



COPPE/UFRJ

**MODELO DE VISUALIZAÇÃO EM REALIDADE AUMENTADA NO CONTEXTO
OBSTÉTRICO – O MECANISMO DO TRABALHO DE PARTO EM
APRESENTAÇÃO DE VÉRTICE**

Valéria da Silva Fonseca

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.

Orientadores: Luiz Landau

Janine Schirmer

Rio de Janeiro

Agosto 2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

MODELO DE VISUALIZAÇÃO EM REALIDADE AUMENTADA NO CONTEXTO
OBSTÉTRICO – O MECANISMO DO TRABALHO DE PARTO EM
APRESENTAÇÃO DE VÉRTICE

Valéria da Silva Fonseca

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL.

Aprovada por:

Prof. Luiz Landau, D.Sc.

Prof^a Janine Schirmer, D.Sc.

Prof. Gerson Gomes da Cunha, D.Sc

Prof^a Soraia Raupp Musse, D.Sc

Prof. José Luis Drummond Alves, D.Sc

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

AGOSTO DE 2009

Fonseca, Valéria da Silva

Modelo de Visualização em Realidade Aumentada no contexto obstétrico – Mecanismo do Trabalho de Parto em Apresentação de Vértice/ Valéria da Silva Fonseca. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009.

XV, 266 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Luiz Landau e Janine Schirmer

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil, 2009.

Referencias Bibliográficas: p. 235-259.

1. Realidade Aumentada. 2. Parto. 3. Visualização. I. Landau, Luiz, Schirmer, Janine. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Civil. III. Título.

Agradecimentos

A Elizabete Luqueci Bior pelo incentivo, apoio, paciência e cobrança constante do meu empenho para o melhor resultado.

Aos meus pais, Humberto e Orlanda, pelo imenso amor que sempre me dedicaram e pela paciência nas minhas ausências.

A minha irmã Christinne, amiga maravilhosa de todas as horas e às vezes a irmã mais velha, de palavras sempre amenas e de uma fé que contagia e acalma nos momentos mais difíceis.

Ao Daniel, a Clarice e ao Gabriel, meus sobrinhos porque me ensinam todos os dias que tudo é muito simples, basta acreditar e relaxar.

Aos meus orientadores, Prof^o Luiz Landau, Prof^a Gerson Cunha e Prof^a Janine Schirmer, que com olhares de campos da prática tão distintos me ofereceram o suporte para este estudo.

A Prof^a Sayonara, por sempre aguçar, desafiar e estimular a construção de novos conhecimentos.

A Eunice, Elisa, Kleyde, Bartira, Kátia, Marcos, amigos de longe e de perto, sempre amigos.

A Amanda e Camila, cada uma a sua maneira foi coadjuvante nesta estrada.

A Prof^a Lucia Dupret, Maurício Deseta e Alex Amorim e aos colegas de trabalho da Educação a Distância da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca/FIOCRUZ, pelo companheirismo e paciência em dia difíceis entre o trabalho e o estudo.

Ao Renan Lesser e Gabriel Aprigliano Fernandes, pela colaboração e apoio.

A todos os colegas de turma e amigos do LAMCE por serem parceiros nesta caminhada, pela oportunidade de trocas de formações tão diversas, isto de fato me enriqueceu muito.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

MODELO DE VISUALIZAÇÃO EM REALIDADE AUMENTADA NO CONTEXTO
OBSTÉTRICO – O MECANISMO DO TRABALHO DE PARTO EM
APRESENTAÇÃO DE VÉRTICE

Valéria da Silva Fonseca

Agosto/2009

Orientadores: Luiz Landau

Janine Schirmer

Programa: Engenharia Civil

O presente estudo apresenta o cenário geral e considerações sobre o desenvolvimento do modelo de visualização de um sistema em Realidade Aumentada que simula a mecânica do trabalho de parto em uma apresentação de vértice. Foi realizada a modelagem e animação 3D das estruturas anatômicas com os seguintes objetos: pelve adulta feminina, feto com dimensões próprias do termo gestacional, útero gravídico, cordão umbilical e placenta. As dimensões de todos os objetos guardam correlação com aquelas apontadas na literatura obstétrica. A arquitetura do sistema foi elaborada e descrita. A interação é realizada por meio de interface 2D. O resultado final permite a visualização em 3D do mecanismo de parto e customização dos objetos modelados por efeito de transparência viabilizando a observação da mecânica do trabalho de parto em seus tempos, os diâmetros da pelve materna em função dos estreitos superior, médio e inferior, os planos de referência identificação da altura da apresentação fetal, bem como a variedade de posição. A representação do parto em 3D, dentro dos pressupostos acima resultou em uma aplicação de caráter inovador no âmbito da visão computacional voltada para a aquisição de competência cognitiva. Ao longo do estudo, é apresentado o contexto histórico e o estado da arte nas implementações de simulações deste gênero no campo da saúde e da educação.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

VISUALIZATION MODEL IN AUGMENTED REALITY IN OBSTETRICAL
CONTEXT – MECHANISM OF LABOR DELIVERY IN VERTEX PRESENTATION

Valéria da Silva Fonseca

August/2009

Advisors: Luiz Landau

Janine Schirmer

Department: Civil Engineering

This study presents the general scenery and the considerations on the development of visualization model of a system of Augmented Reality that stimulates the mechanics of labor delivery in a vertex presentation. Modeling and three-dimensional animations of the anatomic structures were realized with the following objects: adult female pelvis, fetus with proper dimensions of the gestational term age, pregnant uterus, umbilical cord and placenta. The dimensions of all objects correlate with those in the obstetric literature. The system architecture was conceived and described. The interaction is accomplished through 2D interface. The final result allows the visualization of the labor mechanisms in 3D and the customization of the modeled objects under the effect of transparency permitting the observation, the labor delivery mechanism in their times, diameters of the female pelvis in relation of the superior strait, the midpelvis, the inferior strait, the reference plans of the identification of the stations of the fetal head, as well as the varieties of positions. The labor delivery mechanism representation in the 3D system aforementioned resulted in an innovating application in the scope of the computational vision concerned with the acquisition of cognitive competence. The historical background and the state-of-the-art of this type of simulation implementation in health and education are presented throughout the study.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas	xv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Apresentação	1
1.2. Relevância.....	9
1.3. Escolha do Tema	11
1.4. Trabalhos Anteriores	12
2. SIMULAÇÃO.....	16
2.1. Voando Baixo: Um Olhar sob o Surgimento da Simulação	16
2.2. Simulação e Simuladores	22
2.3. Classificação de Simuladores Segundo a Tecnologia Envolvida.....	34
2.4. Simulação em Obstetrícia: História e Modernidade	45
2.5. Acúmulo de Experiências em Simuladores no Brasil	53
2.6. Aprendizagem e Simulação	66
2.6.1. Teoria da Aprendizagem Experiencial	67
3. REALIDADE AUMENTADA	72
3.1. Imagem e Perspectiva	72
3.2. Fundamentos de Realidade Aumentada	81
3.3. Tecnologias de Suporte a Realidade Aumentada	87
3.3.1. Gerador de Cena	88
3.3.2. Registro – Rastreamento	90
3.3.2.1. Acústico	91
3.3.2.2. Mecânico	92
3.3.2.3. Inercial	93
3.3.2.4. Magnético	94
3.3.2.5. Híbrido	95
3.3.2.6. Óptico	96
3.3.2.7. Ondas de Rádio	98
3.3.2.8. Marcadores Fiduciais Óptico	99
3.3.2.8.1. Marcadores Quadrados	100
3.3.2.8.1.1. ARToolKit	100
3.3.2.8.1.2. CYBERCODE	103
3.3.2.8.1.2. ARTag	105
3.3.2.8.2. Marcadores Fiduciais Circulares	106
3.3.2.8.3. Limitações de Marcadores Fiduciais Ópticos	109
3.3.2.9. Markerless	111
3.3.2.10. Critérios de Escolha	113
4. TECNOLOGIAS DE EXIBIÇÃO E INTERAÇÃO EM SISTEMAS DE REALIDADE AUMENTADA	115
4.1. Óptica da Visão – Fisiologia	115
4.2. Tecnologias de Exibição	122
4.2.1. Estereoscopia	122
4.2.2. Sistemas de Exibição	123
4.2.2.1. Adaptados para Uso à Cabeça	126
4.2.2.1.1. Padrões de Classificação	131
4.2.2.1.1.1. Ocularidade	131

4.2.2.1.1.2. Distância Lente- Globo Ocular	133
4.2.2.1.1.3. Design do Sistema Óptico	133
4.2.2.1.1.4. Design da Lente Ocular	134
4.2.2.1.2. Configurações de HMDs	135
4.2.2.1.3. Repercussões no Sistema Visual	138
4.2.2.2. Adaptados à Cabeça do Tipo Projetores	141
4.2.2.3. Portáteis ou Hand-Helds Displays	143
4.2.2.4. Tecnologias Espaciais	145
4.2.2.4.1. Visão Através de Vídeo baseado em Monitores	146
4.2.2.4.2. Tecnologia de Exibição Espacial baseado em Óptica	147
4.2.2.4.3. Tecnologia de Exibição Espacial baseado em Projeção	148
4.3. Interação em sistemas RA	148
4.3.1. Interações Comuns em Aplicações Tangíveis	151
4.3.1.1. Navegação	151
4.3.1.2. Manipulação Espacial 3D	152
4.4. Realidade Aumentada no campo da Saúde	153
5. CONTEXTO OBSTÉTRICO	159
5.1. Fatores do Parto	159
5.2. Cenário Clínico-Obstétrico	161
5.3. O trajeto de Parto	163
5.3.1. Estreitos e Diâmetros da Pelve	166
5.3.2. Estudo do Objeto	169
5.4. Diagnóstico da Apresentação Fetal	174
5.5. Parâmetros avaliados da Clínica e Mecânica do Trabalho de parto	176
5.6. Mecanismo de Parto em Apresentação de Vértice	178
5.6.1. Encaixamento ou Insinuação	181
5.6.1.1. Assinclitismo	183
5.6.2. Descida	184
5.6.3. Rotação Interna da Cabeça	185
5.6.4. Desprendimento da Cabeça Fetal	186
5.6.5. Rotação Externa da Cabeça	187
5.6.6. Desprendimento das Espáduas	188
5.7. Alterações Plásticas da Cabeça Fetal	189
5.8. Exame Pélvico Vaginal	190
5.9. Contexto do Ensino e da Prática	191
6. MODELO DE VISUALIZAÇÃO DO MECANISMO DO TRABALHO DE PARTO	197
6.1. Deficiências identificadas nos simuladores com base neste estudo	197
6.2. Anatomia de um desenvolvimento	198
6.3. Levantamento de Requisitos	200
6.4. Processo de Modelagem e Animação	202
6.4.1. Modelagem	203
6.4.2. Texturização	211
6.4.3. Animação	212
6.5. Arquitetura do Sistema	215
6.5.1. Gerador de Cena e Renderização	216
6.5.2. Detecção de Posição – Sistema de Rastreamento	218

6.5.3. Tecnologia de Exibição	219
6.5.3.1. Interface Gráfica do Usuário	220
6.6. A Validação do Sistema	222
6.6.1. Submissão a Comitê de Ética em Pesquisa	223
6.6.2. Metodologia Proposta	223
6.6.2.1. Perfil dos Sujeitos	224
6.6.2.2. Instrumento de Coleta de Dados	226
6.6.2.3. Aspectos Éticos	227
6.7. Diagrama do Cenário	228
6.8. Estado Atual do Sistema e Dificuldades Encontradas	230
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	231
7.1. Conclusão	231
7.2. Trabalhos Futuros	233
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	235
ANEXOS	
Anexo 1 - Instrumento de Coleta de Dados	260
Anexo 2 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	264
Anexo 3 – Autorização para Uso de Instrumento de Coleta de Dados	266

LISTA DE FIGURAS

Figura		
1	Noelle™ maternal and Neonatal Birth Simulator	9
2	Susie Obstetric®	9
3	Sistema de Tracking Fórceps	13
4	Posicionamento de marcadores Fórceps	13
5	Captura de frames Fórceps	14
6	Detecção Hierárquica de Colisão	14
7	Simulador BirthSIM	15
8	Link Trainner com ciclorama	17
9	Link Trainner com sistema de filmes	17
10	Navegador no cockpit	18
11	Sistema de navegação do Link Celestial	18
12	Gemini Crew Simulator	19
13	Simulador do Módulo Lunar da Missão Apollo	19
14	Asmund Laerdal e Resusci-Anne	23
15	Sim One	24
16	Controle de Cenário do Simulador Harvey	25
17	Sessão de Treinamento no Harvey	25
18	Crescimento do desenvolvimento de simuladores	28
19	Simulador de Tarefas Específicas/ Treinamento EV	36
20	Simulador de Tarefas Específicas /Cateterismo Vesical	36
21	Simulador Guiado por Instrutor/Interface de controle do S3101Hal®	37
22	Sala de Controle – S3101 Hal ®	37
23	Manobra de Ressuscitação Cardiopulmonar S3101 Hal ®	37
24	Simulador Guiado por Instrutor /Sim Man®	38
25	Simulador Guiado por Modelo/ METIman®	39
26	Simulador Guiado por Modelo/ iStan®	39
27	Simulador Baseado em Computador /Interface Gas Man®	40
28a	Simulador Baseado em Computador /Code Team®	40
28b	Simulador Baseado em Computador /Code Team® EKG	40
29	Simulador para Treinamento de Manobras de MacRoberts e Rubin	41
30	Simulador de Baixa Fidelidade /Musclemate®	44
31	Simulador de Moderada Fidelidade/VitalSim®	44
32	Simulador de Moderada Fidelidade /iStan®	44
33	A máquina de Madame Du Codray	46
34	Radiografia do manequim de Madame Du Codray	46
35	Apagamento e Dilatação do colo uterino	49
36	Simulador de Apagamento e Dilatação do Colo Uterino/ Childbirth Simulator®	49
37	Planos de DeLee	51
38	Simulador para Avaliação da Altura da Apresentação	51
39	Simulador para Fórceps com Visualização de objeto sintético (pólo cefálico) sobreposto	52
40	Simulador para Treinamento do Fórceps	52
41	Sistema de Simulação em RV para Ortodontia	57

42	Simulador em RV para Punção de Medula Óssea	58
43	Interface de Simulador em RV para Punção de Medula Óssea	58
44	Ciclo da aprendizagem de Kolb	68
45	Nicho policrômico – Arte Rupestre	73
46	Toca do Arapuã do Gongo – Arte Rupestre	73
47	Propagação da Luz para o Olho Humano	73
48	Elaboração do conceito de perspectiva	74
49	Experimento de Brunelleschi	75
50	Cubo com um único ponto de fuga	76
51	Cubo com dois pontos de fuga	76
52	Ilustração de Da Vinci – a concepção	78
53	Ilustração de da Vinci- estudos do feto no útero	78
54	Ilustração de da Vinci – bebê no útero	78
55	O estereoscópio de Charles Wheatstone	80
56	Continuum Realidade Virtualidade	81
57	Áreas de Aplicação de Realidade Aumentada	83
58	ARQuake	83
59	Campo de Visão do Usuário em uso so ARQuake	83
60	Trem Invisível - Invisible Train	84
61	Trem Invisível - Invisible Train	84
62	Aplicação de RA em Engenharia Civil	84
63	Projeto mivaTherm	85
64	Interface do mivaTherm	85
65	ARiSE	85
66	Interface de Visualização em Capacete de Piloto	86
67 a	Representação dos 6 graus de liberdade (6DOF)	91
67b	Eixos espaciais dos 6 graus de liberdade (6DOF)	91
68	Sistema de Triangulação	92
69	Sistema de Tracking Acústico	92
70	Sistema de Tracking Mecânico	93
71	Sistema de Tracking Inercial	94
72	Sistema de Tracking Magnético	94
73	Sistema de Tracking Híbrido	96
74	Sistema de Tracking Híbrido	96
75	Marcador passivo	96
76	Marcador ativo	96
77a	Tracking óptico do tipo <i>Inside-out</i>	97
77b	Tracking óptico do tipo <i>Outside-in</i>	97
78	Marcador Fiducial ARToolKit	100
79	<i>Threshold</i>	102
80	Cálculo de posição – ARToolKit	102
81	Rótulo Virtual – ARTag	104
82	Etapas de reconhecimento do marcador Cybercode	104
83	Marcador Fiducial ARTag	106
84	Marcador Fiducial Multi-anel (Multring)	107
85	Marcadores fiduciais com código de barras	108
86	Marcador Fiducial de Ababsa	108
87	Testes de acurácia em marcadores fiduciais circulares	109
88	Performance do Marcador Fiducial Circular	110
89	Performance do Marcador Fiducial ARToolKit	110

90	Performance do Marcador Fiducial ARTag	110
91	Uso da Técnica de <i>Markerless</i> em TV.....	112
92	Geração de <i>datasets</i>	112
93	Aplicação do objeto sintético usando <i>Markerless</i>	112
94	Refração do feixe de luz	116
95	Estrutura do olho humano	117
96	Mecanismo de acomodação do cristalino	119
97	Convergência binocular	120
98	Formação da imagem no córtex visual	121
99	Sistema de projeção ativo DLP ou CRT	124
100	Sistema de projeção passiva DLP ou CRT	124
101	Sistema de dupla projeção passiva DLP ou CRT	124
102	Sistema de dupla projeção passiva com LCD	124
103	Tipos de tecnologia de exibição adaptadas a cabeça	125
104	Esquema de <i>Headsight</i>	126
105	A Espada de Damocles - <i>The Sword of Damocles</i>	127
106	Dispositivo de Exibição do tipo visão através de Óptica	129
107	Dispositivo de Exibição do tipo visão através de vídeo	129
108	Dispositivo de Exibição do Tipo Monocular	131
109	Dispositivo de Exibição do Tipo Monocular	131
110a	Dispositivo de Exibição do Tipo Biocular	132
110b	Dispositivo de Exibição do Tipo Biocular	132
111	Sistema Visual em Uso de Dispositivos Adaptados a cabeça	139
112	Videoculografia (VOG)	140
113	Dispositivos adaptados a cabeça do tipo Projetores	142
114	Sistema Óptico de Dispositivos adaptados a cabeça do tipo Projetores ...	142
115	Jogo de Tênis em RA	144
116	Implementação do HALO	145
117a	Edição <i>Mesh</i> em Dispositivo Móvel	145
117b	Deformação <i>Mesh</i> em Dispositivo Móvel	145
118	Visão através de vídeo baseado em Monitores	146
119	Tecnologia de Exibição espacial baseada em Óptica	147
120	Magic Book	150
121	Magic Book	150
122	MagicLenses	151
123	Adrenalectomia em um Sistema RA	156
124	PARIS – Sistema RA para modelagem de próteses cranianas	156
125	Simulação RA para Controle de Prótese Virtual de Braço	156
126	Simulação RA para treinamento de Fórceps	157
127a	Imagens de fontes distintas em Sala de cirurgia	157
127b	Imagem por endoscópio	157
128	Morfologia da Pelve	164
129	Pelve Feminina Adulta	164
130	Disco Interpúbico	165
131	Pequena bacia	166
132	Diâmetros ântero-posteriores da pelve	167
133	Corte horizontal da pelve - Estreitos e Diâmetros da Pelve	168
134	Corte Sagital da Pelve – Estreito Superior , Médio e Inferior	168
135	Diâmetros do Bi-crista (BC) Bi-espinha (BE) e Bi-trocanter (BT)	169
136	Situação Fetal Longitudinal	170

137	Situação Fetal Transversa	170
138	Apresentação Fetal Pélvica	171
139	Posição Fetal Direita e Variedade de Posição	172
140	Posição Fetal Esquerda e Variedade de Posição	172
141	Atitude Fetal	173
142	Representação Espacial da Variedade de Posição	174
143	Manobra de Leopold	176
144a	Cérvix em final de gestação	177
144b	Início de apagamento cervical	177
144b	Avanço do apagamento cervical	177
144d	Canal cervical fechado e apagado	177
145	Planos de DeLee	178
146a	Mecanismo do Trabalho de Parto em Occipito Esquerda Transversa (Insinuação, Descida e Rotação)	180
146b	Mecanismo do Trabalho de Parto em Occipito Esquerda Transversa (Desprendimento e Restituição da Cabeça)	181
147	Diâmetros da cabeça fetal	182
148	Graus de Flexão da Cabeça	182
149	Assinclitismo e Sinclitismo	184
150	Descida Fetal	185
151	Rotação Interna da Cabeça Fetal	186
152	Desprendimento da Cabeça Fetal	187
153	Rotação Externa da Cabeça Fetal	188
154a	Desprendimento do Ombro Anterior	189
154b	Desprendimento do Ombro Posterior	189
155	Suturas do Crânio Fetal	190
156	Identificação da sutura sagital	191
157	Diferenciando as fontanelas	191
158	Partograma	194
159	Diagrama do desenvolvimento	200
160	Detalhamento dos Requisitos	201
161	Descrição da Modelagem e Animação	203
162	<i>Viewport</i> do software Autodesk 3DsMAX 2009® com modelo	204
163	Vista em perspectiva esquerda inferior da pelve, sem retropulsão do cóccix	205
164	Vista em perspectiva esquerda inferior da pelve, cóccix retropulsionado	205
165	Vista lateral direita da M-pelve - sem retropulsão	205
166	Vista lateral direita da M-pelve – com retropulsão	205
167	Vista inferior da pelve do Estreito Inferior	206
168	Vista inferior da pelve com retropulsão	206
169	Vista de topo: Diâmetro bi-isquiático do Estreito Inferior	206
170	Vista inferior: Diâmetro bi-isquiático do Estreito Inferior	206
171	Vista lateral direita(<i>conjugata vera</i> obstétrica, <i>conjugata diagonalis</i> e <i>conjugata exitus</i>)	206
172	Vista de topo Estreito Superior	206
173	Vista lateral direita da M-Pelve com planos de Delee	207
174	Vista lateral direita da M-Pelve com planos de Delee em início de retropulsão	207
175	Vista lateral direita da M-Pelve com planos de Delee em retropulsão final do cóccix	207

176	Imagem 2D crânio fetal em três perspectivas	208
177	Crânio fetal em 3D, fontanela anterior em destaque	208
178	Crânio fetal em 3D, fontanela posterior em destaque	208
179	Vista lateral direita do crânio fetal em 3D	208
180	Vista posterior do crânio fetal em 3D	208
181	Vista lateral direita do feto, crânio fetal e altura da apresentação.....	209
182	Vista frontal da estática fetal	209
183	Vista frontal da estática fetal, pólo cefálico fletido	209
184	Vista lateral direita da estática fetal	210
185	Atitude Fetal	210
186	Atitude Fetal com flexão da cabeça	210
187	Vista lateral direita em início de extensão da cabeça	210
188	Visualização da pelve com feto em início de insinuação, cordão umbilical e placenta	211
189	Visualização de pelve com feto, cordão umbilical, placenta e útero com transparência	211
190	Visualização do feto, cordão umbilical e face fetal da placenta	211
191	Visualização do feto, cordão umbilical e face materna da placenta	211
192a	Sistema de <i>Rigging</i> do feto	212
192b	Sistema de <i>Rigging</i> do feto, vista ortogonal	212
192c	Sistema de <i>Rigging</i> do feto e geometria, com textura	212
193a	Comparação de imagens 2D do mecanismo de parto	213
193b	Comparação de imagens 2D do mecanismo de parto	214
194	Componentes do Sistema	215
195	Malha do modelo: pelve, útero, feto, cordão, umbilical e placenta	217
196	Modelo renderizado	217
197	Marcadores no manequim	218
198	Marcador óptico passivo	218
199	Marcador óptico passivo afixado em cubo.	219
200	Marcador posicionado	219
201	Funcionalidades do sistema	221
202	Etapas de Validação	222
203	Diagrama do Cenário	228
204	Geração do objeto sintético	229

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Tipos de Erro	26
Tabela 2	Taxonomia para Simuladores	35
Tabela 3	Padrões de Acurácia	44
Tabela 4	Simuladores Obstétricos disponíveis Comercialmente	64
Tabela 5	Combinação de Ocularidade e tipo de see-through	132
Tabela 6	Relação entre Tecnologia e benefícios potenciais	154
Tabela 7	Competências essenciais para o exercício da enfermagem obstétrica	192

Capítulo 1

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo aborda, pontualmente, questões transversais e verticais do âmbito das estratégias de ensino disponíveis para formação de profissionais de saúde na atenção ao parto. O cenário pauta a relevância do estudo, a motivação do tema e objetivos. Os conceitos centrais estão aqui delineados, de tal modo que é possível compreender como a área de Visão Computacional e Realidade Aumentada, se aproximam sobremaneira como potenciais ferramentas para o enriquecimento do processo de ensino e aprendizagem do mecanismo do parto.

1.1. APRESENTAÇÃO

Os séculos, XVIII e XIX, foram marcados por grandes descobertas, respectivamente a descoberta da energia a vapor e a invenção da energia elétrica. Estes dois eventos foram marcantes na mudança dos hábitos da população daqueles tempos.

A despeito dos estudos comparativos que a psicologia moderna tem feito buscando captar, analisar e descrever no que a Revolução da Tecnologia da Informação possa se assemelhar as mudanças provocadas pela Revolução Industrial é inegável o fato de que o homem moderno tem a seu dispor um arsenal de ferramentas que remodelaram sua forma de produzir e de viver.

A questão concernente ao campo da psicologia é de uma intensa preocupação com as alterações qualitativas que possam ser desfavoráveis a subjetividade humana, tais como uma nova linguagem, estilos de agir, de fazer e de se relacionar com o mundo e que são implementadas por uma nova ordem. Por outro lado, o empenho em buscar e

trazer inovações que possam contribuir com práticas sociais como a educação, têm se evidenciado em várias pesquisas e produtos que não deixam de dialogar com os novos caminhos da tecnologia da informação.

A sociedade moderna tem agregado, desta forma, novos valores e saberes através da incorporação de inovações tecnológicas em diversas áreas. A contribuição da tecnologia da informação e comunicação para o século XX é representada pelo advento da Internet. Os benefícios da Internet se projetam sobre o século atual enunciando novos caminhos e ferramentas para a educação.

A Web 2.0, as Redes Sociais e a Educação a Distância são alguns destes recursos de tecnologia da informação que tem demonstrado as crescentes possibilidades, e infindável contribuição para a mediação do processo de ensino e aprendizagem.

A Internet se constituiu, assim como a maior contribuição que a ciência da comunicação do século XX outorgou ao século atual, na medida em que ofereceu oportunidade de compartilhamento da informação produzida pelo ser humano, assegurou a conectividade e rapidez na recuperação da informação, favorecendo um espectro estratégico de socialização dos saberes. Paralelamente, avanços em outros campos da tecnologia também vêm se estabelecendo que não exclusivamente via web, com ênfase na área de aplicações.

A velocidade com que a informação passou a ser veiculada, a disponibilidade característica do meio eletrônico e a nova natureza do trabalho, na qual a transição de conhecimentos se dá com maior agilidade, cresceu e também agregou um valor positivo à sociedade.

A organização do trabalho instanciou a aprendizagem como causa e reflexo de custo-eficácia. Aprender, socializar saberes, produzir conhecimentos utilizando recursos computacionais tem ampliado potenciais cognitivos: a memória (bancos de dados, hipertextos, fichários digitais [numéricos] de todas as ordens), a imaginação (simulações),

a percepção (sensores digitais, telepresença, realidade virtual), e o raciocínio (inteligência artificial, modelagem de fenômenos complexos).^[1]

O setor saúde, bem como a educação tem obtido muitos progressos incorporando, aderindo e desenvolvendo recursos na área de tecnologias da informação e comunicação. Esta circunstância provocou, em certo momento, uma tensão e até mesmo insegurança no modelo de sistema educacional que funcionava, até então, com bases em moldes mais conservadores. Esta mudança de paradigma passa a demandar dos educadores uma dedicação maior de tempo e empenho mais criterioso do que a simples transferência de informação, em detrimento do acompanhamento das novas aplicações em educação.^[2]

O âmbito da comunicação digitalizada formaliza-se com maior velocidade, pois se sustenta na codificação da informação e na comunicação da mensagem por diferentes formas de linguagem e de vários tipos de mídias, com uma forte tendência ao compartilhamento e socialização do conhecimento.

A educação, por sua vez, não prescinde da informação e do processo de comunicação, mas se diferencia desses pelo objetivo de potencializar a construção conceitual a partir da interpretação da informação e da re-elaboração da mensagem em prol do compromisso com a construção de novos conhecimentos. Está posta, assim, a “linha dedicada” que favorece definitivamente às possibilidades de diálogo entre a tecnologia e a educação e, que procura sistematicamente novas e empreendedoras formas de aplicação.^[3]

A formação em saúde requer e implica a articulação de novos saberes, a construção do conhecimento com ênfase na ciência estruturada, na formação profissional, nas qualidades táticas, nas experiências de trabalho e vida social, o que nos leva ao emergente conceito de competência na Europa da década de 80 e que hoje é paradigma absorvido nas discussões curriculares. Neste novo modelo, baseado em competências, a formação profissional técnico-científica é tida como a capacidade de mobilizar e incorporar

novos saberes na resolução de problemas, no enfrentamento das imprevisibilidades dos contextos reais.

