: Deslocamento Sensorial – percepção tátil em dispositivo móvel e atuador vestível. O intuito é a investigação da relação cognitiva tátil considerando a interação com imagens em celulares com retorno vibracional no aparelho e em um anel háptico vestível. Esta pesquisa é relevante pois permite coletar dados sobre como é a relação entre usuários e a interface digital considerando os múltiplos canais sensoriais envolvidos.

a) O objetivo desta pesquisa é [investigar a relação cognitiva tátil em dispositivos móveis].

b) Caso você participe da pesquisa, será necessário descrever da forma mais detalhada a avaliação.

c) A participação nesta pesquisa solicita aproximadamente 20 minutos.

d) Caso você sinta desconforto com sinais vibracionais não deve participar desta pesquisa, compreendendo que estes sinais serão produzidos tanto em um anel utilizado pelo participante e/ou na tela do dispositivo móvel.

e) Não existem riscos físicos conhecidos relacionados a esta pesquisa, mas é importante frisar que os questionamentos realizados durante os testes não julgam ou avaliam o participante, mas sim, coletam dados relativos a interação para verificar a usabilidade do sistema em teste.

f) Os benefícios esperados com essa pesquisa são compreender a relação tátil do usuário com imagens gráficas em uma interface de celular.

g) Caso deseje falar com este pesquisador sobre a pesquisa ou os resultados fique livre para contatar o pesquisador através do e-mail: prof.guilhermepgf@gmail.com

h) A sua participação neste ensaio é voluntária, você não receberá nenhum valor ou benefício com sua participação, caso você não quiser mais fazer parte da pesquisa poderá desistir a qualquer momento sem qualquer ônus ao praticante.

i) Qualquer informação resultante desta pesquisa divulgada em relatório ou publicação será feito sob forma codificada, para que a sua identidade seja preservada e mantida sua confidencialidade. Caso sejam efetuados registros como imagens ou vídeos sua identidade será preservada com a edição de imagens que contenham rosto ou marcas distintivas características.

Eu li esse Termo de Consentimento e compreendi a natureza e objetivo do ensaio do qual concordei voluntariamente em participar. Compreendo que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem qualquer prejuízo para mim. Concordo em participar deste ensaio:

Nome	Assinatura	e-mail