A elaboração e definição do conceito de competência se dá num campo de conflitos de interesse, de relações sócio-econômicas, de disputas ideológicas e de poder nas sociedades.^[4, 5]

A abordagem dialógica de competência reconhece a história das pessoas e das sociedades, nos seus processos de reprodução/transformação, e conceitua competência como sendo uma síntese da combinação de atributos pessoais e saberes traduzidos em ações para o enfrentamento de situações relacionadas a uma determinada prática, segundo contextos e critérios de excelência.^[6,7] Requer, portanto, a exploração das distintas concepções, interesses, valores, ideologias e saberes que invariavelmente direcionam e condicionam a intencionalidade dos processos educativos, mas que, nem sempre, são discutidos de um modo mais participativo e democrático pela sociedade.

Neste caminho, uma das primeiras abordagens é a do Ensino Interativo Assistido por Computador, que com base na Ciência da Cognição, explora sistemas de maior interatividade, recursos de multimídia e hipermídia, programas que privilegiam o enriquecimento com recursos tais como hipertextos, imagens em vídeo, áudio e animação em 2D e 3D.

O que se observa como grande avanço pedagógico, nesta perspectiva, tem sido a exploração dos sistemas de simulação baseados em princípios de interação e imersão. Ainda que de utilização um tanto restrita no contexto brasileiro do ensino superior em saúde, tem significado uma nova ferramenta de ensino, que possibilita a vivência de situações de alta complexidade em ambientes virtuais, importando para o usuário a possibilidade concreta de visualizar, manipular e explorar os dados de uma aplicação computacional em tempo real, utilizando todos os sentidos em alguns casos.

As evidências demonstram que a informação aprendida é armazenada por

muito mais tempo se o aluno é um participante ativo do processo de aprendizado e se a apresentação envolve muito dos sentidos do aluno. Um estudo relata que as pessoas retêm aproximadamente 25% daquilo que ouvem, 45% daquilo que vêem e ouvem e 70% daquilo que vêem, ouvem e fazem.^[8]

A aceleração do processo de geração de novos conhecimentos, a maior velocidade e requisitos de confiabilidade para o tráfego de informações, a amplitude de banda de transmissão, armazenamento e processamento de enormes quantidades de dados dão o tom da nova sociedade do conhecimento. Do ponto de vista da informação com fins educacionais, sua organicidade é repensada, e deve considerar critérios como capacidade de estimular o sujeito/aluno crítico, princípios de design pedagógico e cognitivo.

Genericamente o uso de ferramentas computacionais no contexto do ensino em saúde tem sido bem aceito, certamente em função de acrescentar um instrumental que permite sistematizar e recuperar dados de alta complexidade, como os que são gerados neste nível de atividade. A possibilidade de simular situações e procedimentos com finalidade de treinamentos para aquisição de habilidade técnica também vem crescendo em larga escala.

Fato é que, a necessidade de atualização progressiva demanda uma prática de educação permanente em uma organização de trabalho cada vez mais exigente em termos de dedicação, complexidade e volume de ações, necessidade esta que no âmbito da educação presencial, se tornou um tanto mais difícil, pois sua velocidade e plasticidade para alcance de grandes massas é infinitamente menor.

Neste contexto as modalidades de ensino baseadas no uso do computador têm encontrado um farto universo para desenvolvimento, crescimento e consolidação de novas propostas.

O ensino em enfermagem compõe, como outras áreas do conhecimento e do trabalho na saúde, a necessidade de outro olhar que possibilite ao profissional uma maior

dinamicidade através da agregação de novas ferramentas que estimulem o perfil crítico deste profissional. Pensar criticamente e ensinar a pensar criticamente é um ato difícil para o professor, muitas das vezes dentro de um modelo mais conservador de ensino.

Para uma aproximação adequada desta perspectiva de “ensinar a aprender”, é necessário que o docente caminhe na direção oposta da pedagogia da transmissão/instrução, e que assim assuma uma perspectiva de visão voltada para uma metodologia de enfoque individualizado, onde o tempo de aprendizagem assuma um status ímpar do sujeito da aprendizagem, portanto o aluno.

A formação do enfermeiro comporta várias disciplinas do conhecimento das áreas das Ciências Humanas e Sociais e Ciências Biológicas e da Saúde. As Diretrizes Nacionais Curriculares do Curso de Graduação em Enfermagem^[9] definem em seu escopo que disciplinas e/ou áreas do conhecimento são necessárias para aquisição e desenvolvimento de competências e habilidades específicas que confirmam ao enfermeiro a capacidade de diagnosticar e solucionar problemas de saúde, de comunicar-se, de tomar decisões, de intervir no processo de trabalho, de trabalhar em equipe e de enfrentar situações em constante mudança. No âmbito da competência e habilidade de comunicar-se, estão inclusas formas de comunicação do domínio das tecnologias de informação e comunicação.

A questão da terminalidade dos currículos tem sido objeto de discussão, onde o processo ensino-aprendizagem e a forma (condição/enfoque político-pedagógico) como ele se dá ocupa lugar de destaque. A tendência atual de autonomia do conhecimento, para a formação de uma visão crítica do aluno tem perpassado a possibilidade de trazer outros eixos para aplicar e somar outros valores ao ensino, de modo a tornar o objeto técnico do ensino mais próximo do sujeito da aprendizagem.

Historicamente, o método instrucionista que foi largamente adotado para os profissionais de saúde é da modalidade de Aprendizagem baseada no Problema (*Problem-Based Learning - PBL*).^[10, 11]

Reflexões sobre modelo de formação, de alunos e docentes a luz das Diretrizes Nacionais Curriculares de Enfermagem tem sido cada vez mais comuns. A tônica que embasa tais considerações, vem transversalmente sempre pontuando a necessidade de buscar concepções operacionais que se compatibilizem com uma maior articulação entre o mundo do trabalho e o mundo da formação.^[12, 13]

Algumas tendências que buscam transformar a educação nesta área, dizem respeito a mudar o foco do processo ensino-aprendizagem do hospital para outros contextos, o que significa “desospitalizar” o ensino; a reestruturação do processo ensino-aprendizagem com base em PBL; o estudo de evidências e ênfase em aquisição de competências tecnológicas com maior exploração da cognição e também o diálogo com outras áreas do conhecimento, reorientando as possibilidades da transdisciplinaridade, dentre outras.^[14]

No ensino de enfermagem obstétrica, em observação decorrente da minha experiência pude constatar que o evento do parto se constitui em assunto de difícil apreensão para o aluno. Trata-se de fenômeno fisiológico, fechado e dinâmico onde basicamente, do ponto de vista estrutural, três componentes concorrem para o êxito: o conceito, a pelve materna e o útero. Dada a complexidade dos objetos que sincronicamente trabalham, observa-se por parte do aluno certa dificuldade em compreender a seqüência deste fenômeno biológico. A evolução do parto, bem como sua mecânica só oferece oportunidade de aprendizado prático no momento em si, em que pode ser observado.

A simulação, como um tipo de aplicação da área de informática em saúde ou educação, tem sido largamente utilizada, em especial porque sua base de desenvolvimento parte da idéia de proporcionar a oportunidade de lidar com problemas clínicos, da aprendizagem ou administrativos de forma real, onde o usuário pode vivenciar o contexto ou problemas típicos da assistência previamente ao ambiente clínico real, o que reduz eventuais riscos na tomada de decisão. A prática que favorece as habilidades clínicas através das simulações, lhes permite poder cometer erros sem afetar o bem-estar do paciente.^[15]

Dentre as possibilidades de simulação no campo da saúde, a Realidade Virtual (RV) ainda tem sido vista como uma próxima dimensão a ser alcançada e muitas tem sido as justificativas: custo de equipamentos, pesquisas complexas e etc.

A Realidade Virtual tem tido um amplo espectro de utilização no treinamento em Ginecologia, especialmente em situações onde são requeridos ensaios repetidos para aquisição de habilidade e em circunstâncias clínicas que não são habituais, ou em procedimentos cirúrgicos laparoscópicos.^[16]

Para efeitos deste estudo, optou-se pela utilização de técnicas de Realidade Aumentada pelo fato de favorecer a sobreposição do modelo (objeto sintético) a um manequim feminino, como uma referência do mundo real, proporcionando a sensação de visualização intracorpórea. Este valor agregado, que compõe a definição de Realidade Aumentada, é do ponto de vista pedagógico, a melhor opção metodológica e a eleita para o desenvolvimento do modelo.

Neste sentido, acreditou-se que aquelas circunstâncias que configuram os fenômenos clínicos, mecânicos e plásticos do parto enquanto eventos fisiológicos podem ser melhor visualizados através desta modalidade de visualização, implementando mecanismos de interação e permitindo a observação do evento sob perspectiva visual.

A Realidade Aumentada (RA) é o resultado de efeitos estereoscópicos de profundidade de campo, sugerindo uma possibilidade altamente desejável para muitas aplicações em que se utilize a computação gráfica.^[17] Tais aplicações incluem a geração de simulações estáticas e dinâmicas de objetos do mundo real e a modelagem física de fenômenos. O alcance desta aplicação é amplo em áreas como design automotivo, estudos de arquitetura e simulações de vôo.

Para o desenvolvimento deste estudo considerou-se os seguintes objetivos:

- Desenvolver um ambiente de simulação do mecanismo do trabalho de parto em 3D numa apresentação de vértice;
- Descrever o processo de criação;

- Estruturar o modelo para o processo de validação.

1.2. RELEVÂNCIA

Em face da complexidade das estruturas envolvidas do fenômeno do parto, o ensino acadêmico utiliza recursos de ordem didática para compor o cenário do ensino, tais como: simuladores físicos (Fig. 1 e 2), imagens 2D e vídeos 2D sem interação.



Fig. 1 - S551 NOELLE™ Maternal and Neonatal Birthing Simulator ® - © Gaumard Scientific 2009^[18]



Fig. 2 - Susie Obstetric ® Laerdal ©^[19]

Todos, recursos frequentemente disponíveis em instituições de ensino superior no Brasil, que em nada se aproximam da dinâmica real do evento, já que em verdade trata-se de um processo tridimensional biológico. O tipo de simulador e sua complexidade tecnológica pode favorecer um pouco mais ou menos a compreensão do mecanismo do parto, contudo nenhum deles é capaz de mimetizar a mecânica do parto ou de possibilitar a observação do comportamento real de cada fator componente: o feto, a pelve materna e a contratilidade uterina.

Dentre os muitos simuladores anatômicos, a ausência de similaridade com o evento fisiológico, é grande. Os fatores limitantes se expressam com mais impacto na dificuldade de simular o efeito de “força” exercido pela musculatura uterina sobre o feto. As soluções apresentadas em simuladores físicos, até então propõem simular a

contratilidade uterina com o efeito unicamente da descida mecânica ou manual do feto, sem representar o órgão em si e os eventos incluídos especificamente no estudo do motor.

Nenhum dos simuladores do tipo manequim, disponíveis comercialmente inclui em suas estruturas internas a pelve feminina com possibilidade de identificação de seus diâmetros distintos em função dos estreitos que a compõe, muito embora sigam padrões de dimensões internas da mulher adulta; não favorecem a compreensão das relações útero-fetais ou materno-fetais no transcurso da mecânica de parto, sendo este um quesito fundamental para a aprendizagem do aluno.

Compreende-se que neste cenário, outras contribuições são possíveis e necessárias para ao estímulo do processo cognitivo do aluno a partir da visualização do evento em si, e desta forma o estreitamento de relações entre dois eixos do conhecimento - das ciências exatas e das ciências da saúde, representa um valor incremental significativo.

A interrelação das ciências exatas com a área de ciências da saúde tem oportunizado transformações importantes no desenvolvimento de pesquisa aplicada e inovações neste aspecto. As técnicas de simulação com base na ciência da computação tem sido responsáveis pela ampliação das possibilidades em explorar e construir novas perspectivas pedagógicas.

Tratar conceitos abstratos que podem se traduzir em representações de perspectivas distintas, de um ou mais objetos modelados a partir de softwares específicos, assim como a exploração e construção do conhecimento através de aplicações de RV ou RA têm despertado um potencial interesse em educadores de todos os níveis.

A ausência de recursos multimídias interativos e um ensino centrado em muitas das vezes na pessoa que ensina, e não no sujeito da aprendizagem subtrai a possibilidade de estímulo cognitivo do aprendiz. A disponibilização de um sistema em Realidade Aumentada, simulando em três dimensões (3D) o mecanismo do parto e suas variáveis diretas, estimula a interação do aluno com o tema através de ferramentas

computacionais. A pesquisa pretende também incitar a postura reflexiva e crítica do usuário, decorrente da visão computacional e da interatividade.

1.3. ESCOLHA DO TEMA

A escolha do tema foi orientada a partir da vivência profissional na docência, conjugada a escassez de recursos multimídia interativos com suficiente valor de representação do mecanismo do parto e grau de realismo adequado. A compreensão de um evento tridimensional é sempre beneficiada na medida em que é representado como tal, somado a possibilidade de interação com os objetos que compõe a cena.

É comum na literatura de aplicações que utilizam recursos da Realidade Virtual (RV) ou Realidade Aumentada (RA), o desenvolvimento de produtos voltados para o treinamento de habilidades técnicas ou procedimentos cirúrgicos, entretanto pela natureza do exercício da enfermagem obstétrica, cuja ênfase no necessário domínio das condições de normalidade do parto tem norteado sua prática, justifica-se a melhor exploração de ferramentas que possam agregar valor a aprendizagem da fisiologia do mecanismo do parto com maior interatividade. É o conhecimento teórico, somado a prática que permite ao enfermeiro-obstetra diagnosticar precocemente as condições divergentes da normalidade de evolução do trabalho de parto.

Este estudo não pretendeu, neste momento desenvolver estruturas que possibilitassem o treinamento de habilidades técnicas, mas limita-se a contribuição de visualização e interatividade do mecanismo do trabalho de parto em uma apresentação de vértice¹, utilizando técnicas de Realidade Aumentada..

¹ Apresentação de vértice ou cefálica, é assim definida quando o polo cefálico fetal entra em contato com o estreito superior da pelve materna.

A primeira etapa do processo de desenvolvimento está relacionada ao levantamento de requisitos técnicos de ordem teórica do campo da obstetrícia, e posteriormente a eleição do software para modelagem em 3D, para animação dos objetos modelados, e outras etapas que serão apresentadas no capítulo 6. O desenvolvimento do modelo foi iniciado em 2006.

1.4. TRABALHOS ANTERIORES

Mesmo considerando, que o parto vaginal é um evento natural para a maior parte das mulheres que o vivenciam, uma revisão efetuada junto a maior base de dados internacional em medicina, *Pubmed*, revelou que não há qualquer informação que descreva simuladores voltados para o ensino da obstetrícia normal, fisiológica aos estudantes de medicina. Os simuladores têm sido utilizados para avaliação de competências de estudantes e residentes no desempenho de procedimentos que incluem colonoscopia, entubação orotraqueal, endoscopia, sutura dentre outras.^[20]

A produção científica no campo de desenvolvimento de simuladores em obstetrícia, que utilizam recursos de Realidade Virtual ou Aumentada, é escassa e parcialmente focada no treinamento de um procedimento que se constitui como uma modalidade cirúrgica de parto, o fórceps.

Em se tratando de sistemas de RA, três componentes são observados classicamente: o gerador de cena, o sistema de rastreamento (*tracking*) e dispositivos de visualização ou exibição. Os capítulos 3 e 4 oferecem um detalhamento de cada um destes componentes, que para efeito de referenciar os trabalhos abaixo, estão somente citados na descrição de cada um destes.

Em 2004, por colaboração de pesquisadores da Suíça e Alemanha foi desenvolvido um simulador de RA para treinamento do fórceps, utilizando um simulador físico fabricado pela Gaumard®, o PROMPT®, e um sistema da *Siemens Corporate*

Research (SCR) para a implementação de RA, cuja acurácia, alta resolução, alta taxa de atualização e pequeno atraso correspondiam ao estado da arte daquele período. O protótipo permitiria a visualização de um processo de parto distócico, que culminava com a necessidade de realização de um fórceps.

Utilizou oito marcadores retro-reflexivos no fórceps e câmera com dispositivo infravermelho, para melhorar a acurácia e proporcionar mais robustez nas condições de controle de luminosidade sem interferir com o usuário como observado na Fig. 3 e 4. O sistema tem performance em torno de 30fps para cada olho. O atraso era da ordem de 100ms para os objetos sintéticos e virtuais desde que as imagens da câmera eram sincronizadas com os dados do *tracking*, isto assegurou que mesmo em movimentos de cabeça feitos de forma rápida os objetos sintéticos aparecessem sempre onde se esperava. A tecnologia de exibição utilizada foi do tipo adaptada à cabeça (*Head Mounted Display*) e *video see-through*.^[21]

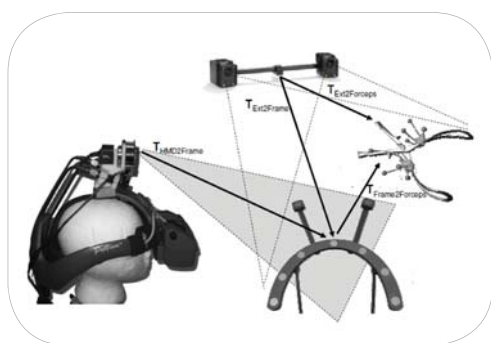


Fig. 3 - Sistema de Tracking.^[21]



Fig. 4 - Os marcadores são fixos no manequim.^[21]

Em linha de desenvolvimento bem próxima, pesquisadores da Noruega apresentaram em 2004, igualmente, um simulador para o treinamento do fórceps (Fig. 5 e 6), onde afirmava se tratar de uma alternativa melhor do que cesariana, em termos de risco. O feto foi criado a partir de imagens segmentadas oriundas de Ressonância Magnética (RM) e Tomografia Computadorizada (TC). O volume foi renderizado em um software chamado *3Dview* desenvolvido pelos autores, que permitiu a segmentação de imagens anatômicas de interesse. Os modelos segmentados foram entrelaçados utilizando

o algoritmo *Marching Cubes*, que foi publicado em 1987 para extração de malha poligonal de uma iso-superfície em um campo escalar tridimensional. O mesmo procedimento foi aplicado ao osso da pelve. Utilizou marcadores óticos passivos no fórceps e um dispositivo híbrido NDI-Polaris para o *tracking*.^[22]

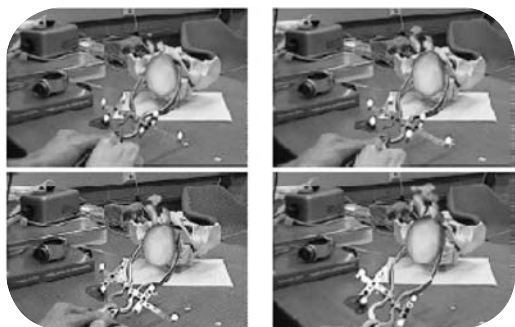


Fig. 5 - Captura de frames da simulação do fórceps.^[22]

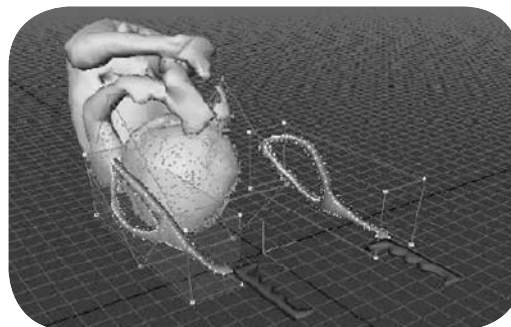


Fig. 6 - Detecção Hierárquica de colisão entre a pega esquerda do fórceps e a cabeça fetal.^[22]

Em 2008, com o propósito de demonstrar os benefícios de um simulador para treinamento de manipulações obstétricas com o fórceps, foi desenvolvido por uma equipe do *Hospices Civil de Lyon* e o *Laboratoire Ampère*, o BirthSIM, utilizado para simular partos vaginais operatórios. O componente mecânico consiste em uma imitação antropomórfica com marcadores em pontos de referência anatômicos da pelve (espinhas ciáticas, cóccix, sacro) e em referências anatômicas do feto (suturas, fontanelas e orelhas).

Um sensor eletromagnético com seis graus de liberdade (6 Degree –Of-Freedom/DOF) foi montado dentro da cabeça fetal e outro similar foi colocado em cada colher do fórceps. Estes três sensores permitem o rastreamento da posição e orientação da cabeça fetal e do fórceps com monitoração em tempo real. O BirthSIM é integrado por um sistema eletro-pneumático que é responsável por simular a dinâmica do processo de nascimento, ou seja, impulsionar o pólo cefálico em direção ao canal de parto. O sistema consiste em um conjunto de servo-válvulas e um cilindro pneumático, como pode ser observado na Fig. 7.^[23]

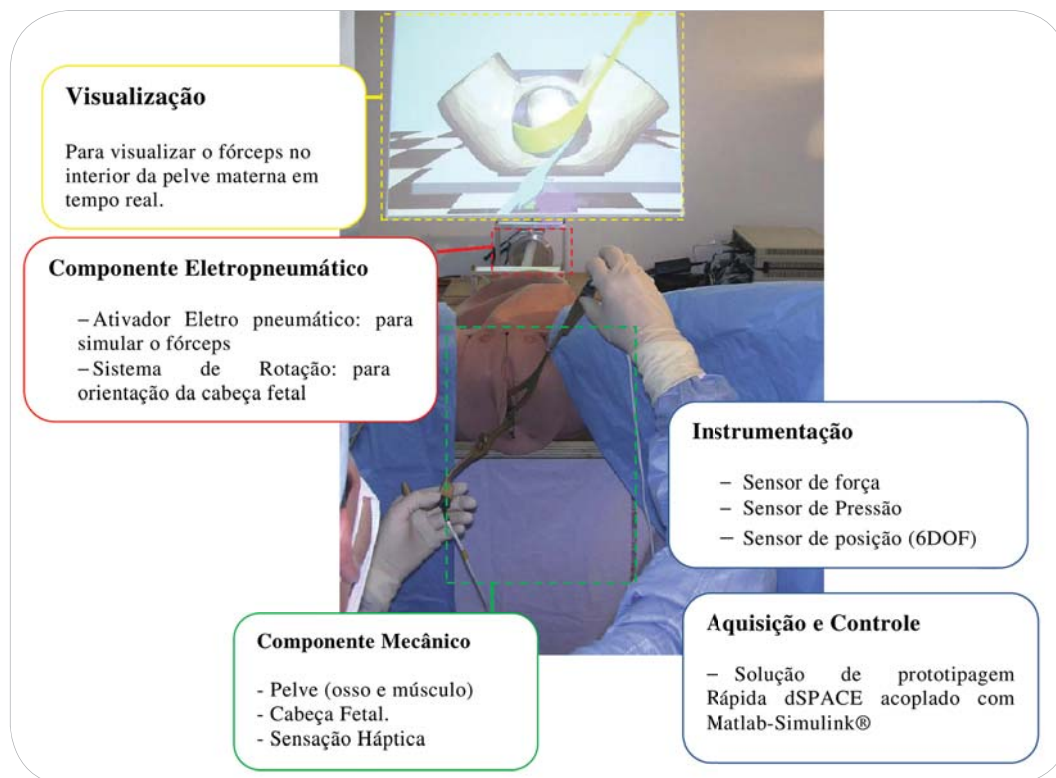


Fig. 7 - Simulador BirthSIM com seus três componentes: mecânico, eletropneumático e visualizador.^[23]

A visualização ocorre em tempo real e fornece a posição dos instrumentos obstétricos e cabeça fetal em relação em várias perspectivas da pelve da parturiente. Entretanto, trata-se de um sistema de Realidade Virtual e não Realidade Aumentada, para aquisição desta competência psicomotora.^[23] O relato, deste trabalho foi lembrado não pela modalidade de recurso tecnológico, mas no sentido de apresentar o estado da arte em simuladores que trabalham com visualização.

Capítulo 2

2. SIMULAÇÃO

São objetos deste capítulo, o contexto histórico em que surge o conceito de simulação como processo de representação de um fato real, com fins de minimizar riscos e custos, sua evolução e introdução na área da saúde, taxonomias adotadas para definir os atributos de simuladores, o estado da arte na esfera internacional e no Brasil, com recorte final específico para a área de obstetria.

2.1. VOANDO BAIXO: UM OLHAR SOB O SURGIMENTO DA SIMULAÇÃO

O primeiro vôo tripulado de caráter público em um aparelho mais pesado do que ar, ocorreu em 23 de outubro de 1906, no Campo de Bagatelle, em Paris(França), com o avião de nome 14-Bis realizado pelo brasileiro Alberto Santos Dumont.

Até 1917 o modelo de aprendizagem em voga para vôo era do tipo de relação piloto-estudante, ou seja, os futuros pilotos aprendiam a pilotar sempre através de outro piloto. Um ano depois, nascia Edwin Albert Link (1904-1981), o inventor do primeiro simulador de vôo. Em 1920, Link teve sua primeira lição de vôo e oito anos depois, em 1928, ele adquiriu seu primeiro avião, um Cessna AA.

Aprender a pilotar, naquele período além de ser muito dispendioso, não oferecia segurança para o instrutor e nem para o aprendiz. Esta foi a preocupação central que norteou a concepção do primeiro simulador de vôo conhecido como “*Blue Box*”, também chamado de “*Link Trainer*” (Fig. 8 e Fig. 9), em menção ao seu criador Edwin A.

Link. Neste modelo, a intenção era de favorecer a familiarização com os instrumentos de vôo, o *feedback* mecânico se reduzia a rudimentares movimentos de controle do manete, e da primeira aproximação na tentativa de integrar estímulo visual: o ciclorama.^[24]

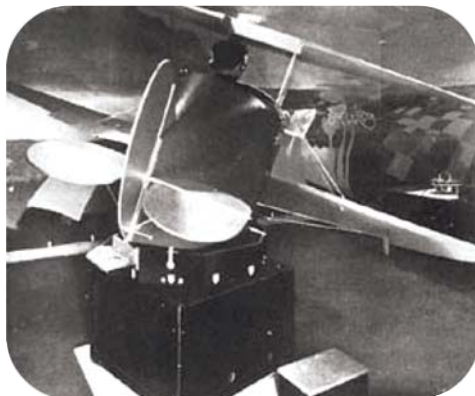


Fig.8 - Link Trainer com ciclorama.



Fig. 9 - Link Trainer. Sistema de Filmes e controles interativos.

Possuía controles interativos e usava filmes para criar condições de vôo virtual para os pilotos em treinamento. O equipamento permitiu a redução do custo das lições de vôo, uma vez que promovia a aquisição de habilidades de vôo em solo.^[25]

Apesar de a patente ter sido requerida em 12 março de 1930, foi concedida somente em 29 de setembro de 1931. Foram muito poucos os clientes de Link até 1934, quando a *U.S. Army Air Corps* (Forças Armadas Norte-Americana), assume o correio aéreo face às fraudes que foram detectadas junto às empresas privadas responsáveis até então, por este serviço.^[26]

Houve consideráveis perdas de aeronaves em função de problemas causados por má visibilidade determinada pela dificuldade dos pilotos em voarem por instrumentos em situação de mau tempo ou vôos noturnos. As perdas foram essencialmente de duas ordens: vidas humanas e aviões de alto custo financeiro. Assim, os militares adquiriram inicialmente 06 (seis) simuladores, a fim de incrementar o treinamento militar de seus pilotos, em especial em aspectos de astronavegação.^[25, 26, 27, 28]

Em 1939, Link desenvolveu um sistema que favorecia o treinamento de habilidades de navegação aérea noturna, quesito fundamental para pilotos de aeronaves que realizavam a travessia do oceano atlântico. Este sistema ficou conhecido como “*Link Celestial Navigation System*” (Fig. 10 e 11). O equipamento simulava aspectos referentes à navegação por astros e é, portanto, o primeiro simulador com *feedback* visual ou como é usualmente denominada, astronavegação.



Fig. 10 - Navegador no *cockpit*.^[24]

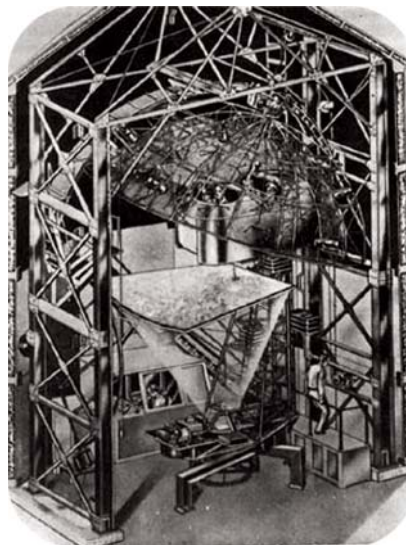


Fig. 11 - Sistema de Navegação Link Celestial.^[24]

A 2ª Guerra Mundial (1940-1945) favoreceu um largo uso do “*The Link Trainer*”, quando mais de 10.000 simuladores foram responsáveis pelo treinamento de aproximadamente 500.000 pilotos.^[27]

Em 1955, a aviação civil adota a tecnologia de simulação e a *Federal Aviation Administration* – Administração de Aviação Federal, passa requerer como requisito para que os pilotos comerciais mantenham suas licenças, a certificação com base em provas de simuladores. O surgimento dos computadores análogos, na mesma década, incrementa a complexidade de realismo dos simuladores de vôo. Na década seguinte, sob a gestão de Edwin Link e utilizando computadores análogos e digitais, os simuladores *Gemini* (Fig. 12) são desenvolvidos em colaboração com a NASA - *National Aeronautics and Space Administration*.

O avanço tecnológico, substituindo a computação analógica por sistemas digitais contribuiu para a modelagem dos vôos, e desta forma surgem em 1966 os simuladores Apolo (Fig. 13), produtos da era digital.

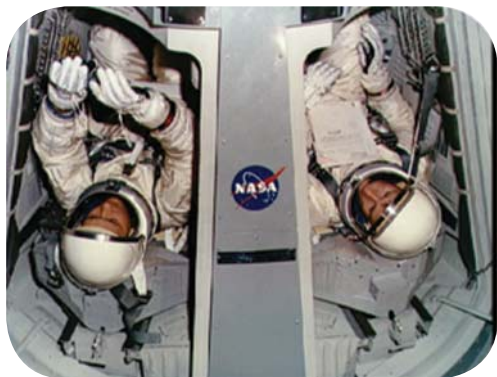


Fig. 12 - Astronauta Edward H. White II, piloto da espaçonave Gemini-Titan 4 em testes no Gemini Crew Simulator em Cape Kennedy.^[29]



Fig. 13 - Vista do Simulador do Módulo Lunar da Missão Apolo.^[29]

A *Link Aviation*, subsidiária da *Singer Corporation*, expande seu foco de ação e em 1970 investe fortemente na concepção de simuladores e imagem computacional. A este período corresponde um substancial progresso e melhoria de dispositivos visuais e sistema hidráulico dos simuladores, surgindo a primeira simulação integral de vôo (*Full Flight Simulation*).^[25, 26]

A diferença básica entre os dispositivos de treinamento (*FTD - Flight Training Device*) e o simulador integral de vôo (*Full-Flight Simulator*) é que os primeiros são equipamentos que ensinam uma variedade de habilidades, algumas das quais se referem ao treinamento de procedimentos junto aos sistemas, e freqüentemente a máquina ficava totalmente estacionária e somente os instrumentos respondiam. Era possível também haver algum recurso visual integrado e sincronizado com os controles de entrada. As simulações integrais de vôo (*FFSs*) duplicam o *cockpit*, proporcionam imagens visuais, movimentação hidráulica do *cockpit* e se movimentam em seis eixos. A combinação do movimento do *cockpit* com o movimento das imagens reproduz um ambiente realístico de vôo simulado.^[26]

A importância dos simuladores foi compartilhada mundialmente através do resgate da missão Apolo 13. Em terra, a NASA reproduziu de tal forma através de seu simulador as condições exatas do módulo, que foi possível a recuperação em segurança da tripulação da Apolo 13. Do mesmo modo, a simulação foi primordial nos reparos do *Skylab 2*.^[28]

Os fatores humanos, usualmente estão envolvidos em questões relacionadas a segurança de vôo, e em 1979 a NASA desenvolveu um *workshop* que tratou sobre as questões relacionadas a gestão, validação e limitações do treinamento de tripulantes para aviação comercial.^[28]

Na década de 80 a *Singer / Link Aviation*, desenhou e produziu um imenso conjunto de simuladores de vôo militares e seu primeiro simulador para submarinos. A *National Transportation and Safety Board* (Transporte Nacional e Segurança de Bordo) adotou o “*Zero Flight Time Rules*” que autorizava o uso de simuladores de alta fidelidade para o treinamento e avaliação de pessoal de vôo. A *United Airlines* saiu na frente e é a primeira empresa de aviação comercial a integrar o programa de treinamento de tripulação de bordo.

Em 1990, pesquisadores da NASA iniciaram o desenvolvimento de recursos de Realidade Virtual enfocando a gestão de recursos de *cockpit* que incluiu outros membros da tripulação e não somente os integrantes da cabine de comando. As simulações passaram então a ser integradas como exercício de treinamento técnico, ao invés de serem oferecidas explicitamente como treinamentos separados.^[28]

A migração do conceito de simuladores para a saúde acontece inicialmente pelas mãos dos militares, que tiveram o maior empenho na transferência da tecnologia de modelagem e simulação. Aproximadamente no meado dos anos 90, a indústria de jogos mergulha profundamente no campo de gráficos de alta resolução e consolida-se no campo da simulação, fornecendo dentre tantos outros, um avançado sistema de simulação de treinamento em helicópteros. As três forças armadas estabeleceram posteriormente

próximo a Orlando, Flórida, um programa de treinamento baseado em simulações.

Apesar do elevado custo de empreendimento, o resultado em termos de benefício provou que as simulações naquele campo possibilitavam a implementação de padrões de segurança, impossíveis há 60 anos e promoveu qualidades de intervenções e ações militares com um grau de segurança elevado.

Edwin Link, falecido em 1981 foi um visionário que contribuiu profundamente com suas invenções no campo da aviação, navegação e engenharia oceânica. Em 1980, ao receber o prêmio Lindberg havia a seguinte citação:

“um verdadeiro homem do Renascimento: engenheiro, inventor, explorador, filantropista, homem de negócios, piloto, arqueólogo, oceanógrafo, conservador”^[26]

A aviação moderna incorporou definitivamente o conceito de simulação, para certificação de pilotos comerciais utilizando simuladores de alta fidelidade. De forma similar os programas espaciais adotaram extensiva programação de treinamentos simulados, como estratégia simultânea de minimizar custos e riscos para os tripulantes e investimentos financeiros para os governos.

Em 1979, ocorre o acidente no reator nuclear em *Three Mile Island Unit 2 (TMI-2)*, próximo a *Middletown, Penn/USA* e em 1986, o pior acidente nuclear na história ocorreu em Chernobyl, Ucrânia. Tais eventos são responsáveis pela aderência da indústria nuclear aos programas de simulação e treinamento.^[30]

Todos estes segmentos possuem, consideradas as suas especificidades, o fato de que genericamente, seu raio de ação pode implicar em risco para os seres humanos, individual ou coletivamente. Situações como estas, que incorrem pela sua natureza em risco substancial para a vida humana, podem ser minimizadas e até evitadas, com estratégias de treinamento através de simuladores, avaliações de desempenho com o objetivo de identificar erros mais comuns, e por fim, favorecer a aquisição de competências e habilidades responsáveis por ações seguras e livres de risco.

2.2. SIMULAÇÃO E SIMULADORES NA SAÚDE

Os primeiros simuladores em medicina de que se tem notícia, eram simples modelos de pulmões e fígado de ovelha, utilizados pelos sacerdotes da Mesopotâmia para instruir seus discípulos e na predição do curso de futuros eventos. Com o tempo, estes modelos básicos evoluíram e foram utilizados como instrumental de diagnóstico para demonstrar recursos clínicos em certas doenças.^[31]

Na era pós-cristã, aproximadamente em 200 a.C., Galeno que foi médico dos gladiadores na Grécia antiga e posteriormente médico do filho do imperador Marco Aurélio, baseou-se na medicina hipocrática para criar um sistema de patologias e terapêutica, cujo arcabouço interno demonstrava extrema complexidade e coerência, enquanto modelo, em especial pelas limitações de recursos existentes àquela época. Estudiosos como Leonardo Da Vinci, Andreas Vesalius e outros aprimoraram seus estudos sobre a modelagem dos sistemas que compõem o corpo humano, dentro dos limites que lhes permitiam os métodos da época.

O desenvolvimento e incorporação de simulações, no campo da prática do ensino e da atenção em saúde têm crescido rapidamente nas últimas décadas. Este movimento foi, em parte, impulsionado pelo potencial valor agregado desta modalidade no âmbito do setor saúde, na medida em que favorece a aquisição de habilidades e competências, minimiza a possibilidade de erro em condutas e procedimentos na saúde, permite ao estudante e/ou profissional repetir as ações simuladas de acordo com sua necessidade e por fim, indiretamente pode salvar vidas e otimizar o custo-eficácia e custo-efetividade das ações desenvolvidas por estes profissionais.

A contribuição das simulações advém inicialmente da aderência a protocolos clínicos, da redução de tempo para aquisição de competências, melhoria do desempenho a nível individual, de equipe e incremento da retenção de habilidades técnicas, quando comparado a métodos didáticos instrutivos.^[32]

A era moderna da simulação em saúde, é identificada através de três momentos da história, que podem ser considerados marcos como estímulo ao desenvolvimento da simulação clínica.^[33]

O primeiro, diz respeito ao trabalho de Asmund Laerdal, norueguês e fabricante brinquedos, que desenvolveu em 1960 o simulador denominado “*Resusci-Anne*” (Fig. 14), que revolucionou o treinamento em manobras de ressuscitação cardiopulmonar e foi amplamente difundido em países desenvolvidos. Desde então, as simulações por manequim tem evoluído gradualmente, com incremento do nível de sofisticação dos manequins e modelos, utilizados em treinamento para aquisição de habilidades básicas em suporte de vida e ressuscitação.^[33]



Fig. 14 - Asmund S. Laerdal maneja Resusci-Anne.

O segundo momento é associado com a simulação moderna, e diz respeito ao desenvolvimento e sofisticação dos simuladores dedicados a reprodução de aspectos do sistema orgânico e funcional humano.^[33]

Um dos primeiros destes modelos foi o *Sim One* (Fig. 15), desenvolvido por *Stephen Abrahamson* e *Judson Denson* m 1967, respectivamente um engenheiro e um médico. Dentre os recursos disponíveis, havia: respiração, batimento cardíaco, pulso temporal e carotídeo (ambos sincronizados), pressão sanguínea, movimento de abertura e fechamento da cavidade oral, contração da pupila e resposta a administração intravenosa de 04 (quatro) medicamentos e dois gases (oxigênio e óxido nítrico) administrados por

meio de máscara. As respostas fisiológicas do que estava ocorrendo com o manequim eram geradas em tempo real e, automaticamente como uma parte do programa de computação. Seu alto custo tecnológico de produção para aquele tempo, não permitia a produção de mais que um exemplar.^[34]

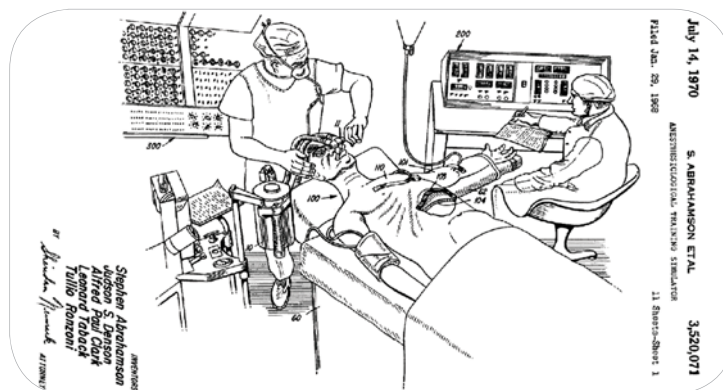


Fig. 15 - Desenho esquemático do Sim One. Cortesia Elsevier Ltda.^[34]

Posteriormente, na década de 80 a *Stanford University* e outra universidade da Flórida, retomaram as pesquisas e produção de simuladores de alta fidelidade. O grupo liderado por *David Gaba*, desenvolveu em junho de 1986 um ambiente de simulação compreensiva para anestesia (CASE - *Comprehensive Anaesthesia Simulation Environment*) e mais tarde, liderados por *Michael Good* e *Joachim Stefan Gravenstein*, desenvolveram o *Gainesville Anaesthesia Simulator* (GAS). O CASE foi, mais tarde, comercializado pela Medsim© e o GAS pela Medical Education Technologies©, Inc.^[32]

A equipe da *Stanford University* desenvolveu significativo enfoque e atenção no campo de ambientes simulados realísticos e incorporou o modelo de Gerenciamento de Recursos da Tripulação (*Crew Resource Management*), oriundo da aviação comercial para o currículo de anestesistas (ACRM - *Anaesthesia Crisis Resource Management*).

Esta iniciativa liderou um impacto positivo sobre o desenvolvimento de treinamento clínico baseado em equipe. Estes simuladores e outras iniciativas européias, formaram a base da moderna simulação de alta fidelidade. A liderança neste segmento pertenceu à comunidade de anestesia, onde o desenvolvimento de manequins foi central

para a compreensão da aprendizagem e treinamento baseados em simulação até os dias de hoje.^[34]

O terceiro momento foi a reforma na educação médica no contexto anglo-saxão, iniciada na última parte do século e que se mantém até os dias de hoje.^[23]

Em 1980, se observa um movimento dos centros e organizações de pesquisa que focaram na identificação de métodos para replicar o funcionamento do corpo humano em manequins de suporte de vida avançada. Nesta iniciativa destaca-se o trabalho pioneiro da Universidade de Miami, que recriou funções corporais humanas no manequim denominado “*Harvey*” (Fig. 16 e Fig. 17).^[35]



Fig. 16 - Controles do cenário de simulação *International Academy of Clinical Simulation*. Foto de Richard Patterson.^[35]



Fig. 17 - Sessão de treinamento em Harvey conduzida por Jay Ober, a esquerda, com as enfermeiras Caryn Blair e Susana Barroso.^[35]

Desenvolvido para fornecer suporte ao ensino ministrado por médicos e enfermeiras, este manequim, pesando cerca de 42kg, possibilita o desenvolvimento de competências para o diagnóstico e terapêutica em cardiologia clínica, equipado com componentes sofisticados que lhe permite simular realisticamente 30 (trinta) condições cardiovasculares, das quais duas são normais, e 28 (vinte e oito) representam desvios da normalidade. Pelo aspecto inovador, é considerado o primeiro passo no desenvolvimento de simuladores que replicam as condições de funcionamento do corpo humano com acurácia.^[35]

Posteriormente na Europa, surgem os primeiros estudos que buscam simular a reação do corpo humano à condições de trauma, em especial as intervenções emergenciais

como ventilação e padrões de controle ventilatório, o gerenciamento das necessidades do paciente durante uma parada cardiorrespiratória e outra variedade de dispositivos para intervenções em emergência, como por exemplo, o treinamento de manobras de ressuscitação cardiopulmonar em manequins.

Da década de 90 para os tempos atuais houve um significativo incremento das modalidades de simulação, tipologia de simuladores em instâncias onde seu aproveitamento tem sido francamente identificado, desde sua origem no setor da aviação até as mais avançadas aplicações em cirurgias, treinamentos, ensino e pesquisa. A possibilidade de criar ambientes seguros, onde o profissional de saúde possa desenvolver suas habilidades, testá-las, avaliar seu desempenho e por fim contribuir também em processos de ensino, aprendizagem de forma institucionalizada, marcou o fim do século XX e início do século XXI.

A preocupação com a segurança do paciente, frente à possibilidade de erro de profissionais de saúde surgiu como uma preocupação constante e em 1993, um estudo publica alguns indicadores qualitativos das situações de erro no âmbito do sistema de saúde da cidade de New York (Tabela 1), agrupados em quatro categorias: diagnóstico, tratamento, prevenção e outros.

Tabela 1 – Tipos de Erro^[36]

Diagnóstico
– Erro ou diagnóstico tardio.
– Utilização de exames e/ou terapia ultrapassada.
– Fracasso na ação de monitoração de resultados ou de exames.
Tratamento
– Erro na performance de cirurgia, procedimento ou exame.
– Erro na administração do tratamento.
– Erro na dose ou metodologia de uso de droga.
– Demora evitável no início de um tratamento ou em resposta a um resultado de exame anormal
– Cuidado inapropriado (não indicado).
Preventivo
– Falha ao prover tratamento profilático.
– Monitoramento inadequado ou ausência de seguimento do tratamento.
Outros
– Falha de equipamento.
– Outras falhas do sistema.

Em fins da década de 90, como resultado da inquietação com a incorporação de habilidades técnicas para a realização de exames ultrassonográficos aliado ao surgimento da técnica de simulação em tempo real, foi desenvolvido o UltraSim®, com o objetivo de ensinar técnicas de ultrassonografia e interpretação de imagens.

Em setembro de 1999, o comitê sobre a qualidade do cuidado em saúde do IOM - *Institute of Medicine of National Academies (Washington DC / USA)* concluiu um estudo, cuja importância e repercussão internacional demonstraram a necessidade de rever a qualidade da atenção de saúde prestada, que constatou o seguinte: “*A saúde nos Estados Unidos não é segura como deveria ser*”.^[37, 38]

Como resultados de erros médicos, morriam a cada ano nos Estados Unidos da América do Norte entre 44.000 e 98.000 pessoas, evento que poderia ser evitado, de acordo com estimativas do IOM em 1999.

Define como erro médico “*o fracasso de uma ação planejada como era a intenção ou o uso de um planejamento errado para alcançar um objetivo*”^[29] e que pode estar relacionado à prática profissional, a produtos para o cuidado em saúde, procedimentos, e sistemas incluindo prescrição, ordens verbais, identificação de um produto, empacotamento, nomenclatura, composição, dispensação, distribuição, administração, educação, monitoramento e uso.^[37]

O relatório que se originou daí, consolidado em um livro de mais de 300 páginas apresenta, com enfoque no erro médico, a gama de fatores intervenientes da origem às consequências, e finaliza com um conjunto de recomendações.

A obra “*Errar é Humano: Construindo um Sistema de Saúde Seguro*” (*To Err Is Human: Building a Safer Health System*) problematiza a complexidade das variáveis envolvidas no erro médico apontando causas e procedendo a recomendação de estratégias, cuja adoção procura favorecer a segurança do paciente. Seu tom estimulou o pensamento crítico a partir daí, aproximando as instituições formadoras e o sistema de

saúde em si, e estimulando o desenvolvimento e uso da simulação para treinamento de novatos, resolução de problemas e gerenciamento de risco. As técnicas de gerenciamento de risco, associadas a técnicas de simulação podem, baseado naquele relatório, melhorar o panorama da segurança para o paciente.^[38]

O período que se seguiu a esta publicação corresponde à fase de maior avanço no desenvolvimento de simulações voltadas para o setor da saúde. (Fig. 18)

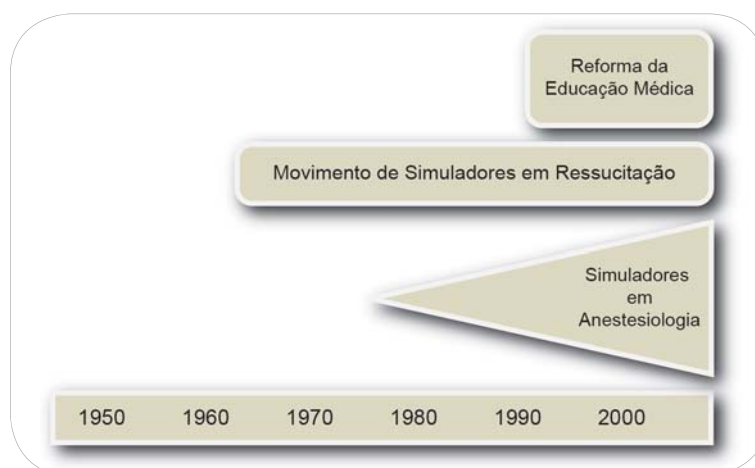


Fig. 18 - Crescimento do desenvolvimento de simuladores.^[33]

“Simular”, como ação passível de ocorrer as expensas da tecnologia, tornou-se um método de imenso valor agregado: qualificar com maior efetividade e eficácia estudantes e profissionais para assegurar a segurança do paciente e diminuir gastos com ações judiciais decorrentes da má prática.

Os resultados positivos justificam a concessão de licença para o exercício da medicina e da enfermagem, por exemplo nos Estados Unidos da América do Norte, onde são incluídos testes computadorizados elaborados com alicerce teórico na aprendizagem baseada em problemas, e que objetivam a avaliação de competências do graduado para fins de concessão da licença para exercício profissional em seu território. O próximo passo deverá ir além do uso de simulação computadorizada baseada em casos, com franca possibilidade da incorporação de uma unidade de simulação nos currículos, propriamente dita.^[39]

A inclusão de simuladores de maior complexidade (manequins computadorizados e similares) para efeitos de concessão de licença profissional, ainda se encontra limitada por questões relevantes como o alto custo, a ausência de padrões pré-determinados para avaliar com segurança e validade através destes modelos, entretanto seguramente são possibilidades que têm sido consideradas para estarem incluídas em algum momento.^[39]

Mimetizar algum evento real, procedimentos técnicos ou atitudinais, tem sido uma das grandes contribuições do processo de simular algo, na medida em que permite uma avaliação *in situ* do domínio prático e teórico de um profissional em saúde, contorna o risco direto de provocar qualquer dano ao paciente.

As simulações têm como vantagens desenvolver a capacidade de julgamento do aluno, e lhes possibilita cometer erros sem repercussões para os seres vivos. O processo de aprendizagem interativa através da avaliação, tomada de decisão e correção do erro cria uma forte ferramenta de aprendizagem, com o benefício de favorecer a construção de uma visão crítica e proporcionar um *feedback* imediato.

SIMULAÇÃO pode ser compreendida como a ação processual de representar com realismo e dinamicidade um evento ou conjunto de eventos através de um objeto físico, dispositivo, situação ou ambiente com o propósito de educar, treinar, avaliar ou pesquisar. Onde o simulador é o objeto físico, dispositivo, situação ou ambiente e a simulação envolve a aplicação de um ou mais simuladores para a educação, treinamento, avaliação ou pesquisa.^[40, 41]

Não se trata de uma tecnologia, mas de uma técnica, uma metodologia, e que ao imitar o comportamento de alguma situação real ou processo (quer seja econômico, militar, mecânico) por meio de uma situação ou aparato análogo, amplia as experiências reais através de experimentos guiados, que evocam ou replicam aspectos substanciais do mundo real com maior ou menor interatividade.^[41]

Uma seqüência descritiva que engloba um conjunto de critérios, capazes de desenhar um cenário para classificação de uma simulação em específico, foi desenvolvida considerando o objetivo, enfoque, alcance de usuários e nível de interatividade como parte de 11 (onze) dimensões que buscam contextualizar o processo pelo qual se dá a simulação.^[41]

- O propósito e o objetivo da atividade de simulação;
- O número de participantes na simulação;
- O nível de experiência dos participantes na simulação;
- O domínio do cuidado em saúde no qual a simulação é aplicada;
- O campo disciplinar ao qual pertencem as pessoas que participam da simulação;
- O tipo de conhecimento, habilidade, atitudes, ou comportamento almejado na simulação;
- A idade do paciente simulado;
- A tecnologia aplicada ou requerida para a simulação;
- O local de participação na simulação;
- O tipo de participação direta na simulação; e
- O método de crítica que acompanha o sistema.

Esta classificação oferece um macro olhar capaz de apresentar o perfil de uma dada simulação, em condições ótimas para a compreensão dos recursos e finalidades envolvidas, e que segue comentada nos parágrafos abaixo.

As simulações têm em princípio um cunho educacional formativo, mas podem ser utilizadas também, para avaliação da forma pela qual são executados alguns procedimentos em saúde, assim como as relações pessoais na equipe e com o paciente. Desta forma, podem ser incorporadas em avaliações de desempenho profissional individual ou coletivamente. É o que discute a primeira dimensão, quando trata do propósito da simulação; e a segunda dimensão, quando define a cobertura do número de pessoas a qual se destina, se ao uso colaborativo ou individual.

A expansão do campo da simulação na educação, tem perpassado o nível médio em alguns países. Entretanto, aprofundar os níveis de complexidade de acordo com o perfil de formação do aluno é absolutamente desejável e encarado como um sinergismo que contribui para seu fortalecimento, de acordo com a terceira dimensão.

As técnicas de simulação podem ser aplicadas em vários domínios da saúde, como cirurgia, obstetrícia e outras, sendo esta é uma pré-condição que referencia quais serão as necessidades em termos de concepção e desenvolvimento de qualquer simulador ou ação que tenha intenção de mimetizar. Por esta razão, integra o conjunto de classificação como a quarta dimensão.

Identificar o perfil do sujeito-alvo da simulação pode se transformar em um gradiente, haja visto que no âmbito da saúde, existem “saberes” que são transversais a todos os profissionais de forma independente da categoria e outros que representam ações exclusivas de alguns. Assim como, também podem estar inclusos profissionais de nível técnico, agentes de saúde e outros profissionais de acordo com o modelo do sistema de saúde vigente em cada país, como descreve a quinta dimensão. Se assim for, o planejamento do objeto a ser simulado deve considerar esta diversidade.

A sexta dimensão, discorre sobre como as simulações podem ser utilizadas para proporcionarem suporte aos aprendizes na aquisição de novo conhecimento ou a compreender melhor as relações conceituais e dinâmicas. O tipo do conhecimento, habilidade, atitude ou comportamento atribuído à simulação representa o quão intrincado e complexo pode ser seu design ou requisitos de desenvolvimento. Por exemplo, a ausculta cardíaca *per si* implica em um nível de complexidade, no entanto para compreender conceito de cirurgia geral, com o intuito de desenvolver habilidades e domínio de manuseio de um laparoscópio, não pode se restringir à técnicas de dissecação e sutura, mas requer uma habilidade motora ímpar associada a excelente conhecimento da anatomia e técnicas cirúrgicas.

A sétima dimensão valoriza a faixa etária na qual se dá o evento simulado, pois existe uma larga concentração da presença de simuladores de pacientes adultos, o que de certa forma repercute com mais ênfase na segurança de pacientes pediátricos. Apesar de ser possível que se simule pacientes em qualquer faixa etária, o neonato e a criança possuem uma reserva fisiológica bem menor do que a grande parte dos adultos e contrariamente os simuladores neonatais pediátricos, não favorecem a mesma interatividade do que os adultos.

Certos aspectos de tarefas complexas ou experiências podem ser recriados até mesmo em simuladores de baixa fidelidade. Simulações verbais, que se utilizam de discussões condicionais (“*e se*”) ou o uso de atores que protagonizem pacientes pode não requerer qualquer suporte tecnológico, ou podem se utilizar de estratégias de filmagens para posterior discussão em análise de vídeos. Segundo esta oitava dimensão, ainda que o aporte tecnológico possa ser o mais variado possível, não pode se apresentar como qualquer hipótese que não seja de “simular um paciente” e, portanto, deve ser um sistema interativo que se coloque em uma das seguintes vertentes:

- Utilizando um manequim como realidade física;
- Simulação baseada em monitores;
- Ou utilizar realidade virtual onde algumas partes ou o paciente na íntegra e ambiente são apresentados ao usuário em 3D com ou sem áudio, com ou sem dispositivos para percepção táctil no sentido de criar um ambiente imersivo.

Quanto esta categorização foi elaborada, já havia o emprego de Realidade Aumentada em saúde, mas não foi mencionado até aquele momento, por razões que desconhecemos.

O local aonde vai ser realizado a simulação, a nona dimensão, considera que alguns programas de computadores podem ser executados a partir da residência do usuário ou mesmo do seu trabalho e que os simuladores mais avançados requerem laboratórios dedicados. Observou-se que também não foram consideradas as simulações “*outdoor*”, totalmente viáveis em razão do aumento da conectividade deste início de século XXI.

É óbvio que alguns tipos de simulações requerem um ambiente mais controlado, a exemplo de simulações de desastre onde se queira efetuar uma filmagem das ações empreendidas pelo usuário junto ao evento, ou evitar intervenções alheias não planejadas.

A cobertura ou alcance da proposta de simulação, descrita na décima dimensão pode ser do tipo remoto, a exemplo de conferências à distância sobre mortalidade e morbidade. Alguns centros utilizam de praxe as videoconferências para conduzir simulações baseadas em exercícios, que podem ser pausadas e ter continuidade, a fim de que os participantes remotos discutam entre si e retornem ao debate.

A última das dimensões, diz respeito à incorporação ou não de dispositivos de *feedback* para o usuário, pois em algumas circunstâncias é providencial para maximizar a aprendizagem, ainda que seja mais habitual o instrutor efetuar o feedback através de dispositivos que o comunicam aos comandos do simulador.

A despeito dos indicativos para minimizar o problema, reportado desde o final da década de 90, segundo reportagem do *Washington Post*, um dos maiores jornais norte-americanos, entre 2004 e 2006, de acordo com estudo anual do *U.S. Medicare* os erros relacionados à segurança do paciente ainda resultaram em 238.337 mortes potencialmente evitáveis na atenção a saúde de pacientes e custaram U\$ 8.8 bilhões aos cofres norte-americanos.^[42]

Atualmente é possível identificar uma larga gama de simuladores, de complexidades distintas e que se utiliza de uma variedade de recursos tecnológicos e, portanto com alcance e possibilidades diversas. Independentemente do quão avançado esteja hoje o campo da simulação na saúde, sua consolidação parte, inegavelmente, do princípio de que o erro humano é passível de ocorrer nas relações entre o profissional de saúde e o paciente e que, por outro lado pode e dever ser minimizado através de ferramentas tecnológicas associadas ao processo educacional formativo ou permanente deste profissional.

2.3. CLASSIFICAÇÃO DE SIMULADORES SEGUNDO A TECNOLOGIA ENVOLVIDA

O campo de simulações em saúde tem crescido rapidamente. Os primeiros simuladores eram focados no paciente e permitiam ao aluno praticar no paciente. Outros tipos de simuladores eram focados nas doenças e suas respostas à intervenção clínica.

Na medida em que a tecnologia de computação ficou mais potente, os simuladores têm sido desenvolvidos com recursos cada vez mais complexos, interativos e similares a experiências naturais que proporcionam suporte ao processo de ensino-aprendizagem e treinamento de profissionais em saúde.

O modelo de classificação utilizado para categorizar o conjunto de simuladores em saúde, usualmente considera em primeiro o tipo de recurso(s) tecnológico(s) que se encontra envolvido em seu desenvolvimento e da cobertura que favorece em função disto, ou seja, em que procedimento ou área disciplinar específica se enquadra melhor.

Em verdade, para efeito do desenvolvimento de qualquer simulador, a lógica utilizada em sua concepção considera qual a necessidade de maior ou menor realismo para a aquisição de habilidades e competências. Seu design (inclusive o recurso tecnológico) é projetado com a intenção de que o grau de fidelidade seja proporcional ao risco para a segurança de um paciente, de acordo com o procedimento ao qual será submetido.

Um breve panorama em torno destes simuladores é suficiente para observarmos que quanto maior o risco para a segurança do paciente de um determinado procedimento ou evento clínico, proporcionalmente maior é a variedade de dispositivos que compõe a simulação deste evento.

Com maior ou menor simplicidade, tendem sempre a utilizar como elemento norteador a complexidade tecnológica envolvida, responsável por definir o escopo de alcance bem como o custo do simulador (Tabela 2).

Tabela 2 - Taxonomia para Simuladores^[40]

Uma Taxonomia para Simuladores					
Atributo	Capacidade do Simulador				
	Simulador/ Treinamento de tarefas parciais (TSM ou PTTs)	Simulador guiado por instrutor (IDSs)	Simulador dirigido por modelo (MDS)	Simulador baseado em computador (CBS)	Simulador em Realidade Virtual / com tato
Fidelidade	Baixa	Intermediário	Alta	Baixa	Intermediária a alta
Portabilidade	Alta	Média a alta	Baixa a média	Alta	Baixa a alta
Feedback para o usuário	Geralmente nenhum	Sim, algum	Sim, em grande parte	Sim, em grande parte	Sim, em grande parte
Dimensão do grupo alvo	Individual, pequenos ou grandes	Individual ou pequeno; grande - para demonstração	Individual ou pequeno; grande - para demonstração	Individual ou pequeno; grande	Individual ou pequeno
Custo aproximado (US\$)	\$ 100 a vários \$ 1.000	\$ 1.000 a \$ 50.000	\$ 20.000 a \$ 100.000	\$ 1.000 a \$ 50.000	> \$ 200.000

Alguns requisitos ou atributos de um simulador nos permitem compreender seu espectro de ação em relação à complexidade tecnológica incorporada e o conseqüente custo.

Destacam-se cinco grandes categorias em função da capacidade disponível: simulador/treinamento de tarefas parciais (*TSM - Task Specific Models* ou *PTTs - Part-Task-Trainers*), simuladores guiados por instrução (*IDSs - Instructor-Driven-Simulators*), simulador guiado por modelo (*MDS - Model-Driven-Simulator*), simulador baseado em computador (*Computer based simulators*) e simulador em Realidade Virtual com ou sem dispositivo háptico. Todas as categorias incorporam com maior ou menor capacidade um conjunto de atributos que especificam sua fidelidade, portabilidade, sensação táctil de retorno da interação junto ao simulador, número de usuários simultâneos e por fim, o custo. A relação de custo eficácia e custo efetividade podem então ser avaliados a partir destes quesitos.

Os simuladores do tipo Modelos de tarefas específicas/Treinamento de tarefas parciais (*Task Specific Models* ou *PTTs - Part-Task-Trainers*) são também conhecidos como simuladores de baixa fidelidade e são utilizados quando é necessário replicar somente parte do corpo (um sistema orgânico) ou órgão interno relacionado à prática

clínica para qual se pretende desenvolver alguma habilidade. Alguns exemplos incluem: modelos para aplicação de medicações intramusculares e/ou endovenosas, inserção de cateteres venosos (Fig. 19), treinamento de exames pélvicos (Fig. 20), dentre outros. Apesar do baixo custo e excelente portabilidade, são de baixo retorno para o aprendizado do aluno. Dos simuladores disponíveis comercialmente, mais de 70% pertencem a esta categoria.^[41, 43]



Fig. 19 - Braço para treinamento endovenoso (IV Training Arm®) Copyright © 2009 Nasco^[44]



Fig. 20 - Simulador para treinamento de cateterismo vesical masculino (Lifeform® Male Catheterization Simulator). Nasco^[44]

Os simuladores guiados por instrutor (*IDSs - Instructor-Driven-Simulators*), também conhecidos por simuladores de fidelidade intermediária, replicam uma área do corpo humano ou o corpo humano integralmente, de forma a fornecer um referencial físico. A interação com o usuário ocorre de forma limitada embora a saída (*output*) dos sinais vitais nos visores seja consistente com a anatomia do paciente. As condições clínicas apresentadas são geradas por um instrutor a fim de representar uma resposta orgânica em tempo real das mudanças na condição do paciente. Pode também ser utilizado equipamento de intervenção real (sondas, acessos endovenosos, ventiladores mecânicos), e podem ou não, utilizar equipamento de monitoração real. Possuem várias sofisticações, com alguma melhora do retorno de desempenho do usuário. Sua fidelidade é maior do que os *PTTs*, mas menor do que os *MDSs*. Alguns exemplos incluem o modelo S3101 HAL® (Fig. 21 a Fig. 23) da *Gaumard Simulators for Health Care Education*®, um manequim

full-size adulto, com funções de respiração e circulação, abre e fecha os olhos, dilata a pupila em resposta a luz, apresenta cianose peri-labial, com sons ventilatórios, cardíacos, pulmonares e intestinais, além de genitália intercambiável que pode ser controlado por Tablet PC wireless e desktop; e o *Sim Man*® da *Laerdal Medical Corporation*® (Fig. 24), também um manequim *full-size*, que permite a aquisição de habilidades e competências em técnicas avançadas de suporte de vida de forma interativa e com feedback imediato das intervenções.^[41, 43]

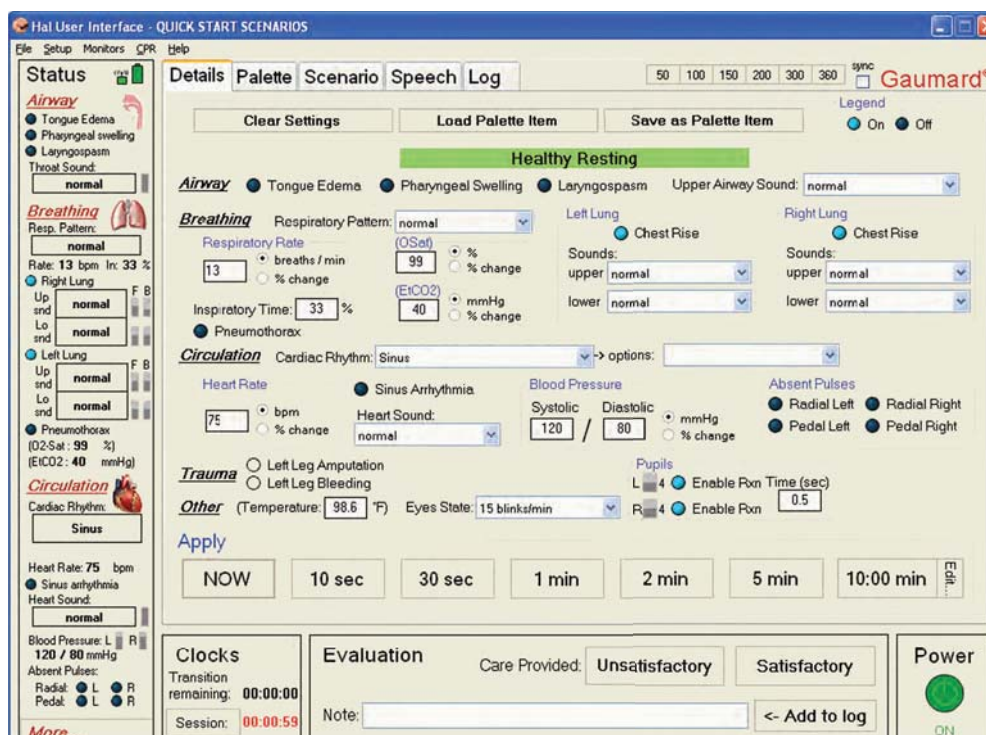


Fig. 21 - Interface de controle do S3101 HAL®^[45]



Fig. 22 - Sala de Controle - S3101 HAL®^[45]



Fig. 23 - Manobra de Ressuscitação Cardiopulmonar - S3101 HAL®^[45]

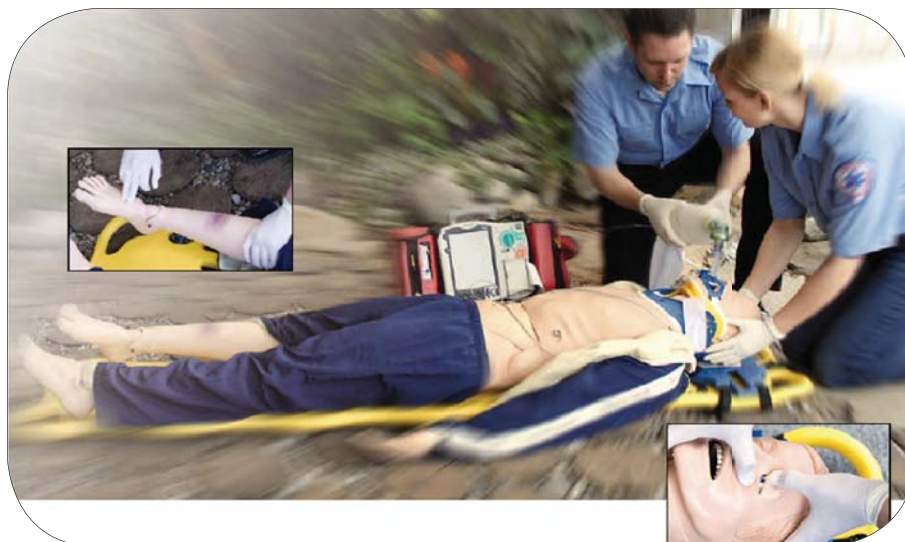


Fig. 24 - Sim Man ® Laerdal ©^[46]

Os simuladores guiados por modelo (*MDs - Model-Driven-Simulator*), também denominados simuladores de alta fidelidade, são manequins em tamanho natural, cuja semelhança física representa fielmente um paciente. Respondem às intervenções e tratamentos com reações autônomas fisiológicas e farmacológicas em tempo real, reproduzindo respostas fisiológica e farmacologicamente normais e anormais. Geralmente, integram sistemas múltiplos para reproduzir uma resposta realística do paciente e se prestam ao ensino de diferentes níveis, de acordo com a programação do simulador.^[43]

O simulador em si (manequim) é disponibilizado individualmente, contudo os monitores e outros equipamentos são vendidos separadamente o que eleva muito e de forma impactante seu custo. A tecnologia dos *MDs* tem avançado desde 1980, mas o manequim permanece com aparência relativamente grosseira, o corpo parece plástico ou borracha e os pulmões possuem um limitado alcance de movimentos. A maior parte não move a boca quando fala, no entanto a conversação é possível via microfones ou atores posicionados próximo. Destinam-se ao uso individual ou de pequenos grupos. Alguns exemplos são *METIMan*® (Fig. 25) e o *iStan*® (Fig. 26) e, ambos da METI: *Medical Education Technologies, Inc*©.



Fig. 25 - METIman® Medical Education Technologies©.^[47]



Fig. 26 - iStan® Medical Education Technologies©.^[48]

Os simuladores baseados em computador caracterizam-se por um modelo de paciente interativo (sem manequim) cujos sinais vitais e respostas à intervenções dos usuários são gerados por programação, são geralmente mais baratos do que outros tipos de simuladores e facilmente transportáveis, contudo não se prestam a treinamentos de habilidades físicas. Seu enfoque é basicamente em fatos de aprendizagem utilizando a informação aprendida para propor a tomada de decisão, e avaliando a efetividade do tratamento com base na comparação a uma base de conhecimento. Dentre os exemplos podemos citar: *Gas Man*®^[49] da *Med Man Simulations, Inc.* (MMSI) (Fig. 27), ferramenta desenvolvida para uso em PC, de cunho educacional que simula a experiência com anestesia e o *CODE Team*^[50] (Fig. 28a e 28b), software com o protocolo atual da Associação Americana do Coração referente a Suporte Avançado de Vida em Cardiologia (*American Heart Association*® *Advanced Cardiac Life Support – ACLS*) composto de três módulos para a preparação completa com objetivo de obter certificação daquela entidade.^[51]

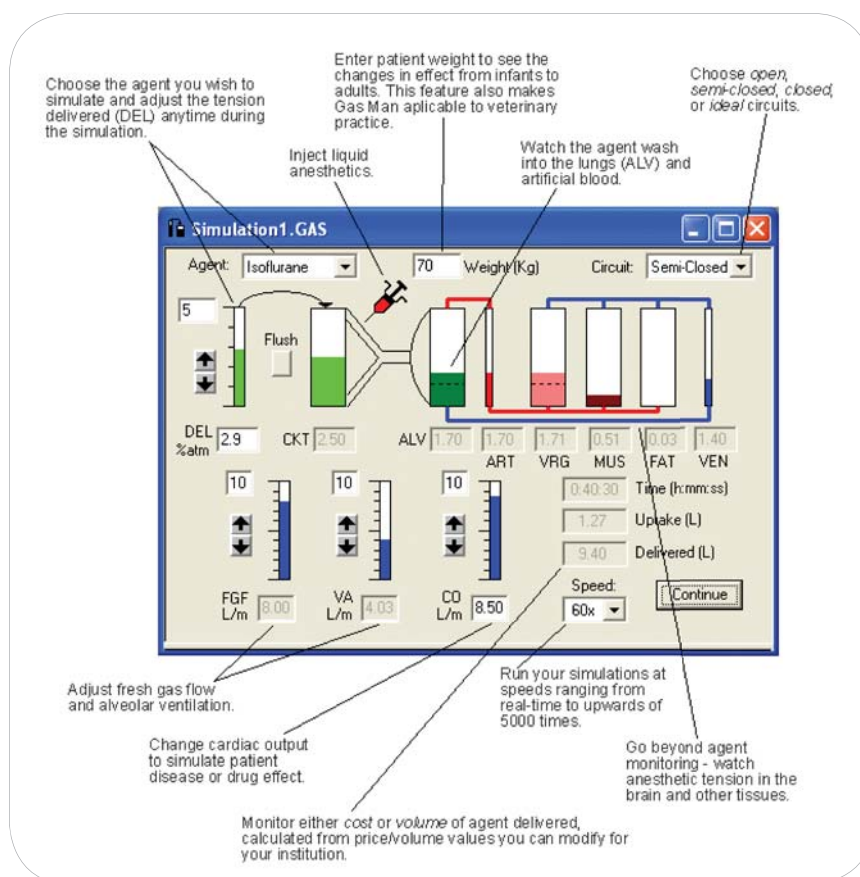


Fig. 27 - Gas Man® James H. Philip©. MMSI ©[49]

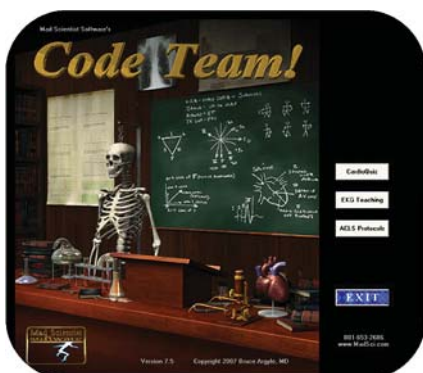


Fig. 28a - Code Team® Mad Scientist Software Inc. ©[50]

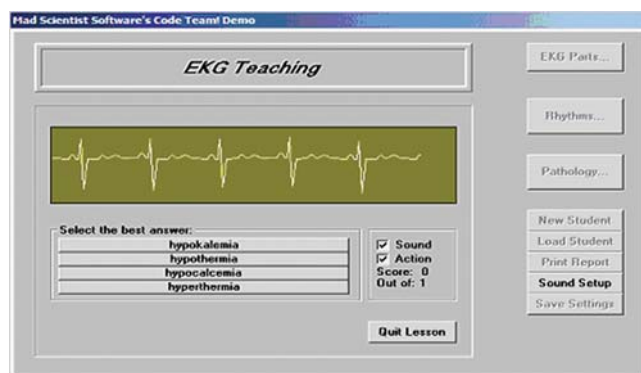


Fig 28b - Code Team® Mad Scientist Software Inc. ©[50]

Os Simuladores em Realidade Virtual são aqueles que utilizam um conjunto de técnicas através das quais podem interagir com um ambiente sintético (virtual) que é gerado por computador. A representação deste mundo virtual pode ser direcionada a visão, audição e as mãos *per si* ou simultaneamente. A utilização de dispositivos hápticos em realidade virtual, é mais comum com relação à sensação tátil, contudo quando envolve sentidos da visão e audição pode ser compreendida como uma experiência imersiva.^[51]

Ainda estão em uma fase inicial de pesquisa, no que diz respeito à obstetrícia, em sua maioria estão disponíveis para a área cirúrgica como simuladores de laparoscopia, artroscopia, cardiologia invasiva, radiologia e procedimentos neurocirúrgicos.

Em Baltimore, na *John Hopkins University (Maryland, USA)*, pesquisadores criaram um simulador realístico do parto (Fig. 29) com tecido similar à pele e anatomia em 3D da pelve compatível com as dimensões corretas. Utilizando um tipo de luva cujo design é composto por sensores de força, a pelve em 3D e um modelo de manequim fetal especialmente projetado, este dispositivo tem por objetivo primário a pesquisa sobre distócia fetal de ombro. Os sensores medem a força aplicada no manequim fetal nas Manobras de MacRoberts e Rubin, técnicas habitualmente utilizadas no desprendimento do ombro fetal.^[52]

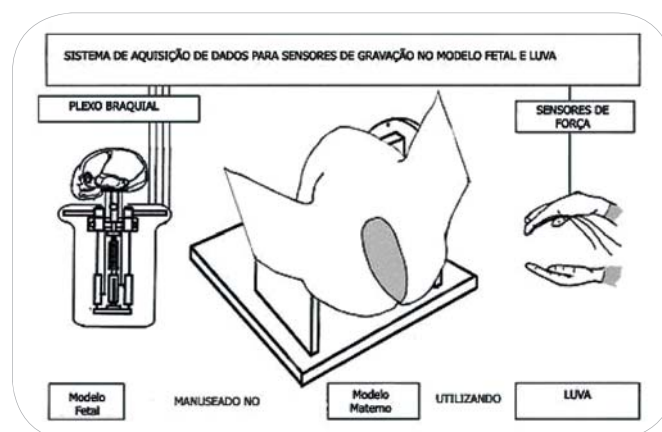


Fig. 29 - Esquema do modelo de laboratório^[52]

Por se constituir em um dos problemas mais comuns, passível de favorecer a seqüelas neonatais por dano do plexo braquial, e seqüelas maternas por traumas na pelve, este é um projeto importante na identificação de erros por execução destas manobras.

Sua colaboração reside na melhoria de destreza técnica em execuções deste tipo, contudo ainda se encontra em desenvolvimento.^[52]

Os simuladores que possuem incorporadas técnicas de Realidade Virtual utilizam modelagem computacional e programas complexos, que proporcionam ao usuário a sensação de que estão interagindo com o paciente, quando em realidade estão interagindo com objetos gerados por computadores. O simulador tem por característica a representação física no mundo real e dispositivos cuja sensibilidade informa ao computador os movimentos do usuário. Desta forma o computador realiza em tempo real a correção do modelo, de forma que a projeção corresponda à nova posição do usuário. Tais sistemas podem incluir uma variedade de recursos em imagem 3D para tornar o ambiente mais realista e intuitivo.

A sensação de toque leva o usuário a ter a ilusão de retorno sensório-motor ao entrar em contato com algum objeto virtual. Isto cria a ilusão do contato físico de tal forma, que o usuário “sente” como se tocasse no paciente ou em alguma estrutura orgânica. Este tipo de simulador possui uma vantagem sobre aqueles que não utilizam recursos computacionais: os dados gerados pela interação do usuário podem ser utilizados para criar críticas e gerar uma curva de aprendizagem individual que pode ser comparada com a do próprio usuário em uma linha de tempo ou de outros indivíduos.

A Realidade Aumentada está um pouco mais atrás em termos de incorporação em quase todos os segmentos da saúde, e por se tratar de campo onde está inserido este estudo, os conceitos e componentes de sistema que lhe dão suporte serão tratadas no próximo capítulo com maior detalhamento.

Dentre os atributos que dão o entorno às 05 (cinco) categorias, provavelmente, a mais relevante seja o potencial de fidelidade que apresenta o simulador. Os conceitos de fidelidade e realismo são próximos e, ambos refletem a exatidão ou grau em que um simulador pode representar um ambiente ou sistema orgânico com maior proximidade da forma como aquele evento se apresenta *in vivo*. Apesar de o usuário reconhecer que o evento não é real, sua reprodução segue um grau de verossimilhança que o estimula a sentir como tal.

A acurácia do simulador é a descrição do grau de fidelidade que apresenta, para o que são utilizados termos como baixa (*low*), moderada (*moderate*) ou intermediária (*intermediate*) e alta (*high*) fidelidade. O termo fidelidade descreve a acurácia da simulação. Quanto maior a fidelidade, mais realística a experiência.

Os níveis de fidelidade de qualquer tipo de simulador não podem ser compreendidos, como no caso daqueles de baixa e intermediária fidelidade, como fator que deponha contra sua qualidade ou desempenho. O que define a adequação de um modelo a uma competência a ser incorporada é o grau de complexidade para sua execução, assim habilidades de baixa complexidade não requerem robustos sistemas ou simuladores.^[53]

Em circunstâncias onde a tomada de decisão clínica pode gerar reações sistêmicas, positiva ou negativamente, e que a observação destas alterações devem ser feitas no próprio paciente e/ou monitores, provavelmente seja mais indicada adoção de simuladores de alta fidelidade.

A tabela 3, apresenta da esquerda para a direita, nas Fig 30, 31 e 32, os respectivos padrões acurácia descritos e exemplificados naquelas imagens.^[54, 55, 56]

Todas as modalidades em questão representam alto custo de investimento corporativo em projeto e desenvolvimento e estão comercialmente disponibilizadas. A pesquisa e desenvolvimento de simuladores ou recursos que possam ser empregados em simulações são fortemente estimulados em países como Suíça, Estados Unidos, Inglaterra, Austrália e Israel. Sobressaem *The Swiss Center for Medical Simulation (University Hospital, Basel, Switzerland)*, *Center for Medical Simulation, Harvard Medical School (MA, USA)*, *Veterans Affairs, Palo Alto Simulation Center of Stanford University School of Medicine (CA, USA)*, *University of Hertfordshire's Intensive Care & Emergency Simulation Center*, *The Clinical Training and Education Center of the University of Western Australia e o Israel Center for Medical Simulation of the Chaim Sheba Medical Center (Tel Aviv, Israel)*.^[40]

Tabela 3 - Padrões de acurácia.^[40]

BAIXA FIDELIDADE	MODERADA FIDELIDADE	ALTA FIDELIDADE
<p>Freqüentemente utilizados na introdução e prática de habilidades motoras, são estáticos, sem qualquer recurso tecnológico que mimetize parâmetros vitais, a exemplo de pulso ou respiração.</p> <p>Um exemplo de simulador de baixa fidelidade poderia ser um simulador para administração de medicamentos intramuscular.^[54]</p>	<p>Proporcionam mais realismo que os estáticos, de baixa-fidelidade, podem oferecer sons como da respiração, batimento cardíaco, e pulso, mas falta correspondência com os movimentos do tórax, e sincronia com as possibilidades do manequim. O VitalSimTM^[55] é um exemplo: foi projetado para ser utilizado em treinamento de médicos e enfermeiras em situação de emergência e simula sinais vitais como: pulso, respiração, pressão sanguínea, ECG, batimentos cardíacos, ruídos pulmonares, e sons vocais por microfone. Pode ser conectado a um PC para simular a o traçado do ECG, e a um manequim do mesmo fabricante, contudo não há sincronia com os sons emitidos com movimentos do manequim</p>	<p>Os simuladores de alta fidelidade produzem as experiências mais realísticas. Incluem detalhes que personalizam a simulação e permite aos usuários se identificarem com maior proximidade com situações de vida real. Apesar de serem simuladores caros, possuem um benefício primordial que justifica seu valor: reagem as intervenções dos usuários, manifestando alterações em sistemas orgânicos, que podem ser identificadas a olho nu, como o iStan®.^[56]</p>



2.4. SIMULAÇÃO EM OBSTETRÍCIA: HISTÓRIA E MODERNIDADE

O enfoque que diferencia os objetos da simulação é justamente o que lhes confere uma característica ímpar como campo da prática, desta forma entende-se que a simulação obstétrica é:

“[...] a técnica de representar ou replicar a rotina ou eventos clínicos críticos envolvendo a mulher que está grávida ou deu a luz recentemente e seu feto ou recém-nascido para task-oriented, treinamento técnico ou comportamental para aquisição de competências, prática, avaliação ou pesquisa. O padrão desejado da simulação obstétrica é o de melhorar a qualidade e segurança do cuidado com mulheres e recém-nascidos.”^[40]

Em 2007, o Comitê sobre Simulação da Sociedade de Simulação em Saúde (*Simulation Committe of Society for Simulation in Healthcare - SSH*) entidade norte-americana definiu que simulação é “a técnica que usa uma situação ou ambiente criado para permitir que às pessoas uma experiência de representação de um evento real com o propósito de prática, aprendizagem, avaliação, teste, ou para favorecer a compreensão dos sistemas ou ações humanos”.^[57]

Apesar da história da simulação em obstetrícia haver se iniciado em torno do século XVIII, é no final dos anos 80 que a produção científica desta área demonstra um incremento, com maior ênfase no fim da década de 90.

Da Inglaterra à França do século XVIII as tentativas de utilizar representações do parto no ensino passaram por Richard Manningham que utilizava uma máquina de vidro para simular as manobras do parto e ensinar parteiras inglesas à Madame Du Coudray, parteira contratada pelo Rei Luis XV para viajar por todo território francês treinando mulheres na arte de partejar. Para isto ela criou um manequim anatomicamente em tamanho natural, forrado em linho e couro cor da pele e preenchido com algodão (Fig. 33 e Fig. 34). O manequim em posição ginecológica é apoiado por uma armação de ferro e a seção superior abre de tal forma que permite que o feto possa ser posicionado no útero materno. Uma radiografia revelou uma verdadeira estrutura óssea - a pélvis de uma jovem mulher - escondida sob o tecido. Em alguns locais, observa-se fixação das articulações da pelve com arame.^[40, 58]



Fig. 33 - A Máquina de Madame Du Codray. Musée Flaubert Et D'Histoire De La Médecine, Rouen, France.^[59] – Uso autorizado.

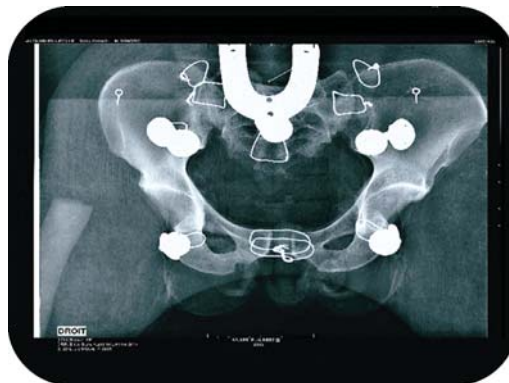


Fig. 34 - Radiografia do manequim. Musée Flaubert Et D'histoire de la Médecine.^[59] – Uso Autorizado

A França encontrava-se conturbada pela guerra e elevada mortalidade infantil. Madame Du Coudray atravessou o país levando consigo seu livro *Abrégé de l'art dès accouchements*² (1759) e seu único manequim. Ensinou mais de 10.000 estudantes ao longo de 30 anos de dedicação e trabalho.^[40, 58]

Ela faleceu de causa desconhecida em 1794, tendo produzido até então centenas de manequins como o que utilizou, que podem ser conhecidos no *Musée Flaubert Et D'Histoire De La Medicine*, em Rouen, na França.

Já no século XX, após intensas transformações na história social da mulher ocidental, os modelos de atenção à saúde feminina são profundamente questionados em vários países no sentido de que ela não deve ser vista como um “útero grávido”, mas como um indivíduo por inteiro. Surgem então intensos debates que culminam com necessidade de reorientação e adequação dos serviços de saúde às reais necessidades da mulher.

Genericamente, no mundo e no Brasil migrou-se de um modelo de atenção materno-infantil, centrado na criança e, portanto com a mulher em segundo plano, para outro momento em que a mulher ganha o status de sujeito da sua saúde. Surge a noção do “olhar integral” para a saúde da mulher e não apenas para o sistema reprodutivo.

² “A arte da Obstetrícia”

A luz destas transformações, instituições de ensino superior no contexto nacional e internacional revisitaram seus modelos de formação profissional em saúde em grande parte dos países, acrescentando abordagens como a interdisciplinaridade, questões relacionados a outros sistemas orgânicos que não só o reprodutivo. No Brasil, ao ideário de “olhar o todo” no campo da saúde, deu os contornos paradigmáticos à saúde integral da mulher.

A reforma da educação médica nos Estados Unidos da América do Norte, já se encontrava em curso. Questões sobre como pensar um modelo de formação onde o gerenciamento do cuidado, respeito à prática baseada em evidências, habilidade de compreender e lidar com ferramentas da era da informação de tal forma que estejam conjugadas, tornaram-se foco de preocupação entre os docentes e suas universidades.^[60]

No Brasil, apesar de referências durante a 11ª Conferência Nacional de Saúde, em dezembro de 2000, de que a formação de profissionais de saúde não estava orientada para o atendimento da população usuária do Sistema Único de Saúde (SUS) e dos fortes indicativos da formação deficitária destes profissionais, do ponto de vista técnico e ético, os cursos da área da saúde permanecem com dificuldade em atender a necessária transformação. Persiste o descompasso entre o mundo do trabalho e o da formação.

Análises contemporâneas afirmam que os cursos da área da saúde ainda conservam uma prática de fragmentação das disciplinas, ainda que a legislação e as políticas públicas estejam orientadas no sentido de acompanhar os movimentos sociais.^[61]

Paralelamente, nos Estados Unidos, esta nova ordem social que se dissemina as expensas da história da mulher, fornece uma ferramenta tenaz e estimula os ímpetos para a transformação dos currículos, que além de reformular sua lógica interdisciplinar, incorpora a aprendizagem baseada em simulações e avaliação por competências.

Emerge no cenário das instituições norte-americanas de ensino em saúde, entre a década de 80 e 90 a necessidade de identificação de métodos que possibilitassem

uma expansão do ensino da saúde da mulher que fosse capaz de promover nos alunos uma cultura de eficácia, incorporando uma aproximação compreensiva de mensuração de competências.

A aprendizagem baseada em casos surge com grande ênfase para dar esta resposta. Traz consigo a idéia de desenvolvimento da competência para diagnosticar e traçar estratégias de intervenção em função desta necessidade. A concepção de “casos clínicos”, em sua macro-abordagem buscou incorporar questões do referencial biológico e, portanto sexual, com questões de ordem social como o gênero, formulando assim cenários de alta complexidade no ensino que tentava revelar a estrutura do conhecimento.

A possibilidade de utilizar simulações, implica identificar a pertinência de uma determinada tecnologia ou modelo em função da competência a ser adquirida. Desta forma, pode ser utilizado um conjunto de recursos, individualmente ou em par, quando necessário: programas de computadores, modelos ou manequins, visão computacional, cavernas digitais e outros. Como escolher qual o melhor método a ser utilizado?

O tipo de simulação a ser utilizada é sempre definido pelos padrões educacionais e objetivos adotados no currículo, esta premissa é determinante para escolher que combinação é necessária para estabelecer o evento que se pretende simular, desde atores, dispositivos, manequins ou ambientes.

Para a maioria dos estudantes, de medicina ou em enfermagem, a primeira experiência vivenciada da atenção ao parto e ao nascimento ocorre habitualmente na sala de parto, cercados de ansiedade e expectativas, tal como a parturiente. Este panorama é altamente propenso a oportunizar algum tipo de erro que pode prejudicar a parturiente e ter um impacto muito negativo da formação do aluno. Por outro lado, o professor que supervisiona o aluno, é responsável pelo bem estar materno, fetal e por conduzir o ensino do aluno de forma que o ambiente e tudo que lá ocorra resulte em ambiente calmo, acolhedor, humanizado e seguro para ambos. Esta dupla responsabilidade é muito sensível ao erro em uma sala de parto, dada a complexidade de ações que lá se passam e

ao fato de que, de praxe é onde o aluno está adquirindo seu primeiro contato com o evento do parto.

Existem relatos positivos sobre a contribuição de simuladores para o contexto obstétrico. Os alunos demonstram um aumento da autoconfiança e satisfação com a aprendizagem através de experiências com maior realismo.^[20] Todos, fatores que argumentam em favor da importância de simuladores do trabalho de parto, mesmo não oportunizando uma reprodução de alta fidelidade do parto em si.

O aumento da autoconfiança estimulada através de simuladores favorece o momento da experiência real, quando o aluno em sala de parto passa a apresentar posturas e condutas mais sólidas no manuseio da parturiente.

Durante o trabalho de parto, umas das avaliações mais difíceis, dada a subjetividade pessoal e capacidade de percepção da modificação de sua estrutura, é a evolução da dilatação e apagamento³ do colo uterino (Fig. 35). Utilizando simuladores da dilatação e apagamento do colo uterino, de baixa fidelidade, (Fig. 36), foi demonstrado a inacurácia na avaliação deste critério, onde o desempenho de enfermeiras e médicos obstetras foi igual. Todos os profissionais, independentemente da categoria profissional possuíam entre três anos e no máximo 30 anos de experiência.^[62]

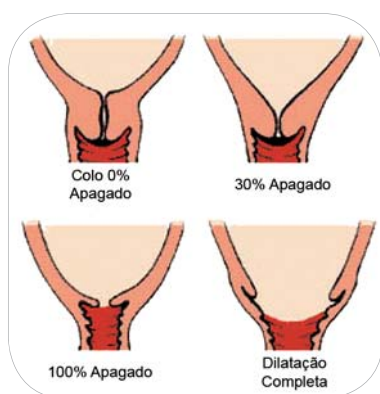


Fig. 35 - Apagamento e Dilatação do Colo Uterino.



Fig. 36 - Representa a condição da cervix e vagina no trabalho de parto de uma primípara, em seis momentos distintos. Childbirth Simulators® Gaumard.^[45]

³ A dilatação e o apagamento constituem condição clínico-obstétrica própria do trabalho de parto, se referindo respectivamente a ampliação e encurtamento da cervix.

Neste caso em particular, o uso dos simuladores permitiu a identificação da inacurácia, porque foi utilizado com o objetivo de avaliar a performance, e favorecer a repetição do exame sem estressar organicamente a parturiente. Como alternativa do uso dos simuladores, este estudo demonstrou que genericamente o erro oscilava em mais de 1cm em relação ao parâmetro correto.

A variedade no mercado, de simuladores do tipo estático obriga por vezes a testagem de modelos em busca de reconhecer qual deles oferece uma qualidade de material adequada e, portanto favorece a um treinamento mais adequado.

Um dos primeiros estudos que comparou diferentes tipos de simuladores para o treinamento da avaliação da dilatação e apagamento cervical utilizou como critério de distinção a composição do material aplicado no desenvolvimento do modelo. Com este propósito, foram utilizados modelos de simuladores cuja diferença residia somente no tipo de material utilizado: mais rígido ou mais suave. Cada examinador (médicos assistentes, enfermeiras e residentes) teve 20 segundos para avaliar os 12 (doze modelos), nas mesmas circunstâncias de dilatação e apagamento do colo e matéria prima. Das 360 mensurações efetuadas, somente 19% estavam exatamente corretas utilizando um modelo mais suave, enquanto 54% foram corretos em outro modelo de maior rigidez.^[63]

Isto demonstra que para além da forma destinada ao simulador, também a composição do material utilizado pode contribuir ou prejudicar a atividade de treinamento, contudo mesmo no modelo que favoreceu a um resultado melhor da avaliação, ainda incorreram em 46% de erros.

A preocupação sistemática com a fidedignidade de avaliação da dilatação e apagamento da cérvix é registro comum na literatura^[64] que decorre da subjetividade da percepção tátil do profissional obstetra, e da dificuldade de mecanismos que possam validar em tempo real sua veracidade, embora não seja neste momento o enfoque deste estudo.

A altura da apresentação fetal é indicador valioso para avaliação da progressão do feto no transcurso dos diferentes estreitos da pelve. A detecção precoce de alterações nesta evolução pode requerer uma tomada de decisão que implique desde a correção do padrão contrátil uterino à interrupção por via alta.

Para a consolidação desta avaliação, consideramos que a pelve é dividida em 11 (onze) planos (Fig. 37), de acordo com DeLee. Corresponde ao plano “0” (zero), o diâmetro bi-isquiático. O colégio norte-americano de Obstetrícia e Ginecologia tem adotado desde 1988 o sistema de classificação de DeLee, que divide o canal de parto em 11 (onze) planos de acordo com a posição da cabeça fetal em relação às espinhas ciáticas (-5 a +5). Por propósitos clínicos, os 11 (onze) planos têm sido divididos em 04 (quatro) grupos: “alta” (-5, -4, -3, -2, -1), “média” (0, +1), “baixa” (+2, +3) e em “período expulsivo” (+4, +5).^[65]

Para favorecer a avaliação de performance dos obstetras neste parâmetro específico, foi desenvolvido um simulador de parto (Fig. 38) equipado com um modelo de cabeça fetal e um sensor de localização. O simulador utilizou um sensor de rastreamento com um padrão ouro e permitiu avaliar a confiabilidade no diagnóstico clínico efetuado por 32 residentes médicos e 25 médicos assistentes. Foram identificados erros ocorridos em 50% a 88% dos casos em residentes e em 36% a 80% dos casos em médicos assistentes, em diferentes grupos de altura da apresentação.^[65]

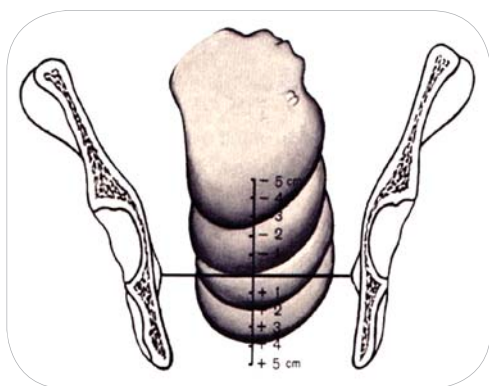


Fig. 37 - Altura da apresentação fetal segundo DeLee.



Fig. 38 - O simulador de parto inclui 4 partes: um manequim fetal representando o cabeça de um feto a termo, um manequim, um sistema de interface baseado em pressão e um sistema de localização.^[65]

Em 2004, um grupo de pesquisadores germânicos, iniciou uma pesquisa com o objetivo de desenvolver um simulador de parto para o treinamento do fórceps utilizando técnicas de Realidade Aumentada. Com o objetivo de proporcionar o treinamento na realização de fórceps, que é compreendido pelos autores como uma alternativa para a redução de cesarianas nos países de língua alemã.

A posição do modelo 3D é visualizada em um monitor e também é gerada a saída de áudio, mas ainda encontra-se em processo de desenvolvimento.^[21]

O simulador desenvolvido pela “*Klinik für Orthopädie und Sportorthopädie r.d. Isar*”⁴ é composto por um dispositivo háptico, manequim e um software que simula as funções fisiológicas e biomecânicas (Fig. 39 e 40). As funções fisiológicas referem-se ao *feedback* da força aplicada ao fórceps ou a um determinado medicamento, a exemplo da ocitocina, isto é então registrado e alimentam um modelo matemático que descreve as respostas orgânicas a tais ações. O modelo calcula as respostas de frequência cardíaca, contratilidade uterina, saturação de oxigênio e pressão sanguínea, as quais são informadas ao obstetra.^[21]



Fig. 39 - Visualização de objeto sintético sobreposto.^[21]



Fig. 40 - Simulador para Treinamento de Fórceps.^[21]

A importância e contribuição de todas as pesquisas que buscam acrescentar novas vertentes em simuladores com ou sem dispositivos do mecanismo de parto e seus períodos clínicos, se devem em grande parte ao fato de que, ainda persiste a lacuna de concepções que possam contemplar à aquisição de competências ideais.

⁴ Clínica Ortopédica e Cirurgias de Trauma da Universidade Técnica de Munique, Alemanha.

2.5. ACÚMULO DE EXPERIÊNCIA EM SIMULADORES NO BRASIL

As transformações decorrentes da inserção de novas tecnologias no ensino representam novos caminhos e uma sucessão de inovações no processo de ensino-aprendizagem. Possibilitam uma nova métrica para avaliação formativa, mas para tal são necessárias profundas e estruturadas transformações curriculares, investimento em recursos físicos, qualificação de docentes e a compreensão de que não estamos falando de tecnologia, mas sim de metodologia.

Incorporar a simulação como uma modalidade no processo ensino-aprendizagem requer a compreensão, primordial de que um simulador não pode ser reduzido a um componente do laboratório de práticas, mas que se trata de um valioso caminho para alcance de múltiplos objetivos da aprendizagem.

Os simuladores permitem que antes de tudo o aluno seja exposto a condições realísticas que poderiam servir para a combinação de processos avaliativos, desenvolvimento de tomadas de decisão clínica, que incluem também os aspectos da comunicação dentro da equipe e gerência do cuidado, favorecendo a reflexão do seu desempenho e deslocamento do professor para o papel de facilitador.^[66]

Em países onde o erro em saúde é tratado com cuidado científico que merece, é natural que cresçam as pesquisas para dar resposta e solução ao problema, visto que a alta mortalidade e morbidade gera perdas humanas e financeiras de ordens astronômicas, o que portanto passa a ser uma preocupação de Estado.

A importância de pesquisas sobre dados relacionados ao erro e sua descoberta, são fundamentais e poderíamos dizer críticos para a identificação sobre origem do erro humano, como ocorre e causa impacto na segurança do paciente.

A realidade nacional é de sub-notificação do erro médico ou de enfermagem, sendo a escassez de estudos e pesquisas relacionados ao mesmo evento, um dos responsáveis pelo desconhecimento da magnitude real do problema com referência a

custos, frequência, causas, incidência e propriamente a qualificação de erros relacionados à segurança do paciente.

As pesquisas da enfermagem no Brasil enfocam em sua totalidade o erro relacionado à prescrição, dispensação e administração de medicamentos, o que se justifica pelo fato de que ao menos 1/3 dos erros médicos se referem a medicações. [67, 68, 69, 70, 71, 72]

Por outro lado, as pesquisas na esfera latino-americana têm sido focadas na descrição do problema e muito pouco propositivas no alcance e design de soluções.^[73]

A identificação e diagnóstico das causas do erro podem possibilitar alguma inferência, contudo na medida em que se restringe ao campo sugestivo, faltam recursos ao pesquisador para a implementação de estratégias *in loco* que possam modificar o quadro.

Por outro lado, também a literatura médica nacional é igualmente incipiente na abordagem de estratégias efetivas na condução e resolução da questão, e finalizam com uma tênue linha que aponta para a “possibilidade incerta” de que podem os treinamentos conferir alguma melhoria ao quadro.^[74, 75]

A relevância e contribuição de pesquisas sobre a ocorrência do erro é inquestionável, pois daí irão demandar a estratégias de enfrentamento do problema e tomada de decisão.

Em um estudo norte-americano sobre a avaliação da ocorrência de erros com *trainees*, de acordo com as especialidades, foi demonstrada a preponderância de especialistas em Obstetrícia e Ginecologia, dentre 21 outras especialidades e como fatores que contribuem para isso: 72% dos casos envolvem erros de julgamento, 57% envolvem falhas do sistema de vigilância ou memória, 58% incluem falta de competência técnica ou conhecimento e 70% envolvem fatores relacionados ao trabalho de equipe. Considera também a pesquisa que algumas situações contribuem para que haja uma prevalência entre os casos ocorridos com estudantes e os que ocorrem com profissionais: baixa

competência técnica e supervisão deficiente.^[76]

Estudo correlato realizado no estado da Bahia com relação aos Processos Ético-Profissionais (PEP) por denúncia de infração por erro médico discute a importância da educação médica. Em revisão do período de 2000 a 2004, dos 372 médicos processados no Creneb (Conselho de Medicina do Estado da Bahia), a especialidade mais frequente foi Ginecologia-Obstetrícia (GO) com 24,8%, Cirurgia Geral com 9,4%, e Anestesia 7,4%, cabendo as demais especialidades percentuais inferiores a 6%. Em levantamentos efetuados pelo CRM de Goiás e do Distrito Federal referente ao período de 1992 a 1997, as especialidades mais envolvidas foram Pediatria, Ginecologia-Obstetrícia e Cirurgia.^[77]

Em outro estudo feito pelo CRM do estado de Minas Gerais sobre denúncias entre 1989 e 1993 a primeira especialidade citada é GO.^[78]

Independentemente do tipo de erro infringido a segurança do paciente, o alcance da solução não reside exclusivamente no âmbito do emprego de recursos tecnológicos para a qualificação do profissional. O emprego de simulações e simuladores de qualquer ordem, ainda que some à aquisição de habilidades e competências, requer avaliação constante e incorporação do docente como propositor e estimulador desta interação.

É um equívoco pensar que o instrumental tecnológico possa se bastar por si só. Dois estudos, cujo objeto é o erro na medicação, apresentam conclusões distintas sobre o mesmo objeto. O primeiro acredita que um processo de padronização de prescrições e a eliminação daquelas feitas à mão, com possibilidades de editar a prescrição deverá diminuir o problema^[79], e no segundo estudo, seis anos anterior ao primeiro, afirmava que a implementação de prescrições eletrônicas, apesar de tornar as prescrições mais legíveis e agregar rapidez na sua liberação para o preparo, apresentou significativas desvantagens: tais como a repetição de prescrições de dias anteriores sem a devida revisão ou informações digitadas incorretamente.^[80] Este estudo retoma o fato de que a formação do profissional é o centro da questão.

É correto afirmar que a ciência da computação não possui por si só condição de refinar o problema de tal forma que o impeça, até mesmo porque trata-se tão somente de criar filtros inteligentes, sistemas de crítica alimentados por bases de conhecimento. Do outro lado, o profissional que alimenta o sistema com dados, permanece sem a mesma crítica. A ciência da computação é em verdade a “mais valia”, contudo pensar a prática docente e seu diálogo com tais ferramentas no processo de formação pode ser a possibilidade inicial de lacrar a caixa de Pandora.

As pesquisas nacionais na área de simulação em saúde com foco em contribuições da metacognição no campo da formação em saúde, não tem qualquer registro significativo para incorporação em processos de análise ou de proposição, no entanto o cenário é rico de oportunidades que demandam este olhar apurado.

Uma pesquisa norte-americana que objetivou o desenvolvimento de uma unidade curricular baseada em simulação obstétrica e que envolvesse a equipe como um todo em emergências obstétricas, utilizou simuladores de alta e baixa fidelidade. O contexto se baseava em quatro eventos: crise de eclâmpsia, hemorragia pós-parto, distócia de ombro, parto pélvico. A equipe era constituída de, pelo menos, um médico e duas enfermeiras obstetras. Todas as sessões foram gravadas em vídeo, distribuídas nas quatro perspectivas da sala de parto virtual. Posteriormente o vídeo foi revisitado e analisado pelos próprios sujeitos da ação, guiados por dois experientes tutores.

A simulação possibilitou a identificação de 27 (vinte e sete) erros, distribuídos pelos quatro grupos de eventos, dentre estes os mais comuns detectados foram: subestimar a perda sanguínea (95%); técnica inapropriada de ventilação (80%), intoxicação por administração incorreta de sulfato de magnésio (80%); demora no transporte da paciente para a sala de cirurgia (82%); unfamiliaridade com administração de prostaglandina para reverter a atonia uterina (82%); documentação inadequada no relato da distócia de ombro (80%); atraso na administração de sangue e derivados para reverter coagulopatia (66%) atraso para realização da episiotomia na distócia de ombro (56%) e pressão supra púbica inefetiva (50%).^[81]

No cenário brasileiro, entretanto é quase que absolutamente incipiente a experiência concreta no uso de simuladores em saúde de baixa, média ou alta fidelidade. A quase que totalidade das instituições de ensino superior, independentemente se de caráter privado ou público utiliza simuladores de baixa fidelidade, e nenhuma delas se dedica, a pesquisa das vantagens ou desvantagens destes simuladores, de que forma contribuem efetivamente para melhorar a aquisição de habilidades ou competências do aluno, se há reflexo no campo da prática ou não. Em levantamentos em bases de dados nacionais ou revisões sistemáticas junto ao Centro Cochrane do Brasil a busca é nula.

Encontramos alguma expressão de pesquisa no campo de simulação em saúde entre pesquisadores de algumas das instituições universitárias públicas, da área das ciências exatas como presença preponderante na formulação de soluções tecnológicas, mas com ausência expressiva de profissionais de saúde envolvidos. Tratam-se de projetos de pesquisa, não comerciais e de iniciativas pontuais. Ressalte-se que estes produtos são do âmbito da ortodontia^[82] (Fig. 41), treinamento de coleta de material para transplante de medula óssea^[83] (Fig. 42 e 43), ginecologia, ensino de anatomia e outros recortes.



Fig. 41 - Sistema de Simulação interativa para treinamento e planejamento de tratamento em ortodontia. Universidade de Fortaleza.^[82]

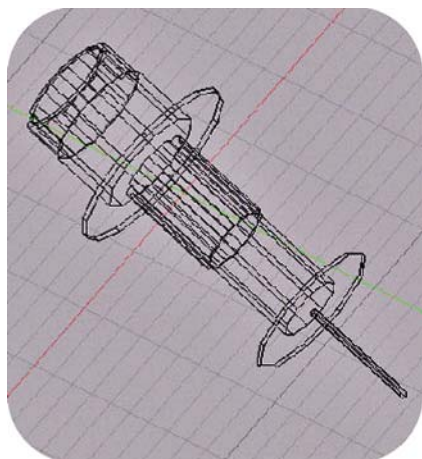


Fig. 42 - Simulador em Realidade Virtual para Treinamento Médico Usando Ferramentas Livres. Universidade Federal da Paraíba.^[83]

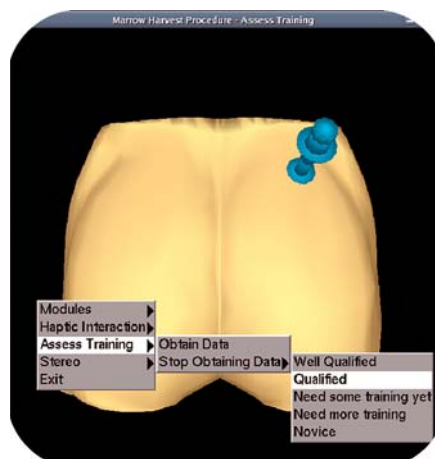


Fig. 43 - Interface de Simulador em Realidade Virtual para Treinamento Médico Usando Ferramentas Livres. Universidade Federal da Paraíba.^[83]

Existe uma forte tendência dentre as pesquisas nacionais do campo da ciência da computação para utilizar técnicas de Realidade Virtual e muito pouco em Realidade Aumentada, no desenvolvimento de simulações voltadas para a área da saúde. Até o momento de finalização deste estudo, nenhuma destas pesquisas resultou em produtos comerciais, muito embora todas sejam inovadoras neste campo.^[82, 83, 84, 85, 86, 87]

Durante muitos anos, pela dificuldade de estabelecer padrões métricos para avaliar as competências relacionadas a alguns procedimentos, habitualmente o parâmetro adotado para considerar um estudante ou profissional habilitado a tal procedimento ou conjunto deles, se baseava na frequência com que houvesse realizado um procedimento supervisionado por outro profissional com *expertise* reconhecida.

Obviamente, este não era o único elemento a ser avaliado, mas também o cumprimento da qualidade técnica durante o procedimento e seu resultado.

No Brasil, esta ainda é a realidade em muitas das instituições formadoras em saúde, que em sua maioria não dispõe de simuladores que atendam a contento a necessidade. Outras justificativas a serem consideradas podem ser: não há uma visão institucionalizada da contribuição e potencial exploração de simuladores em todos

os seus graus de fidelidade; dificuldades em mudar comportamentos dos docentes; desconhecimento de docentes sobre possibilidades em termos de recursos tecnológicos que possam contribuir para a aquisição de habilidades e competências; e questões relacionadas ao custo.

Somado ao conjunto de conhecimentos que compõe o rol teórico do especialista em enfermagem obstétrica, a aprendizagem do parto eutócico⁵ e detecção precoce de distócias são realizadas junto à parturiente. Esta dinâmica é a mesma que dá entorno a formação de médicos obstetras, que possuem também escassas oportunidades de interação com simuladores até de moderada fidelidade. Desta maneira, fica então a qualidade do procedimento subordinado a *expertise* do docente que realiza a preceptoria e do espectro de conhecimento técnico do aluno. Sem menosprezar os mecanismos de avaliação de cada instituição, a aquisição de competências para a atenção ao parto e ao nascimento, é desenvolvida e proporcionada pelo maior ou menor número de partos que o aluno tiver a oportunidade de realizar durante o tempo previsto de sua formação ou especialização.

Por não se tratar de foco desta tese, não é nossa intenção abordar os modelos de formação de distintas categorias, quer em nível de graduação, especialização ou residência, mas simplesmente pautar que respeitadas tais diferenças, a aquisição de competência técnica e habilidade segue a mesma lógica de orientação: desenvolve maior habilidade técnica o estudante que for exposto mais vezes ao mesmo cenário técnico, neste caso o parto em situações da vida real.

Mesmo considerando a volumosa literatura sobre simulação, este campo requer robustos estudos quantitativos e qualitativos que possam fidedignamente indicar se o conhecimento e habilidades adquiridas através de atividades simuladas são traduzidos de fato, do âmbito do centro formador para o treinando gerando competência e proficiência dentro do campo clínico.^[88]

⁵ Transcorrido fisiologicamente.

Em paralelo, esta mudança deve estar capitaneada essencialmente pela produção e pesquisa no campo da cognição, aprendizagem e simulação em enfermagem, pelo que são os próprios docentes brasileiros, os maiores responsáveis e virtuais pesquisadores.

O uso de cenários clínicos bem estruturados tem mudado a educação em enfermagem em instituições norte-americanas, onde os docentes atuam como facilitadores do processo de aprendizagem, e através da aprendizagem ativa, os estudantes tem sido melhor preparados para situações da vida profissional real.^[89, 90]

Os docentes têm papel muito importante na concepção das simulações clínicas como experiências que podem promover um resultado de valor na vida acadêmica do estudante e futuro profissional.

Para o correto desenvolvimento e sucesso de programas de simulação, é necessária uma ampla compreensão das ferramentas disponíveis, o seu escopo de utilização e grau de realismo compatível e desejado de acordo com a complexidade de ação a ser desenvolvida. Entende-se que esta deva ser a melhor estratégia que possibilite formular uma visão compreensiva dos programas de simulação.

Existe atualmente algo em torno de 500 centros de simulação médica no mundo. O Brasil conta com único Centro de Simulação Realística - CSR, pertencente ao Hospital Israelita Albert Einstein - HIAE, na cidade de São Paulo, tendo sido criado em parceria com um dos principais centros de simulação do mundo – o *Chaim Sheba Medical Center de Tel Aviv*, em Israel.

O CSR do HIAE, inaugurado em 30 de agosto de 2007, dispõe de simuladores de alta e baixa fidelidade comercializados pela: METI© (HPS® adulto e infantil); da Laerdal© (SimMan®, ALS Simulator® e Ressuci Anne®), e de manequins estáticos e utiliza também atores profissionais.

O enfoque das atividades simuladas objetiva o desenvolvimento de habilidades técnicas (Urgências e Emergências Cardiológicas, Pediátricas, em Trauma, Neurologia, Procedimentos de Enfermagem e Fisioterapia) e o desenvolvimento de competências comportamentais (atitudinais) para a capacitação de lideranças em processos como avaliação de desempenho, desligamento, entrevista de seleção, comunicação de más notícias (óbito, erro, atendimento ao paciente oncológico), gerenciamento de conflitos, cortesia no atendimento ao cliente e tomada de decisão.

Em se tratando do primeiro centro de simulação realística em saúde no Brasil, em princípio seu objetivo central é o treinamento de capacitação, mas está iniciando a implantação de uma área de pesquisa e desenvolvimento. No setor público está iniciando parcerias junto a Projetos do Ministério da Saúde tais como o Instituto Nacional do Câncer – INCa, Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA e Transplante de órgãos.

Adota como diretriz institucional a segurança do paciente, para a qual contribuem os resultados dos indicadores de qualidade assistencial, implantação de protocolos assistenciais e a notificação do erro adverso, e outras como o levantamento efetuado pela área de recursos humanos.

A experiência que vem difundindo no Brasil pode representar para as instâncias do setor público uma imensa contribuição em prol da segurança do paciente e, portanto para o sistema de saúde. Outras iniciativas precisam ser tomadas a partir daí para dar capacidade resolutiva aos problemas relacionados à segurança do paciente, e que certamente requerem também a sensibilização do setor público para maior investimento voltado para a formação de profissionais de saúde de maneira articulada com a metodologia de simulação.

Especificamente no campo da obstetrícia, o CSR do HIAE, investe em estratégias de simulação voltadas para médicos e enfermeiros obstetras e de acordo com o público alvo, os seguintes tópicos são abordados:

- Emergências Obstétricas no 2º trimestre
- Patologias 3o. e 4o. Período
- Reanimação Neonatal
- Complicações Anestésicas em Obstetrícia
- Ressuscitação Cárdio Pulmonar - RCP e uso do desfibrilador
- Parto vaginal cirúrgico e parto explosivo
- Fórceps e Distócia⁶ de Ombro
- Acompanhamento trabalho de parto e Partograma⁷
- Eminência de Eclâmpsia
- Hemorragia Pós-Parto
- Avaliação Vitalidade Fetal Intra-Parto

A utilização de simuladores obstétricos, se comparada com outras especialidades como a anestesiologia, é mais recente, entretanto a tomada de decisão correta e a implementação desta, pode significar a diferença entre a vida e a morte da gestante e/ou o concepto.

Nos últimos dez anos surgiram outros modelos de simuladores e a tendência tem sido de incorporar avanços que permitam mimetizar com maior detalhamento e amplitude as repercussões locais e gerais da gravidez; compor quadros clínicos que requeiram imediata intervenção em função da vida fetal ou da mãe; representar as etapas e mecanismos envolvidos no ato do parto possibilitando a interação e intervenção do usuário, mas que ainda não possibilitam a compreensão interna do evento durante a simulação.

⁶ A dificuldade, impedimento que torna a evolução do trabalho de parto impossível para a mãe e/ou para o feto é denominada distócia. Sua classificação abrange o feto, o útero, o cordão umbilical e a pelve materna.

⁷ Documento integrante do prontuário clínico da parturiente e que se destina ao registro da evolução clínico-obstétrica do trabalho de parto e condições fetais.

A oferta de simuladores físicos para obstetrícia oferece uma gama de variedades, entre combinações e possibilidades muito interessantes. Com maiores ou menores limitações de interação ou *feedback*, alguns destes os simuladores foram projetados com o objetivo de atender competências e habilidades necessárias para a prestação de atenção obstétrica.

A fidelidade/realismo é baixa em todos os modelos de simuladores obstétricos cujo foco é o parto em si (Tabela 4) o que significa que existe grande prejuízo em sua capacidade de representar tal evento como um cenário de maior proximidade com a vida real. Entretanto, em simuladores de alta fidelidade como Noelle®, mesmo com os aspectos pouco refinados, próprios de MDs a reprodução de sinais vitais é extremamente rica, mas a mecânica do parto sofre as mesmas limitações dos demais.

Tabela 4 - Simuladores obstétricos disponíveis comercialmente [40]

Simulador	Atributos					Custo Aproximado
	Capacidade do Simulador	Fidelidade	Portabilidade	Feedback Usuário	Empresa	
Treinamento para avaliação do fundo do útero	PTT	Baixa	Sim	Não	Laerdal Medical AS	< \$1.000
Treinamento da dilatação e apagamento cervical	PTT	Baixa	Sim	Não	Laerdal Medical AS	< \$500
Módulo de trabalho de parto e parto	PTT	Baixa	Sim	Não	Gaumard	< \$300
Módulo de Manobra de Leopold	PTT	Baixa	Sim	Não	Gaumard	< \$300
Feto articulado	PTT	Baixa	Sim	Não	Gaumard	< \$300
Simuladores de RN (variedade de tonalidade de pele)	PTT	Baixa	Sim	Não	Laerdal Medical AS	< \$100
Treinamento de episiotomia	PTT	Baixa	Sim	Não	Gaumard	< \$300
Treinamento de episiotomia e sutura de esfíncter anal	PTT	Baixa	Sim	Não	Limbs & Things Ltd	\$500 - \$1.000*
Treinamento de expressão manual da mama	PTT	Baixa	Sim	Não	Limbs & Things Ltd	< \$1.000
Pelve para parto	PTT	Baixa	Sim	Não	Gaumard	- \$500
Manequim obstétrico para parto	PTT	Baixa	Sim	Não	Simulaid, Inc	- \$500
Manequim obstétrico para fórceps e vácuo extrator	PTT	Baixa	Sim	Não	Simulaid, Inc	< \$700
The Obstetric Phantom	PTT	Baixa	Sim	Sim	Schultes medacta, Inc	Sob consulta
Maternity Simulation Jacker	PTT	Baixa	Sim	Sim	Koken Co, Ltd	Sob consulta
Modelo para treinamento de palpação uterina no puerpério	PTT	Baixa	Sim	Não	Koken Co, Ltd	Sob consulta
Modelo tipo 1: Maternidade (feto com batimento cardíaco)	PTT	Baixa	Sim	Não	Koken Co, Ltd	Sob consulta
Modelo para prática de parteiros	PTT	Baixa	Sim	Não	Koken Co, Ltd	Sob consulta
Simulador de corpo inteiro da gravidez	PTT ou IDS	Baixa	Sim	Sim	Koken Co, Ltd	Sob consulta

	PTT ou IDS com monitor de contração	Baixa a intermediária	Sim	Sim	Laerdal Medical AS Limbs & Things Ltd	\$3.000 - \$6.000
PROMPT®			Sim	Sim		
FetalSim™	IDS	Alta	Sim	Sim	Advanced Medical Systems	Sob consulta
Ultrasim®	IDS	Alta	Sim	Sim	MedSim: Advanced Medical Systems	Sob consulta
Newborn Pedi ou RN Nita	IDS	Intermediária	Sim	Sim	Gaumard	- \$1.000
Noelle™ torso para parto	IDS, capacidade automatizada	Baixa a Intermediária	Sim	Sim	Gaumard	< \$3.000
Noelle™ materno-neonatal	IDS, capacidade automatizada	Intermediária	Sim	Sim	Gaumard	< \$4.000
Noelle™ simulador materno, parto e neonatal interativo	MDS	Alta	Sim	Sim	Gaumard	\$100.000 - \$40.000
Newborn®	MDS	Alta	Sim	Sim	Gaumard	< \$20.000
Baby STM®	MDS	Alta	Sim	Sim	METI®	Sob consulta
SimBaby®	MDS	Alta	Sim	Sim	Laerdal	< \$25.000
IDS: Instructor-driven simulators; MDS: Model-driven Simulator; METI®: Medical Education Technologies, Inc; PROMPT: Practical Obstetric Multi-Professional Training; PTT: Part-task trainer						

Do ponto de vista de visualização, nenhum dos simuladores trabalha a compreensão espacial dos objetos envolvidos no parto, o que justifica as seguintes restrições: impossibilidade de visualização dinâmica e fluída, impossibilidade de identificação em perspectiva da pelve, feto, útero, placenta e cordão umbilical, incapacidade para observação de fenômenos plásticos do parto, e impossibilidade de identificação dinâmica dos diâmetros da pelve feminina e altura da apresentação.

Se considerarmos que o maior potencial da tecnologia como ferramenta que contribui para a estruturação dos simuladores, está na possibilidade de representar uma gama extensiva de eventos orgânicos dinâmicos que podem requerer intervenções^[91], certamente a inclusão de simulações que se baseiem em visão computacional, se traduz em ferramenta de igual valor.

2.6. APRENDIZAGEM E SIMULAÇÃO

A aprendizagem se refere à forma pela qual o indivíduo é capaz de adquirir novos conhecimentos, competências e habilidades que possam transformar de forma pró-ativa a sua compreensão, participação, inserção e ou contribuição em um tema qualquer, com benefício individual e/ou coletivo. Diferentes teorias chamam para si a responsabilidade de sistematizar este processo de acordo com uma determinada linha de pensamento, tal a complexidade como pode ocorrer.

Uma ampla variedade de trabalhos, cujo foco reside no ato de simular algum evento, frisa que a experiência obtida através da interação com eventos gerados artificialmente e o grau de realismo em que ocorre são uma das principais premissas contribuintes para o processo de aprendizagem que daí pode advir.

Repensar as formas pelas quais hoje o processo de aprendizagem pode ocorrer, é fruto de uma transição em curso, motivada também pelas inovações tecnológicas no campo da educação. O conhecimento no século XXI não reside exclusivamente em

livros textos ou bibliotecas físicas, mas na televisão, nos computadores, em dispositivos digitais móveis como hand-helds e celulares, o que assegura uma velocidade de expansão e difusão incrivelmente ágil.

Estamos vivendo uma transição entre duas grandes eras: a da Informação e a da Interação. Conseqüentemente, urge repensar, a luz desta nova era, compreensivamente a aprendizagem em ambientes virtuais ou utilizando novas tecnologias como ações sociais e contextualizadas.

“O desenvolvimento das formas de aprender e de saber evoluíram em contraste com um pano de fundo de uma sociedade da Idade Industrial e da Informação para a Idade da Interação.”^[92]

Genericamente as teorias de aprendizagem buscam conhecer a dinâmica envolvida nos atos de ensinar e de aprender, partindo dos conhecimentos pré-existentes e do novo conhecimento a ser adquirido. Sua fundamentação é amplamente de fundo psicológico, e consideradas as diferenças conceituais têm como ponto convergente o fato de que o aluno desenvolve a aprendizagem a partir da construção processual de relações com o mundo, de sucessivas interações onde a execução de ações (o fazer) e a reflexão sobre o que e como fazer é o eixo estruturante para o alcance do aprendido.^[93]

2.6.1. TEORIA DA APRENDIZAGEM EXPERIENCIAL

O campo da simulação tem tido uma proximidade significativa com o referencial teórico da aprendizagem experiencial, cujo idealizador *David A. Kolb*, teórico norte-americano da educação e estudioso da psicologia social, concebeu juntamente com Ron Fry no início de 1970 o modelo de aprendizagem experiencial ou *Experiential Learning Model (ELM)*.

A aprendizagem experiencial é um processo que facilita a aprendizagem do adulto e que parte do princípio de que a natureza da experiência é essencial, e cíclica

entre a experiência concreta, observação reflexiva, formação de conceitos abstratos e experimentação ativa.^[94]

O ciclo de aprendizagem pode começar em qualquer um dos quatro pontos e se processa como uma espiral contínua (Fig. 44). Nesta concepção, o processo de aprendizagem começa freqüentemente com uma pessoa que leva a cabo uma ação particular e que vê o efeito da ação nesta situação. O segundo passo é entender estes efeitos no exemplo em particular, de forma que se a mesma em ação ocorresse em circunstâncias idênticas, seria possível a antecipação do que se seguiria a ação. De acordo com este modelo, o terceiro passo seria compreender os princípios gerais sob os quais estas instâncias falham. Quando o princípio geral é compreendido, o último passo é a aplicação da ação em novas circunstâncias com um alcance generalizado. Em algumas representações da aprendizagem experiencial estes passos (ou alguns deles) são esquematizados como um movimento circular contínuo e permanente. A mesma ação ocorre em locais distintos e circunstâncias diferentes, e o estudante pode agora se antecipar aos possíveis efeitos da ação.^[95]

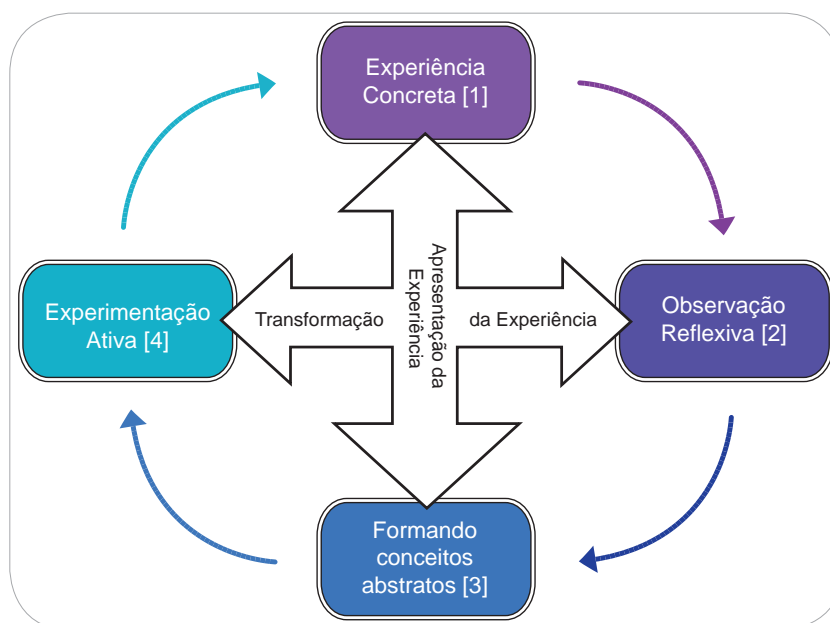


Fig. 44 - Ciclo da aprendizagem experiencial de Kolb ^[94]

Os princípios da aprendizagem experiencial poderiam ser resumidos em quatro pontos iniciais:

- Um caminho positivo para o significado da aprendizagem experiencial é quando o assunto ou tema é associado aos interesses do aluno;
- Um caminho negativo para aprendizado experiencial é não valorizar a auto-estima do aluno, de forma a ignorar a sua importância no aprendizado e tornando o objeto da aprendizagem mais importante do que o aprendiz;
- A aprendizagem experiencial é um processo rápido quando as ameaças externas são mínimas e o aprendiz tem a oportunidade de fracassar e aprender com seu fracasso como uma atitude positiva da aprendizagem que se dá em um ambiente seguro;
- Quando a aprendizagem experiencial é iniciada por demanda espontânea é profundamente codificada na memória.

Os enunciados da aprendizagem experiencial trafegam por método construtivo, valorizando o conhecimento *a priori* e estimulando o interesse do aluno, já que o coloca na condição de sujeito. Sua proximidade dos postulados de Vygotsky e seguidores, teóricos do historicismo cultural está impressa em seus pressupostos quando afirma que a aprendizagem é resultado da ação humana sobre o ambiente.

Kolb afirma que a origem do desenvolvimento profissional está no processo de aprendizagem e para tal os conhecimentos oriundos da experiência, são pilares que só se tornam úteis, quando podem ser confrontados, comparados, ampliados, revisados, e enfim, refletidos junto a conhecimentos de caráter teórico. A capacidade humana de atribuir significado a experiência, de rever com a intenção de um planejamento futuro, transformam dialeticamente o seu entorno – o ambiente, e a si mesmo, em movimentos cíclicos.^[95]

A literatura sobre desenvolvimento profissional cunhada pela simulação é rica de exemplos onde a aplicação da teoria experiencial é uma estratégia comum. David Gaba e outros pesquisadores ao desenvolverem para fins curriculares uma simulação baseada

em gerência de risco para anestesia incorporaram o teor da aprendizagem experiencial, cumprindo algumas etapas como segue descrito:^[96]

- Apresentaram aos anesthesiologistas uma variedade de situações clínicas de pacientes simulados. Suas posturas e condutas foram filmadas;
- Um período de observação e reflexão ocorreu imediatamente após o cenário;
- Discutiram o que foi bem feito, o que não foi bem feito e o que poderia ser feito melhor em situações futuras;
- O vídeo foi exibido a todos os sujeitos que compuseram o cenário da simulação e então foi revisto o que foi feito com o intuito de enriquecer a discussão. Subseqüentemente os cenários proporcionam a oportunidade para testagem e aplicação dos conceitos discutidos.

Suas pesquisas, a despeito de ponderações críticas de outros educadores, permanecem como centro de atenção no debate da educação profissional, em especial da educação superior.^[97, 98, 99]

A perspectiva apresentada por Kolby oferece uma leitura distinta da que tomava a aquisição do conhecimento a partir da capacitação e aperfeiçoamento, como características de abordagem para tratar o desenvolvimento profissional em décadas anteriores aos anos 90.^[95]

A experiência concreta é enriquecida através do processo reflexivo, toma significado através do pensamento e transforma a experiência de forma tão rica, ampla e profundamente que em situações futuras é possível transferir esta mesma experiência a outros contextos.^[100]

Os estudantes têm entre si diferenças cognitivas e de estilos de aprendizagem, o que deve ser considerado como uma implicação direta na elaboração das propostas curriculares. Se existe prejuízo na aprendizagem do estudante, uma das possíveis razões pode ser o fato de que o estilo e o ambiente pedagógico possam não favorecer a melhor combinação, e desta forma o estudante pode ter seu desempenho desfavorecido pelo esforço produzido para se adaptar.

A aprendizagem experiencial ganha valor através do confronto, comparação, ampliação e revisão daquela experiência, que deve ser visitada sempre a luz do conhecimento teórico que corresponde à experiência vivida.

“Portanto, há que integrar conhecimento estruturado e conhecimento experiencial para construir o percurso de desenvolvimento profissional”^[101]

O uso de simuladores em saúde, freqüentemente parte das reflexões postuladas na Teoria da Aprendizagem Experiencial como um alicerce metodológico para a implementação e orientação do design cognitivo. A avaliação de seus resultados, tem demonstrado se tratar de modelo teórico pertinente a aprendizagem de adultos com grande contribuição para o desenvolvimento profissional.^[102, 103]

Seu reconhecimento é justificado, em função de trabalhar muito bem os três domínios: cognitivo, psicomotor e comportamental.^[104]

Capítulo 3

3. REALIDADE AUMENTADA

Compreender e conhecer o significado atribuído pelo homem à representação das imagens ao longo da história, e sua busca para tornar esta expressão cada vez mais próxima da forma observada no mundo real, estimula o contato com as origens do pensamento matemático e como tal, geométrico. Seus desdobramentos possibilitaram o avanço da ciência matemática, da óptica e de conceitos modernos da geometria, alguns dos quais oriundos dos estudos renascentistas.

Este capítulo traça uma linha do tempo entre os primeiros e mais simples ensaios de representação das idéias na forma de imagens, os primeiros enunciados sobre ao estudo da perspectiva até ingressar na era moderna onde o avanço da computação disponibiliza outra forma de representação do imaginário através das imagens em 3D.

São apresentados os componentes de um sistema de Realidade Aumentada, com abordagem central no gerador de cenas e sistemas de rastreamento.

3.1. IMAGEM E PERSPECTIVA

A necessidade de representação do imaginário através de imagens é tentativa que se observa desde a era paleolítica, cuja expressão mais antiga e rudimentar é a arte rupestre. Considerada primeira manifestação artística do homem, é de relevante importância para que pesquisadores da atualidade busquem compreender a organização das sociedades pré-históricas, sua história e cultura através das imagens e figuras que lhes são peculiares (Fig. 45 e Fig. 46).

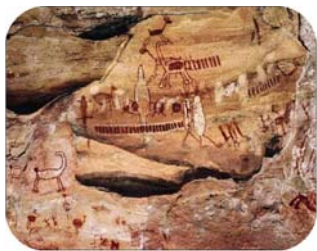


Fig. 45 - Nicho policrômico - Toca do Boqueirão da Pedra Furada.^[105]



Fig. 46 - Toca do Arapuá do Gongo - PI.^[105]

De certa forma, as figuras e imagens observadas nos registros rupestres que se encontram presentes em todos os continentes, representam igualmente a evolução humana no âmbito da cultura e da biologia. Do ponto de vista da biologia, o aumento da capacidade da caixa craniana, está diretamente correlacionado ao aumento do cérebro e, por conseguinte a sua capacidade de abstrair o mundo. As sucessivas tentativas observadas ao longo da história, no sentido de caracterizar o mundo como o percebido, e, portanto com o máximo de realismo, são responsáveis pelos avanços que gradativamente ocorrem no transcurso do tempo.

Euclides escreveu sobre como os objetos são percebidos pelo olho humano, em seu trabalho “Óptica”, onde descrevia a forma pela qual a luz “viajava” por linhas diretas a partir de pontos observados na cena pelo olho humano, a convergência destes pontos forma uma pirâmide, em cujo vértice encontra-se o globo ocular (Fig. 47).

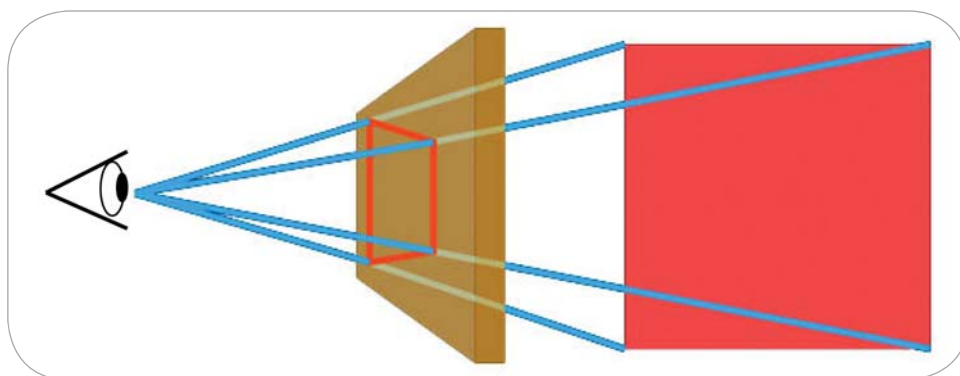


Fig. 47 - Forma de Propagação da Luz para o Olho Humano

A perspectiva linear (1425), que tem como seu precursor Filippo Brunelleschi, conceitualmente compreendida como a técnica de representar objetos tridimensionais e relações de profundidade em uma superfície bidimensional, sendo advento marcado como uma forte influência do surgimento da ciência moderna.

Albrecht Durer ilustrou o conceito de perspectiva em sua obra *“The Painter’s Manual”*⁸ em 1525, onde se observa a aplicação da perspectiva através do uso de um dispositivo artesanal em que reproduz a nudez de uma modelo em perspectiva, como se observa na Fig. 48. No esquema proposto, o artista ajustava a posição dele em certo ponto no espaço, do qual ele vê o objeto através de uma janela, como uma armação de madeira gradeada uniformemente com cordas pretas. O artista, então, copiava com exatidão o que visualizava sobre a grade, enquanto descrevia com precisão a mulher nua.

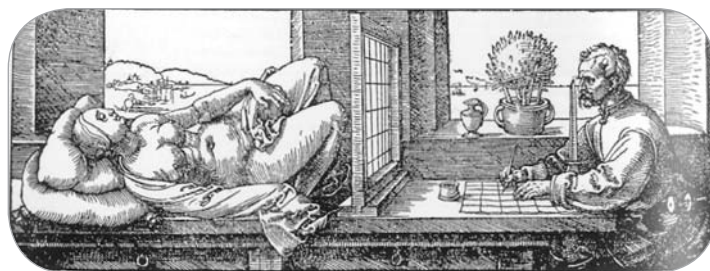


Fig 48 - Elaboração do conceito de perspectiva por Durer

Filippo Brunelleschi (1377-1446), arquiteto florentino, pintou um pequeno painel no Batistério Florentino, baseado em uma série de experimentos óticos, aplicando as regras geométricas da reflexão ótica do espelho, através dos quais pôde compreender e formular a primeira construção com base na ciência da perspectiva.

A pintura, deste modo, podia ser vista olhando através de um orifício, por trás do quadro, e segurando um espelho na frente na distância do comprimento do braço do observador. O experimento de Brunelleschi foi efetuado da seguinte forma: um orifício foi feito no centro do painel; o observador se colocava por trás do painel e olhava pelo orifício e conseguia ver o reflexo da pintura pelo espelho como demonstra a Fig. 49.

⁸ “O Manual do Pintor”

Apesar de considerada a primeira pintura original que se utiliza das regras da geometria óptica, está desaparecida desde o meado do século XV.^[106]

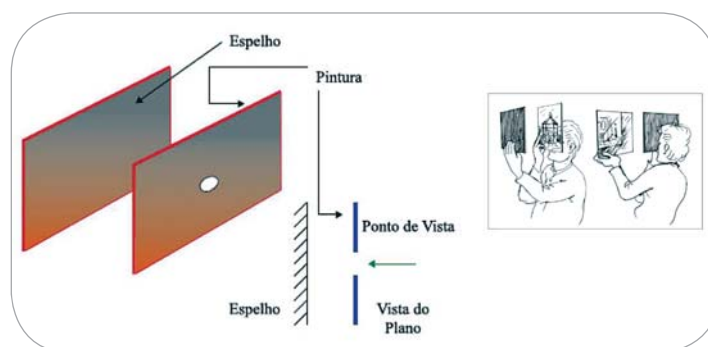


Fig. 49 - O experimento de Brunelleschi.^[106]

Com base nos estudos euclidianos sobre óptica, Filippo estabeleceu o conceito do ponto de fuga, e a relação entre a distância e a redução na dimensão dos objetos. Seu trabalho foi fundamental para que outros artistas daquela época pudessem reproduzir, em um plano, os objetos que criavam a ilusão tridimensional.

Após os experimentos de Brunelleschi, Leon Battista Alberti (1404-1472) dá uma importante contribuição no desenvolvimento e expansão das técnicas de perspectiva.

Em seu livro, versado do latim para o italiano em 1435, intitulado “*Della Pittura*”⁹, Alberti desenvolve uma metodologia para ser utilizada na produção de imagens com exatidão geométrica.

Sua discussão foi centrada no uso da técnica de um único ponto de perspectiva (Fig. 50), em contraste com a técnica de dois (Fig. 51) ou três pontos de vista.

⁹ Em português, “Da Pintura”.

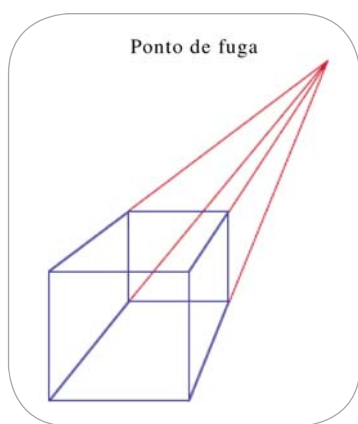


Fig. 50 – Perspectiva de um cubo usando um único ponto de fuga.

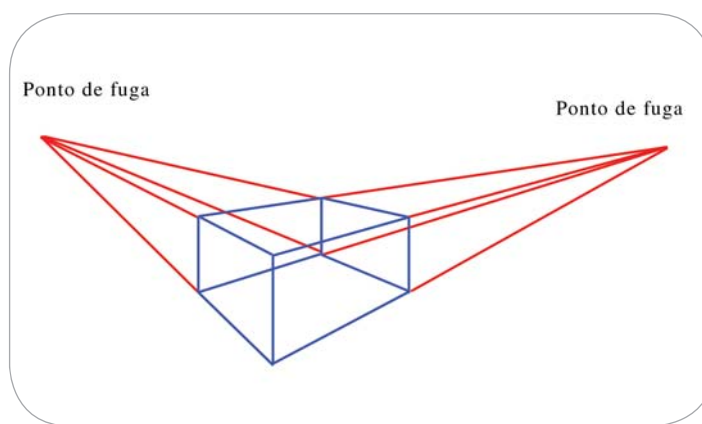


Fig. 51 – Perspectiva de um cubo usando dois pontos de fuga.

Piero della Francesca (~1410-1492), matemático e pintor foi também um dos estudiosos da teoria da perspectiva, e escreveu vários livros, abordando temas como a geometria sólida e o emergente campo da perspectiva. Seu trabalho influenciou posteriormente outros artistas matemáticos, e em especial Leonardo Da Vinci.

Em 1509, Luca Pacioli publicou, em Veneza, “*De Divina Proportione*”¹⁰, uma obra que tratou sobre “proporção” sob o enfoque da arte e da matemática. Leonardo da Vinci foi o responsável, pelas ilustrações que materializaram o trabalho de Pacioli, como o poliedro.^[106]

Leonardo da Vinci (1452-1519), matemático, engenheiro e pintor foi um dos primeiros artistas a mapear sistematicamente o corpo humano em seus desenhos, inicialmente por interesse artístico, tomando, posteriormente, dimensão bem mais ampla na medida em que lhe permitiu desvendar um novo mundo.

Seus estudos e documentos sobre a anatomia humana ocorreram entre 1487 e 1510, e se dividem em três períodos nos quais, em primeiro, assistiu a dissecações e empreendeu investigações em seu próprio corpo, em segundo, passa a desenvolver autoconfiança nos desenhos da estrutura subjacente do corpo e por fim, em terceiro, quando alcança o refinamento dos métodos de ilustração da estrutura interna do corpo.^[107]

¹⁰ Em português, “Divina Proporção”

Apesar da dissecação de cadáveres ser estritamente proibida pela igreja, Leonardo estava determinado a estudar a anatomia humana e as relações entre estrutura e função. Entre os anos de 1489 e 1513, segundo registros dele, realizou mais de 30 dissecações entre homens e mulheres e de várias idades, na cripta de uma igreja sob a luz de candelabros.^[108]

Sua capacidade de observação e conhecimento da técnica da perspectiva, além de habilidades para o desenho, é responsável pela incrível acurácia dos desenhos.

Da Vinci é conhecido por criar uma variante da técnica conhecida como *Trompe L'Oeil*, termo francês que significa “truque do olho”, e se refere a um estilo usual na pintura, que consiste em criar uma ilusão óptica onde parece ao observador que objetos bidimensionais podem ser tridimensionais.

Infelizmente seu trabalho não foi reconhecido em vida e somente após 380 anos do seu falecimento, é que seus trabalhos começaram a ser publicados em fac-símile. Leonardo escreveu um memorando que seria publicado no livro “A Figura Humana”, obra planejada por ele e pelo anatomista Marcantonio Della Torre, que infelizmente veio a falecer antes disto e este livro nunca foi publicado.^[108]

Os manuscritos de Da Vinci, estão subdivididos *fogli A e B*, e *quaderni I a VI*, cujas 215 ilustrações, encontram-se arquivados no Castelo de Windsor e representam um vasto conhecimento sobre a anatomia e fisiologia humana, algumas com maior ou menor riqueza de detalhes.

As ilustrações de Leonardo sobre a reprodução, em especial sua descrição da concepção (Fig. 52), descrevem a natureza do útero e a vida intra-uterina, a atitude fetal (Fig. 53), tempo de permanência do feto no útero, nutrição e desenvolvimento fetal, cita as forças que atuam sobre o corpo materno e, finalmente, porque, em alguns casos o nascimento se dá antes.



Fig. 52 - Coito entre um homem e uma mulher, em corte sagital. The Royal Collection ©2009, Her Majesty Queen Elizabeth II. Uso Autorizado.



Fig. 53 - “Estudos do Feto no Útero” - The Royal Collection ©2009, Her Majesty Queen Elizabeth II. Uso Autorizado.

O primeiro registro comentado sobre as membranas fetais (córion, âmnio e alantóide) foi realizado por Leonardo Da Vinci há mais de dois séculos (Fig. 54) e sobre a qual ele fez o seguinte registro: *“no caso desta criança, o coração não pode bater e ela não respira porque está continuamente na água. E se fosse respirar, poderia sufocar. A respiração não é necessária porque recebe a vida e a comida da mãe”*.^[108,109]



Fig. 54 - “Bebê no Útero” - The Royal Collection ©2009, Her Majesty Queen Elizabeth II. Uso Autorizado.

Complementou com a descrição do cordão umbilical com seu sistema venoso e arterial, ao identificar as veias do cordão umbilical se utiliza do conhecimento adquirido através do método da observação e é capaz de afirmar que *“veias e artérias são encontradas em par. E é extremamente raro que um exista sem estar em companhia da outra e a artéria é quase sempre encontrada sob a veia porque o sangue da artéria é o conduto para o espírito vital, e o sangue das veias é o que nutre a criatura”*.^[108,109]

O estudo de Da Vinci sobre a circulação útero-fetal antecipou o que William Harvey (1651) e William Hunter (1774), só descreveriam quase 300 anos após: que a circulação materna e feto-placentária não se comunicam e que em verdade são duas estruturas de circulação separadas.

Os estudos sobre a perspectiva, do seu surgimento à apuração técnica está intimamente ligada à história da arte e à geometria, só tendo sido consolidada como uma metodologia para representação espacial de objetos no período do Renascimento.

Caracterizado pelos diversos tipos de experimentos que representaram o (re)nascer da cultura e da ciência, foi um momento de efervescência intelectual, onde a investigação matemática é muito valorizada, a observação da natureza e as tentativas de compreender melhor o mundo e seu funcionamento dão o tom aos pensadores daquela época.

O Renascimento foi marcado por um período de intenso intelectualismo e esclarecimento cultural – um tempo em que a arte, a ciência e o pensamento matemático surgem intrinsecamente ligados, de tal forma que uma área de conhecimento estimula novas descobertas nas outras áreas de conhecimento. Foi um período de renovação com extraordinários trabalhos no campo da arte, cujos processos ultrapassaram e até transcenderam o fotorrealismo.

A visualização da informação, durante o século XIX é objeto de desenvolvimento intenso, através do estereoscópico de Charles Wheatstone e David

Brewster, que trabalhando independentemente realizaram a primeira demonstração do funcionamento de um estereoscópio em 1838 (Fig. 55). Os preceitos utilizados no desenvolvimento foram incorporados e representaram uma incrível contribuição para a visualização da informação.^[110]

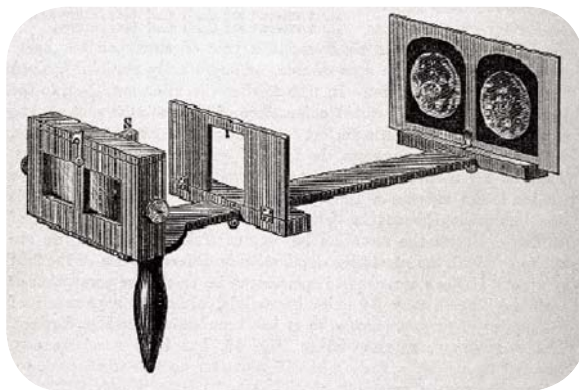


Fig. 55 - Inventado em 1833, o estereoscópio permitiu aos espectadores a visualização em 3D de fotos ou desenhos^[110]

As dificuldades em representar o imaginário, pelo nível de abstração que algumas vezes é necessário para comunicar um evento ou conceito e o desdobramento na sua realização final, constitui um dos grandes desafios e potenciais em inovação do campo da realidade virtual.^[111]

Alguns teóricos acreditam que a habilidade para perceber objetos tridimensionais independe da raça, gênero ou cultura, mas tão somente do olho humano; há os que crêem que se faz necessário um condicionamento cultural determinado por uma sucessão de exposições visuais a outras mídias normais, para beneficiar a percepção dos objetos em 3D. A possibilidade de visualização de objetos oriundos do real observado ou que corresponda a realização do imaginário, foi extremamente beneficiada pelo advento da computação.

3.2. FUNDAMENTOS DE REALIDADE AUMENTADA

O conceito de Realidade Aumentada incorpora o uso de aplicações tecnológicas que permitem o uso de cenas em 2D ou 3D de objetos virtuais para melhorar e aumentar a percepção visual de um ambiente real.^[111]

O *continuum* realidade-virtualidade de Milgram (Fig. 56) é o esquema clássico que apresenta as relações entre realidade/virtualidade, tendo se tornado uma referência clássica de esquema.^[112]

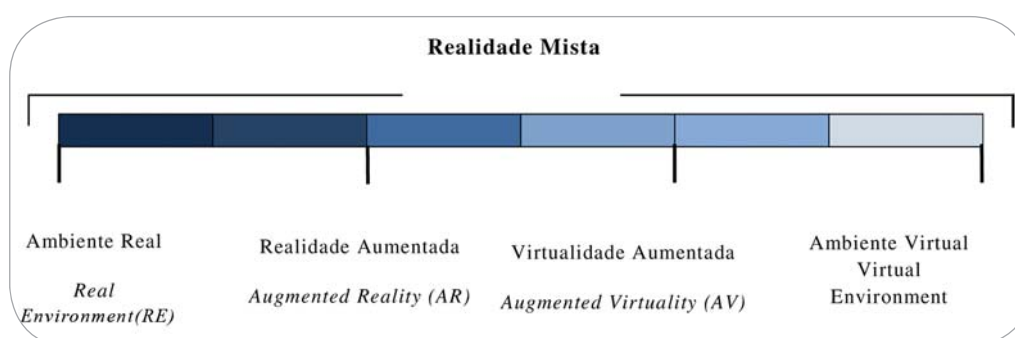


Fig. 56 - Continuum Realidade- Virtualidade^[113]

Nesta ótica, a Realidade Aumentada é uma seção de um conjunto denominado Realidade Mista; a Virtualidade Aumentada é aquela na qual os objetos reais são adicionados aos objetos virtuais e Ambiente Virtual é aquele onde todo o ambiente é estruturado e concebido com objetos virtuais, enquanto na Realidade Aumentada o ambiente é real e ali são inseridos objetos virtuais. É desta forma, que a tecnologia da Realidade Misturada pode aumentar a percepção do usuário e favorecer a interação com o mundo real com ênfase e de modo particular através do emprego da Realidade Aumentada.^[114]

Em síntese, os sistemas de Realidade Aumentada são aqueles nos quais em um ambiente real são adicionados objetos gerados por computador, que coexistem de tal forma em tempo real e com tal alinhamento entre si que proporcionam a idéia de “aumentar” a realidade do mundo real.

Por definição, Realidade Aumentada (RA) é uma variante de Ambientes Virtuais (AV), ou Realidade Virtual como é do senso coletivo. Enquanto nos sistemas que utilizam Realidade Virtual, não é possível ao usuário visualizar o mundo real ao seu redor, nos sistemas de Realidade Aumentada ocorre uma suplementação do mundo real. Esta coexistência entre o mundo real e o mundo virtual provoca a sensação de “aumento” do real.^[113, 114]

Utilizando a clássica definição de sistemas de Realidade Aumentada, possuem três características:^[114]

- Combina conteúdo do mundo real e do mundo virtual;
- O sistema é interativo e seu desempenho ocorre em tempo real;
- Os objetos/conteúdos virtuais/sintéticos são registrados no mundo real.

Três aspectos são relevantes na coexistência de dois mundos para que obtenha intensidade e qualidade suficientes de forma que o usuário tenha a sensação de realismo:^[115]

- uma calibração precisa que alinhe corretamente a posição e orientação dos objetos virtuais junto aos objetos reais;
- integração em tempo real destes objetos;
- uma renderização de alta qualidade.

Ao menos, seis categorias têm explorado o potencial de aplicações em Realidade Aumentada: educação, medicina, engenharia, treinamento militar, entretenimento, manutenção e reparos^[116] (Fig. 57).

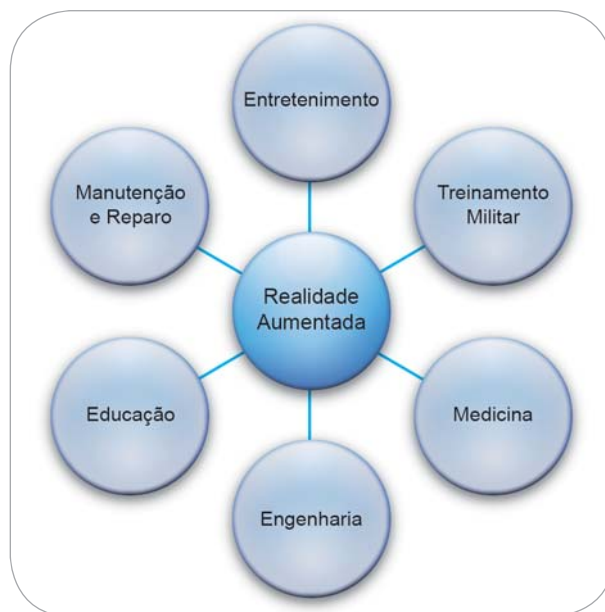


Fig. 57 - Áreas de aplicação da Realidade Aumentada.

As aplicações na área de entretenimento podem estimular, dentre outros fatores a sociabilidade, pois retira o usuário da frente da tela do monitor e tanto pode favorecer a games *outdoor* quanto a *indoor*. Dois exemplos são o “ARQuake”^[117] (Fig. 58 e 59), baseado na versão popular do jogo Quake e o “Invisible train” - Trem Invisível^[118] (Fig. 60 e 61), uma aplicação multiuso para dispositivos do tipo *handheld*.



Fig. 58 - ARQuake. Uso Autorizado.



Fig. 59 - Campo de Visão do Usuário.

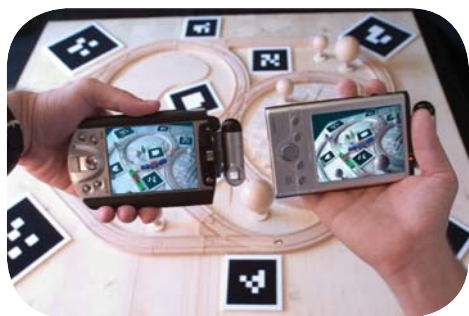


Fig. 60 - Trem Invisível - Cortesia Vienna University Technology.



Fig. 61 - Trem Invisível - Cortesia Vienna University Technology.

Na área de engenharia civil, a inspeção de corrosão é uma atividade comum para predição de um eventual colapso por fadiga de vigas ou pilares. O sistema permite ao usuário se mover livremente em torno do material e ajustar o aspecto do modelo (Fig. 62) de acordo com os dados identificados de stress.^[119]



Fig. 62 - Aplicação de RA em Engenharia Civil.

Na área de manutenção e indústrias, uma recente aplicação de RA foi desenvolvida para a inspeção termal de equipamentos em industriais. A inspeção termal é uma forma de identificação prévia de falhas em um sistema. O projeto mivaTherm (Fig. 63 e 64) faz uso de propriedades de RA para agregar informações importantes ao ambiente real na execução da tarefa de inspeção termal, através da captura de imagens com uma webcam e uma câmera de visão termal. Deste modo pode identificar o aquecimento excessivo ou mal funcionamento de equipamentos em faixas de temperatura diferentes do previsto.^[120]



Fig. 63 (A) - Usuário equipado para utilizar o CapCam, com capacete, cinturão do miva e o HMD; (B) detalhe da cabeça - o CapCam não interfere no dispositivo de exibição adaptado à cabeça; (C) os cabos de conexão ficam por trás do usuário.^[120]

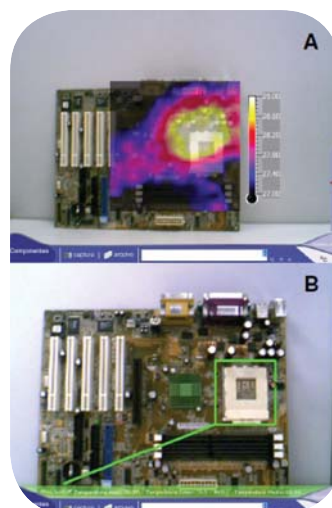


Fig. 64 - Interface do software MivaTherm que possui recursos de (A) imageamento térmico e (B) detecção de componentes.^[120]

Em Bucareste, pesquisadores romenos desenvolveram um sistema de RA para uso na educação, mais precisamente se tratou de uma validação do sistema denominado ARiSE (*Augmented Reality for School Environments - Ambientes Escolares para Realidade Aumentada*) (Fig. 65) e seu objetivo foi criar a colaboração remota entre classes distintas em um cenário de Biologia.^[121]



Fig. 65 - Aula de Biologia em Ambiente Colaborativo.^[121] Uso Autorizado.

Dentre as aplicações militares, o uso de RA permite a visualização de mapas com o objetivo de navegação, instruções do sistema e dispositivos de mira na aviação militar (Fig. 66).

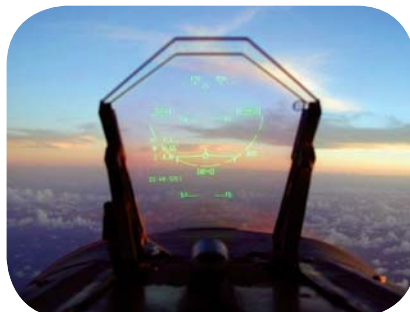


Fig. 66 - Interface de Visualização para Navegação em Aviação Militar.

O crescimento e cobertura das mais variadas áreas estimulam as pesquisas e aprimoramentos das técnicas de realidade aumentada, sempre em busca de superar eventuais problemas ou limitações em seus campos de aplicação.

Analisando a produção científica de artigos desta literatura específica, tendo como base os últimos dez anos de publicação (1998 a 2007) nos principais congressos sobre Realidade Aumentada ou Mixta, como o ISMAR (*International Symposium on Mixed and Augmented Reality*), ISMR (*International Symposium on Mixed Reality*), ISAR (*International Symposium on Augmented Reality*) e IWAR (*International Workshop on Augmented Reality*), pode-se identificar que o total dos artigos se divide em dois grupos, descritos em ordem decrescente. O primeiro grupo englobando as cinco maiores áreas de pesquisa como técnicas de tracking, técnicas de interação, registro e calibração, aplicações de RA e tecnologias de dispositivos de visualização; o segundo grupo representa as áreas tecnológicas em desenvolvimento ou de interesse emergente, como teste e validação, tecnologia móvel RA, ferramentas de autoria em RA, visualização, RA multimodal e renderização.^[122]

Foram eleitas as 04 (quatro) conferências em questão, uma vez que estes eventos incorporam os artigos cuja frequência de citação anual é de 5.0 ou mais ao ano.

Uma análise pormenorizada demonstra uma franca concentração, ocupando o primeiro lugar, aqueles trabalhos onde a temática é *tracking* e que acumula a maior produção e citação em outros trabalhos, o que se explica com facilidade, pelo fato de constituir uma área de sustentação fundamental quando nos referimos a tecnologias de Realidade Aumentada; em segundo lugar, surgem os trabalhos no campo das técnicas de interação, tecnologia móvel de RA, e RA multimodal que têm se tornado assunto de popular interesse refletindo uma mudança no eixo de pesquisa para exploração e aplicação destas tecnologias no mundo real com caráter inovador.^[122]

Tendo como base as conferências de maior impacto e a contribuição para o conhecimento qualificado e inovador, é possível afirmar que o estado da arte em Realidade Aumentada é expressivamente positivo ao longo dos anos, e de grande potencial de diálogo com outros eixos do conhecimento, como por exemplo, a educação e a saúde, cenários em que se situa o desenvolvimento desta pesquisa.

A versatilidade com a qual é incorporada a outros campos, trazendo, um valor inovador é responsável pelo seu crescimento em muitas áreas.

3.3. TECNOLOGIAS DE SUPORTE À REALIDADE AUMENTADA

O aspecto atraente da Realidade Aumentada para muitos usuários está exatamente na possibilidade de trazer para seu mundo real uma diversidade de objetos virtuais e, desta maneira, enriquecer e aumentar a visão que possui. Isto tem se tornado possível pelo avanço das técnicas de Visão Computacional e Computação Gráfica, somadas ao aumento de capacidade de processamento dos computadores.^[123, 124, 125]

O manuseio dos objetos virtuais com as mãos é um dos fortes atrativos da interação em ambientes de Realidade Aumentada. A interatividade com atualização em tempo real, uma das características desta modalidade, passa a funcionar como um catalisador de interesse expressivo em aplicações deste gênero, uma vez que dá margens a representação da imaginação.

O desenvolvimento de um sistema de Realidade Aumentada requer um processo metodológico do qual fazem parte: software, hardware com grande capacidade de processamento, sistema de rastreamento para identificação da posição e orientação dos objetos virtuais e do usuário, tecnologias de exibição e a composição com dispositivos ou recursos que favorecem a interação com o ambiente.

Basicamente são três os componentes de um sistema de Realidade Aumentada:

- O gerador de cena, dispositivo ou software responsável pela renderização da cena;
- O sistema de rastreamento, que consiste em tarefa de primeira ordem em sistemas de RA em função dos problemas relacionados ao registro;
- Os dispositivos de visualização de RA, cenário constituído por várias tecnologias de exibição, cuja escolha está na dependência direta das características da aplicação.

As aplicações de Realidade Aumentada podem ocorrer em ambientes internos (*indoor*) ou ambientes externos (*outdoor*), e um conjunto de recursos tecnológicos é agregado de forma a favorecer ao melhor desempenho de acordo com as características do ambiente.

Trataremos neste capítulo das questões pertinentes a geração de cena e ao sistema de rastreamento e no capítulo seguinte, aquelas pertinentes as tecnologias de exibição e sistema visual.

3.3.1. GERADOR DE CENA

O gerador de cena é o dispositivo ou software responsável por renderizar a cena. A renderização não se constitui em problema de ordem maior em Realidade Aumentada, uma vez que os objetos sintéticos a serem desenhados nem sempre requerem

que sejam feitos com minúcias de detalhes realísticos para que sirvam ao propósito da aplicação.^[115]

Atualmente, devido ao avanço em recursos de hardware como capacidade de processamento, aumento de memória e forte desenvolvimento das placas gráficas, o processo de renderização tem se tornado mais ao alcance do usuário comum.

Dentre as ferramentas conceituais para a representação de objetos ou mundos sintéticos em aplicações que utilizam recursos de computação gráfica, está o grafo de cena.

“Um grafo de cena é formado por nós conectados por arestas compondo um grafo acíclico direcionado. Os atributos de cada nó podem ou não, influenciar aqueles nós que se encontram conectados e assim sucessivamente, o que é denominado de herança de estado”^[126]

A vantagem direta do grafo de cena diz respeito a sua capacidade de melhorar o desempenho da aplicação, aumentar a produtividade através da redução de linhas de código para implementar a mesma funcionalidade em uso de uma interface de programação de baixo nível; a portabilidade favorecida pelo encapsulamento das tarefas de baixo nível requeridas para renderizar a cena, ler e escrever os arquivos; o fato de poder ser escalonado, uma vez que são feitos para funcionar em configurações simples como a de um computador de mesa, placas gráficas convencionais ou em estações de trabalho.^[126]

Se destacam como grafos de cena o *OpenGL*, da Silicon Graphics e o *OpenSceneGraph*, construído sobre plataforma *OpenGL*, Ambos serão novamente abordados no capítulo 7.

As imagens sintéticas são assim geradas a partir daí e enviadas ao dispositivo de exibição em uso pelo usuário, de tal modo que são combinadas ao mundo real observado.

3.3.2. REGISTRO - RASTREAMENTO

O Registro se refere à consistência entre informações sintéticas e o ambiente real, de forma a determinar a posição de um usuário que se movimenta pelo ambiente. A sincronia entre tais informações e, portanto, o registro, para identificação e rastreamento em tempo real de um objeto, dispositivo ou indivíduo com o objetivo de reconhecer sua posição e orientação no espaço que esteja ocupando, sem que perca esta referência quando se movimentam, demanda complexos e avançados sistemas de rastreamento, tecnicamente denominado de *tracking*.

Aplicações que se utilizam de Realidade Aumentada, como os simuladores na aviação civil e militar, simulações em outras instâncias e alguns sistemas no âmbito da saúde, navegação, rastreamento balístico de míssil, engenharia, arquitetura possuem requisitos em termos de precisão, distância e tempo de atualização que somente podem alcançar sucesso com eficientes e eficazes sistemas de *tracking*.

Efetuar o *tracking* de um objeto em uma seqüência de vídeo significa identificar de forma contínua sua localização quando o objeto ou a câmera se movem. Mais especificamente, o *tracking* 3D aponta para a descoberta contínua dos seis graus de liberdade que definem a posição da câmera e a orientação relativa à cena, ou equivalentemente, o deslocamento 3D de um objeto em relação à câmera.^[116]

Os seis graus de liberdade (6-DOF - *six degree of freedom*) é um conceito derivado da aviação (Fig. 67a) que se refere ao movimento de um corpo rígido em três graus de translação (vertical, lateral, e longitudinal) combinado com três graus de rotação *pitch* - para cima e para baixo, *yaw* - de um lado para o outro em sentido horizontal e *roll* - oscilando de um lado ao outro e que espacialmente representado corresponde a ilustração da (Fig. 67b).^[107, 127]

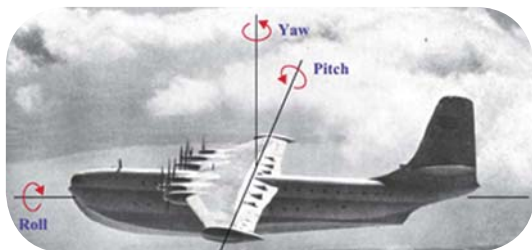


Fig. 67a - Conceito derivado da aviação (6-DOF)^[107]

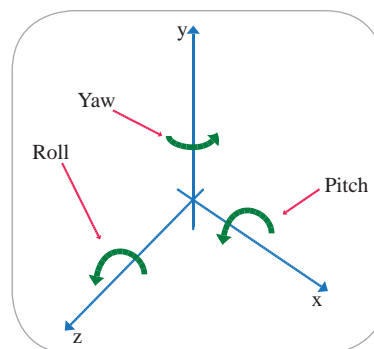


Fig. 67b - Representação dos 6 graus de liberdade (6-DOF)^[107]

É o sistema de *tracking* que nos permite identificar a localização e orientação do usuário em tempo real e reorientar os objetos virtuais no mundo real em relação ao usuário. Para o sucesso deste rastreamento com reposicionamento em tempo real, dois componentes são alvo de *tracking*: o objeto virtual e o usuário. O objeto virtual tem sua posição e orientação identificada a partir de artefatos físicos (e.g. marcador fiducial, imagem com textura) e o usuário tem sua posição e orientação rastreada em relação ao sistema de coordenadas.

Os sistemas de *tracking* mais conhecidos incluem as seguintes tecnologias: ultrassom, mecânica, inercial (acelerômetros e giroscópios), magnéticos, óticos (laser e infravermelho), híbridos e baseados em imagem, também denominados marcadores fiduciais.

3.3.2.1. ACÚSTICO

A tecnologia de *tracking* acústico utiliza uma técnica chamada “*time-of-flight*” (*TOF*), ou tempo de voo em português como dispositivo de mensuração da posição através de sinais ultra-sônicos (frequência inferior a 40KHz) que funciona por triangulação (Fig. 68 e 69). Um ou mais emissores de dimensões mínimas são montados em um dispositivo fixo, e emitem pulsos elétricos que são transformados em ondas sonoras e captados pelos sensores (microfones). Os microfones usualmente estão instalados nas

pontas dos triângulos. O tempo entre a emissão e recebimento do pulso sonoro é medido e a distância entre os dois lados pode ser calculada com base na velocidade do som no ar. Oferecem uma boa precisão, pequena dimensão, boa disponibilidade de mercado e baixo custo. Podem ser instalados em dispositivos para a cabeça, braço e corpo, entretanto sofrem a interferência gerada por ecos refletidos do sinal sonoro, podem perder a acurácia do sinal porque a velocidade do som sofre variâncias determinadas pela temperatura, pressão e umidade e requerem a manutenção de uma linha de visão entre o transmissor e o receptor.^[124, 128]

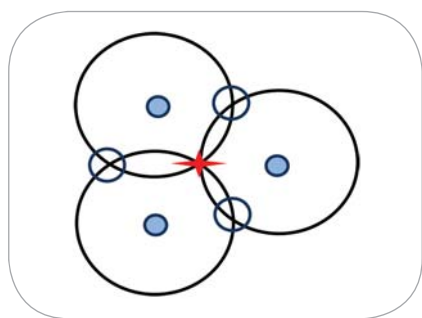


Fig. 68 - Sistema de Triangulação.



Fig. 69 - Sistema de Tracking Acústico.

3.3.2.2. MECÂNICO

Consiste em uma estrutura cinemática composta por braços interconectados por juntas articuladas, onde se localizam dispositivos, do tipo potenciômetros ou codificadores óticos, e que medem a rotação (Fig. 70). Esta estrutura fornece o ângulo e comprimento em que os braços articulados são manuseados, juntamente com a posição do hardware fixado, assim é possível calcular a posição do objeto no espaço.

A acurácia e resolução são altas, a latência é pequena em função da simplicidade dos sensores, não sofrem interferência do ambiente porque não se utilizam de transmissores ou receptores de sinais, freqüentemente tem baixo custo.



Fig. 70 - Binocular Omni-Orientation Monitor BOOM® 3C.

3.3.2.3. INERCIAL

O princípio geral, sob o qual se fundamenta esta modalidade de sistema de *tracking* é da mensuração de aceleração da massa ou da orientação da massa ao efetuar um movimento de giro. Este tipo de *tracking* usa minúsculos giroscópios para informar a inclinação do usuário, da sua cabeça, mãos ou corpo. Giroscópios são baseados na conservação do ângulo momentâneo, desta forma uma alteração na rotação pode ser medida pela mudança da velocidade angular.

Podem utilizar também acelerômetros, que se baseiam na medida da força exercida sobre a massa, desde que a aceleração não possa ser mensurada diretamente. Tem como vantagens o fato de utilizar transmissores ou receptores, trabalham teoricamente com volume ilimitado, têm amplo espectro de alcance e baixo peso.

Este tipo de sistema (Fig. 71) não é utilizado com frequência em sistemas de Realidade Virtual ou Aumentada, pois eles não informam a posição, mas somente as mudanças de orientação, portanto não possuem seis graus de liberdade, além de demandarem constante calibração, sem o que podem incorrer em erro. Apesar de não ter boa adesão como uma tecnologia isolada, está muito presente em tecnologias de *tracking* híbrido.



Fig. 71 - Inercia Cube 2[®]
Intersense© Uso Autorizado.^[129]

3.3.2.4. MAGNÉTICO

O cerne do sistema é um pequeno sensor que pode ser afixado em qualquer objeto ou superfície. Consiste na transmissão e recepção de um campo magnético em que a oscilação é gerada em três rolos ortogonais, cada um correspondendo a um eixo diferente do sistema 3D de coordenadas do lado de transmissor (Fig. 72).

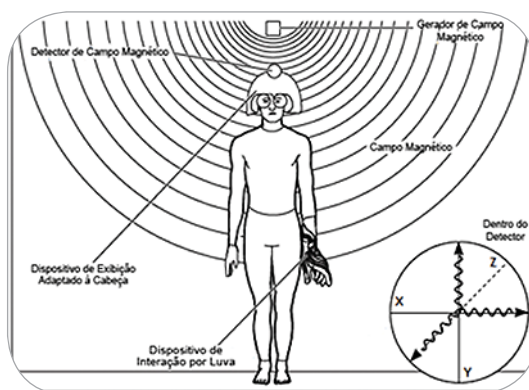


Fig. 72 - Tracking Magnético^[107]

A intensidade recebida do campo magnético em cada direção, varia com a distância (cubicamente) entre transmissor e receptor como também, com a diferença na orientação entre eles. O cálculo da posição e orientação é efetuado através da medida da intensidade do campo magnético induzido nos receptores.

O número de sensores necessários é definido pela dimensão do objeto e espaço que ocupa. Os sensores detectam a força dos campos magnéticos que são criadas por geradores de campo. Quanto mais próximo do gerador, mais intenso é o sinal, contudo este tipo de sistema apresenta desvantagens pelo fato de ser vulnerável a distorções causadas por qualquer objeto metálico no ambiente, com conseqüente perda da acurácia e trabalha com pequenos volumes.^[128]

Este tipo de sistema não tem sido muito utilizado, estando em verdade em desuso em função das interferências muito comuns, e que lhe impõem uma grande limitação de aplicações.

3.3.2.5. HÍBRIDO

Um sistema de *tracking* híbrido é aquele que utiliza dois ou mais padrões tecnológicos combinados a fim potencializar os recursos e alcances de sistemas de *tracking*.^[116]

Todas as tecnologias utilizadas para *tracking* possuem limitações que lhes são inerentes, a exemplo de sensores magnéticos e por frequência de rádio que sofrem uma interferência natural de objetos metálicos, ou sensores óticos que apesar da alta acurácia, são facilmente obstruídos. A composição com duas ou mais tecnologias busca superar as limitações de uma, somando as vantagens de outra. Um exemplo é o Sistema Intersense© 900, que utiliza em seu sistema tecnologia híbrida de *tracking* inercial e acústico, ou o IS-1220, inercial e ótico (Fig. 73 e 74).^[128]



Fig. 73 - Intersense ® 900. Uso Autorizado.



Fig. 74 - IS 1220 - Motion Track System® Intersense© Uso autorizado.

3.3.2.6. ÓPTICO

O padrão de mensuração adotado por tecnologias deste tipo calculam com exatidão a posição e orientação de um instrumento, objeto ou pessoa por um sistema de coordenadas pré-definidas. Rastreadores óticos de movimento freqüentemente usam múltiplos sensores de imagem desde câmeras 2D à diodos emissores de luz (LED – Light Emitting Diode) para detectar a luz emitida ou refletida por objetos e assim determinar sua posição.

Desta forma, os sistemas de *tracking* óptico podem ser baseados em marcadores ativos, por emissão de raios infravermelhos ou passivos, por retroreflexão (Fig. 75 e 76) que são considerados como pontos - ou em sistemas MAR (*Markerless Augmented Reality*).



Fig. 75 - Marcador passivo



Fig. 76 - Marcador ativo

No primeiro caso o *tracking* é baseado na informação recebida das múltiplas câmeras, o sistema é capaz de calcular a localização de qualquer marcador através de

geometria por triangulação e integrar os objetos virtuais em um ambiente 3D em tempo real. É possível, também identificar a orientação quando mais de dois marcadores ópticos são agrupados formando um sólido alvo o que possibilita então uma cobertura nos seis graus de liberdade (6-DOF); no segundo caso, baseado na combinação da cena observada em 2D com formas predefinidas.^[128]

Sistemas MAR não são baseados no uso tradicional de marcadores artificiais, que são inseridos no mundo real para dar suporte da posição e orientação ao sistema. Neste particular, qualquer parte do ambiente real pode ser utilizado como um marcador e, portanto, pode ser rastreado para definir onde inserir os objetos virtuais.

A classificação dos sistemas de *tracking* óptico pode ser efetuada pelo tipo de configuração, capacidade de tempo real e tipo de marcadores.

Quanto à configuração podem ser *Inside-Out* (Fig. 77a e 77b) se a câmera pode se movimentar e os objetos que serão rastreados está fixos, caso contrário ele será *outside-in*, quando a câmera está fixa e o objeto a ser rastreado pode se mover.

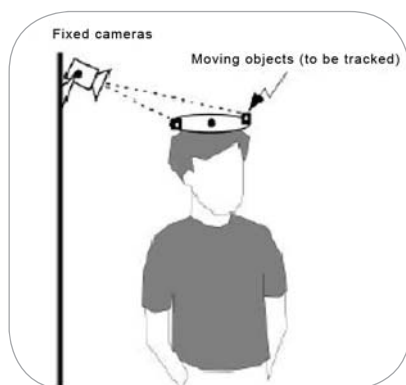


Fig. 77a - Inside-out.

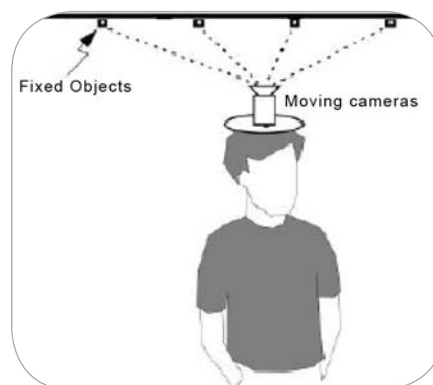


Fig. 77b - Outside-in.

Quanto à capacidade de tempo real, está relacionado diretamente ao tempo de processamento da informação em relação à aquisição. É considerado capaz se processar totalmente a informação rastreada, imediatamente após a aquisição com um tempo mínimo de atualização, de outra forma é denominado de sistema *off-line*.

Os tipos de marcadores, também chamados de alvo, são os objetos rastreados, que podem ser passivos se utilizam somente a reflexão da luz ou ativos, se emitem luz.

Esta modalidade de *tracking* possui uma boa taxa de atualização, facilita a cobertura de amplas e extensas áreas por trabalhar com múltiplos sensores. Como desvantagens, tem um alto custo consideradas outras tecnologias, requer um poder de processamento computacional alto, o sinal de luz precisa ser mantido sem o que, ocorrerem erros de *tracking*.

3.3.2.7. ONDAS DE RÁDIO

A tecnologia de rádio frequência conta com uma ampla e extensa cobertura de área, sendo utilizada por sistemas de radar para *tracking* de ambientes internos, redes locais sem fio (*Wireless Local Area Network* - WLAN) e sistemas baseados em sistemas de posicionamento global (*Global Positioning System* - GPS) para *tracking* em ambientes externos.

As interfaces WLAN, típicas de sistemas que dão suporte a tecnologias de comunicação móvel como notebooks, assistente pessoal digital (*Personal Digital Assistants* - PDAs) e atualmente alguns modelos de celulares inteligentes *Smartphones* são equipados com cartões WLAN, possuem acurácia não superior a 1m.

Os sistemas baseados em radar mensuram o tempo de vôo (*TOF-time-of-flight*) da onda de rádio, para determinar a distância dos sensores ao objeto rastreado, com varreduras em distintas direções, e assim determinar a posição exata deste.^[128]

Estes sistemas não possuem boa acurácia e não são utilizados satisfatoriamente em aplicações de Realidade Virtual ou Aumentada, muito embora sua alta disponibilidade e confiança para o uso em ambientes externos seja um marco importante.

3.3.2.8. MARCADORES FIDUCIAIS ÓPTICOS

A busca de soluções menos custosas, tem sido uma das tendências do campo da visão computacional, com investimentos no desenvolvimento de algoritmos robustos que representam uma alternativa resolutive.

O *tracking* 3D baseado na visão, pode ser dividido em dois momentos: no primeiro a imagem é processada para extrair algum tipo de informação dela própria e em segundo se dá a estimativa da posição e orientação. Isto se aplica genericamente a todo sistema de *tracking*, contudo marcadores podem ser adicionados a cena no sentido de auxiliar estes dois momentos.^[116]

Alguns destes recursos que tem demonstrado uma resposta muito positiva na qualidade de *tracking* representam em sua quase totalidade, iniciativas não comerciais e situadas na esfera da pesquisa e/ou de uso livre.^[130, 131, 132]

Uma identificação fiducial (*fiducial tag*) é primordialmente um código de barras visual projetado de tal forma que seja pronta e facilmente identificado por uma máquina. No nosso cotidiano é possível observar tecnologia similar, como no caso de códigos de barra em lojas, estabelecimentos e fichas de compensação bancária para pagamento de contas pessoais. A diferença é de que, neste caso os sistemas não consideram o posicionamento espacial do marcador, mas somente sua identificação é suficiente. Em Realidade Aumentada este princípio vai um pouco mais além, sendo possível além da identificação a possibilidade de extrair informações sobre a localização e orientação dos marcadores.^[133]

3.3.2.8.1. MARCADORES FIDUCIAIS QUADRADOS

A seguir estão apresentados em ordem de escala o mais conhecido dos marcadores fiduciais e um breve panorama de outros tipos de marcadores fiduciais, como os circulares. Inicialmente, trataremos dos mais populares, tais como o *ARToolKit*, *CYBERCODE* e *InterSense*.

3.3.2.8.1.1. ARTOOLKIT

ARToolkit é um sistema de *tracking* baseado em marcadores ópticos (Fig. 78) que disponibiliza uma biblioteca livre para desenvolvimento rápido de aplicações de Realidade Aumentada. É largamente utilizada, e possui forte contribuição para disseminar aplicações em Realidade Aumentada possibilitando o cálculo da posição da câmera e orientação em relação a um marcador físico em tempo real. Foi desenvolvida inicialmente na Universidade do Japão e atualmente é mantido pela Universidade de Washington, nos EUA, Universidade de Canterbury, na Nova Zelândia e ARTooworks, Inc. Seattle.

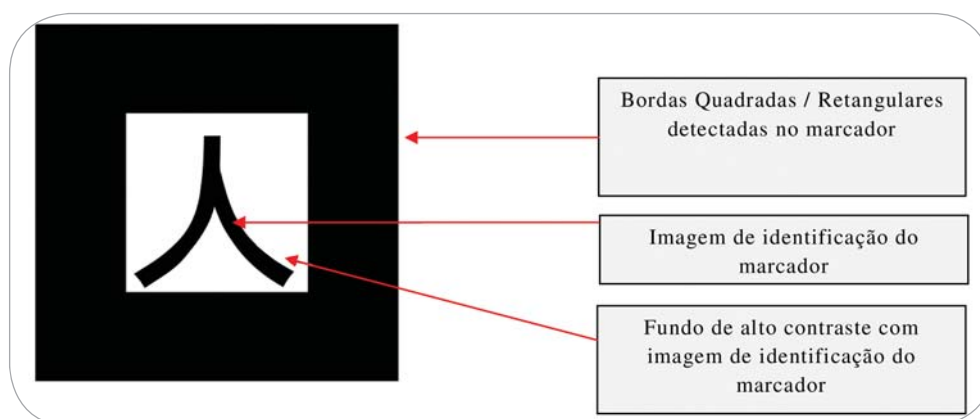


Fig. 78 - Marcador do ARToolKit.

A biblioteca *ARToolKit* foi desenvolvida por Kato e Mark Billinghurst, e muitas modificações têm ocorrido ao longo dos últimos 10 anos representando algoritmos

mais robustos para *tracking* e utilização multiplataforma, entretanto permanece limitado ao uso de uma única câmera e à identificação de alvos quadrados pretos cujos padrões são previamente conhecidos, incluindo a dimensão. Atualmente oferece suporte para plataformas Windows, Linux, Mac e SGI, mas requer instalações distintas de acordo com o sistema operacional.

Essencialmente, uma das grandes vantagens da sua utilização reside no fato de ser distribuído em código aberto e compilado na plataforma do usuário, além de não demandar alto custo de investimento já que, para a implementação de aplicação típica não requer um extenso investimento em hardware. A construção de uma aplicação baseada no *ARToolKit* demanda somente uma webcam regular conectada por uma porta *Universal Serial Bus* (USB) 2.0 ou interface 1394 *Firewire* de um PC rodando o *ARToolKit*.

Apesar do fato de que provavelmente é o melhor sistema conhecido e largamente utilizado em pesquisas de RA, é no entanto susceptível a uma alta ocorrência de falso positivo e confusão entre os marcadores o que compromete sua confiabilidade na correlação da imagem com a identificação do marcador.^[133]

O processamento da aplicação segue uma seqüência pré-estabelecida: a imagem de vídeo é capturada pela câmera e transformada em uma imagem binária (preto e branco) através de um algoritmo baseado no valor limiar de iluminação, conhecido como limiarização ou *threshold*, demonstrado na Fig. 79. São descartados os canais de cor da imagem original e aproveitado tão somente a intensidade de luminância de cada ponto. Para dividir os estados e definir a condição binária da imagem é utilizado um valor de limiar para cada estado, de forma que valores de luminância abaixo do limiar serão considerados como 0/preto e aqueles valores acima do limiar serão considerados 1/branco.

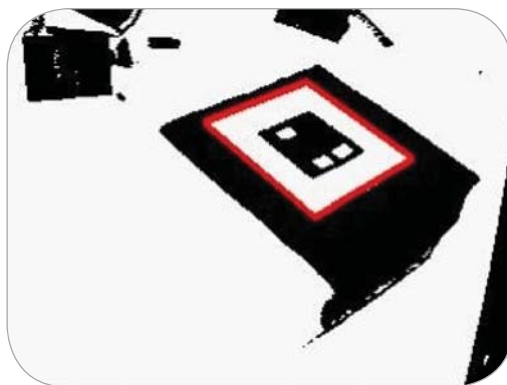


Fig. 79 -*Threshold.*

A busca da imagem virtual é realizada nas placas quadradas referenciais (marcadores) pela webcam. Os marcadores são objetos físicos de forma quadrangular ou retangular, e habitualmente de cor preta. No centro do marcador está disposto outro desenho, também preto com o fundo branco. O processamento é então assegurado pela monocromaticidade e o alto contraste das marcas e realizado posteriormente a aplicação.

Marcadores quadrados fornecem quatro pontos por marcador que são computados para definir a posição (Fig. 80).



Fig. 80 - Vértices que o ARToolKit analisa para calcular a posição e orientação.

Entretanto ainda resta um desafio significativo que precisa ser revertido: a detecção de marcadores fiduciais requer que este esteja completamente visível para o código possa ser extraído, permitindo então o seu reconhecimento.

3.3.2.8.1.2. CYBERCODE

Desenvolvido por Rekimoto e Ayatsuka, o CYBERCODE é baseado em tecnologia de código de barra 2D que resulta na representação visual de etiquetas virtuais.

O sistema de marcadores pode ser reconhecido por câmeras do tipo Semicondutor de Óxido de Metal Complementar - CMOS¹¹ ou Dispositivo de Carga Acoplado (*Charge Coupled Device*) - CCD¹², muitas das quais existem em dispositivos móveis, determina a posição 3D de um objeto tão bem quanto sua etiqueta de identificação. Trata-se de aplicação robusta e proprietária.

Marcadores fiduciais ópticos são a solução tecnológica menos custosa para aplicações de Realidade Aumentada, pois podem ser obtidos em impressoras de uso doméstico e suportam aplicações extremamente ricas, algumas das quais móveis.

As tecnologias CCD ou CMOS, são comuns em dispositivos móveis como notebooks e PDAs. Tradicionalmente, leitores de barra 2D freqüentemente contêm um sensor CCD com resolução relativamente alta, luzes e lentes específicas para o reconhecimento. Estes leitores só podem utilizados para o reconhecimento de códigos de barra, sendo impossível utilizá-los como câmeras comuns.^[134]

O Cybercode viabiliza a associação de informação digital, do tipo etiquetas, em objetos do mundo real utilizando tais dispositivos. Um dos exemplos descritos pelos desenvolvedores é o seguinte: a utilização do marcador para obtenção de informação digital sem a necessidade de se referir a um nome de arquivo ou Localizador de Recursos Universal - URL (*Uniform Resource Language*). Para isto um determinado documento (manual, etiqueta e etc.) quando fosse impresso receberia um código único, quando um dispositivo de reconhecimento, como uma câmera reconhece a ID¹³ então uma ação predefinida seria iniciada (Fig. 81) – como abrir uma página web específica ou iniciar um filme.^[134]

¹¹ O CMOS usam vários transistores para cada pixel para amplificar e mover a carga usando os tradicionais fios. O sinal já é digital por isso não necessita do conversor analógico-digital.

¹² Em câmeras com dispositivo CCD, o sensor transporta a carga pelo chip e lê o valor na esquina da linha. Um conversor analógico-para-digital então troca o valor do pixel para o valor digital, pela medição da quantidade de carga em cada célula.

¹³ O ID é um atributo que permite definir uma única identidade para qualquer objeto deste tipo.



Fig. 81 - Rotúlo Virtual

O marcador *Cybercode* é reconhecido em cinco etapas: utilização de método binário que transforma a imagem em preto e branco com base em luminância (*threshold*); seleção das regiões a serem conectadas, que em um segundo momento tem uma ordem específica e se tornam barras guias para a etiqueta; quando a barra guia e os quatro cantos são localizados o sistema decifra o padrão de bitmap do alvo.

Como demonstra a Fig. 82 utilizando as posições dos cantos (corners) do marcador, estima e compensa o efeito de distorção causado pela inclinação/orientação da câmera/objeto e por último decifrando o padrão bit do código, checa se há erros, o sistema determina se a imagem contém o CyberCode correto ou não.^[134]

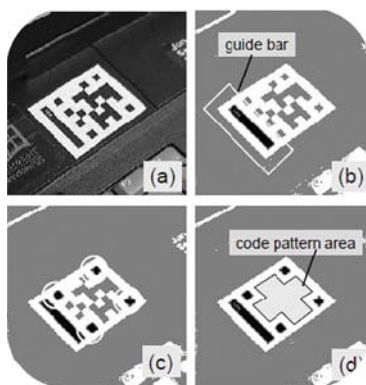


Fig. 82 - Etapas de reconhecimento do marcador do CyberCode.

3.3.2.8.1.3. ARTAG

O marcador ARTag é um sistema de detecção baseado na biblioteca ARToolKit, tendo sido desenvolvido pelo *National Research Council of Canada* e consiste em uma biblioteca de padrões, que ao serem colocados em uma superfície plana e visualizados por uma câmera de vídeo ou *webcam*, podem ser precisamente rastreados.

Seu objetivo foi resolver alguns problemas encontrados na ARToolKit, principalmente no processo de detecção de marcadores, tais como o problema do falso positivo que se refere quando o sistema acusa a presença de um marcador, mas ele não existe; o problema do falso negativo, que diz respeito ao fato do sistema não acusar a presença de um marcador, mas ele existir; e o problema de confusão, traduzido pela situação em que o marcador no ambiente é um e o sistema o identifica como sendo outro.^[135]

O ARTag utiliza padrões para identificação dos marcadores, porém compara códigos digitais compostos de 0s e 1s, ao invés de imagens como o ARToolKit, diminuindo o processamento requerido para sua identificação. Outra característica do ARTag é que ele detecta a presença de oclusão e controle de luz, que são pontos falhos do ARToolKit.^[135]

ARTag é um sistema de marcadores fiduciais, que consiste em uma biblioteca de programação de algoritmos de visão computacional para a detecção dos marcadores em aplicações de Realidade Aumentada e permite a detecção confiável de imagens de vídeo digital. Possui uma biblioteca com 2002 (dois mil e dois) marcadores e não necessita que arquivos padrões seja carregados, a exemplo do ARToolKit. Suporta plataformas Windows, Linux e Mac, mas não está disponível para o uso comercial.

As taxas de falsa detecção (taxa de falso positivo), taxa de confusão entre marcadores, tamanho da detecção em pixels e imunidade a variância de luminosidade são parâmetros importantes em sistemas como estes. O ARTag é um marcador que utiliza

a teoria da codificação digital que lhe permite uma taxa expressivamente baixa de falso positivos e de confusão entre marcadores usando marcadores pequenos, emprega o método de *link* por borda para obter uma boa robustez em situações de variação da luminosidade.

Os marcadores são em padrões planos e bitonais e contém um único número ID codificado com robustas técnicas (Fig. 83). Os resultados experimentais com este sistema têm demonstrado sua validação.^[136]

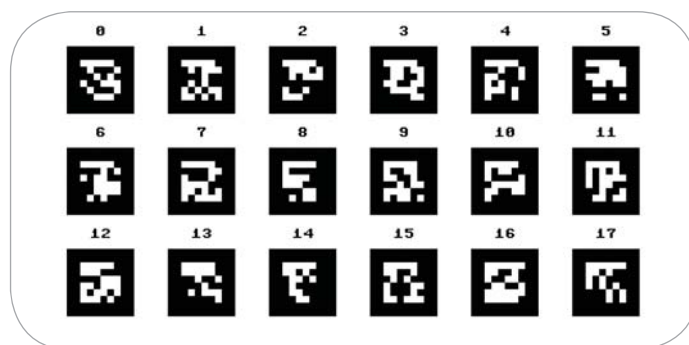


Fig. 83 - Marcadores ARTag.

3.4.2. MARCADORES FIDUCIAIS CIRCULARES

O sistema de marcadores tem sido utilizado já previamente pela fotogrametria, portanto não se trata de uma inovação em primeiro plano a possibilidade de obtenção de informações confiáveis por meio de objetos físicos utilizando processos de captação, medição e interpretação. A localização de imagens pode também ser medida com precisão mais elevada do que com marcadores naturais. Em particular, marcadores fiduciais com a forma circular apresentam um resultado melhor, uma vez que no padrão circular basicamente não ocorre variação que possa distorcer a perspectiva, e porque seu centro favorece uma posição 2D estável, facilmente determinada com um nível de acurácia de sub-pixel.^[137]

O uso e distintos *designs* dos marcadores fiduciais tem sido objeto de muitas pesquisas, tanto pela sua robustez como pelo baixo custo da sua implementação. Embora o senso comum aponte que o marcador fiducial popularmente aceito e utilizado seja o

ARToolKit, talvez o tipo mais popular seja o círculo concêntrico contrastado (CCC – *contrasting concentric circle*).^[138]

Cho e Neumann desenvolveram um sistema de marcadores fiduciais coloridos denominado “*multi-ring*”, multi-anel em português (Fig. 84) para sistemas fiduciais de *tracking* RA escalonáveis. As áreas coloridas são detectadas por expansão de pixels candidatos contra cores de referência. Um centróide é computado por “peso” do pixel por sua distância da cor de referência. O valor deste centróide fornece um ponto 2D para cada alvo. Desde que a câmera esteja calibrada e as posições dos marcadores sejam conhecidas, ao menos três marcadores fiduciais são necessários para estimar a posição e orientação da câmera.^[137]

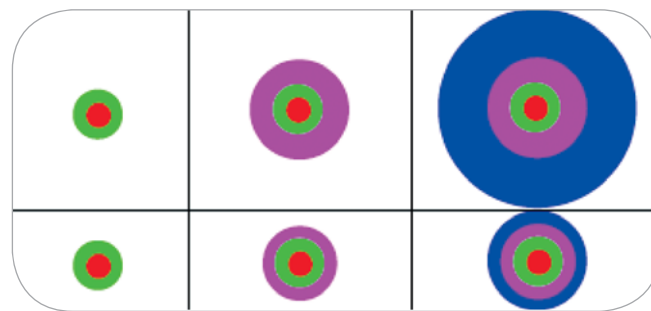


Fig. 84 - Multi-anel (*Multi-ring*).

Naimark e Foxlin fizeram sucessivas aproximações até desenvolverem um novo marcador fiducial circular baseado em código de barras (Fig. 85) e que pode gerar milhões de códigos diferentes, além da possibilidade de cobrir uma ampla área de *tracking*. Todo marcador tem um anel preto exteriormente, dois anéis de dados e outro anel preto interno. Para extrair a informação da cena e ler seu código de barras, foi aplicada uma forma modificada de processamento de imagem homomórfica¹⁴, que tem por finalidade eliminar o efeito não uniforme da iluminação sobre as imagens.^[138]

¹⁴ O filtro homomórfico oferece uma forma de operar sobre os componentes de iluminação e refletância de uma imagem de forma separada. Assim, os efeitos da iluminação ficam associados às baixas frequências e os da refletância às altas frequências.



Fig. 85 - Marcadores fiduciais com código de barras 101, 1967, 32767.^[138]

Um dos últimos estudos sobre marcadores, de 2008 propõem outro desenho de marcador fiducial circular (Fig. 86), cujo algoritmo não requer informação *a priori* dos parâmetros da câmera para sua calibração.^[139]



Fig. 86 - Marcador Fiiducial de Ababsa.^[139]

Para extração da informação foi desenvolvido um algoritmo de detecção robusto rápido, baseado em um eficiente método de ajuste em elipses para dados dispersos. Até a finalização deste estudo, só haviam sido realizados apenas dois experimentos para testar a robustez do algoritmo proposto. O primeiro experimento foi realizado com o objetivo de demonstrar a eficiência de detecção do algoritmo, o segundo teve por objetivo testar o desempenho da identificação da câmera quando utilizada em condições reais de trabalho.

No primeiro teste foram utilizados três marcadores circulares de diferentes tamanhos para simular a mudança de escala da câmera (Fig. 87a). A obtenção de resultados de diferentes perspectivas e distâncias da câmera está demonstrada na Fig. 87b/c/d. Os testes demonstraram a robustez em mudanças de escala e orientação, sem

alterações na qualidade de extração da informação, a despeito dos tamanhos diferentes entre os três marcadores. Devido à distorção de perspectiva, em marcadores circulares o padrão original é transformado em uma elipse quando observado de um ângulo agudo e projetado dentro do plano da imagem.^[139]

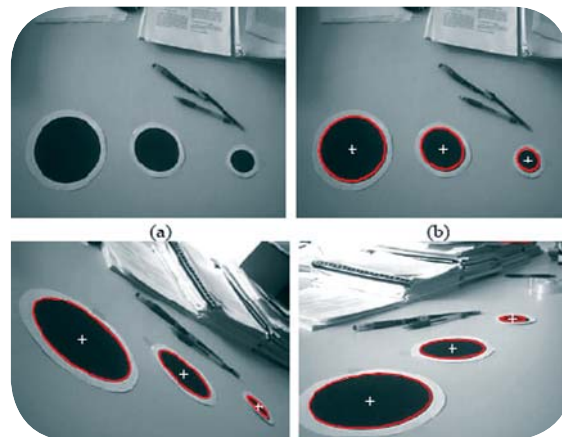


Fig. 87 - Testes de acurácia em marcadores circulares^[139]

3.3.8.3. LIMITAÇÕES DOS MARCADORES FIDUCIAIS ÓPTICOS

As pesquisas em RA voltadas para sistemas de *tracking* têm focado especialmente em tentativas de melhorar e superar as limitações encontradas no uso de marcadores fiduciais primordialmente aqueles decorrentes de erros de registro.

Um avanço considerável neste experimento pôde ser observado em relação ao problema de oclusão parcial do marcador circular. Em testes com oclusão de 50%, a detecção foi positiva e possível, quando em marcadores quadrados esta oclusão parcial já é suficiente para impedir a identificação. Os testes para avaliar a acurácia também demonstraram sucesso conforme pode ser observado na Fig. 88.

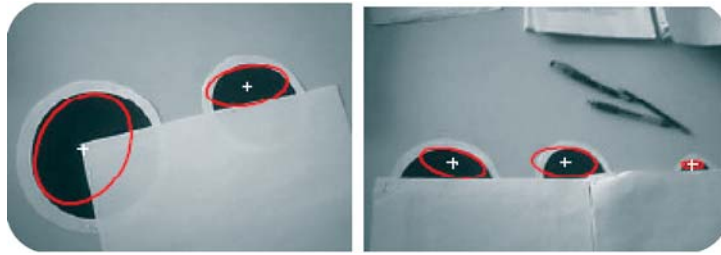


Fig. 88 - Performance do marcador circular^[139]

Relatos sobre limitações do registro baseado em visão computacional são comuns, uma vez que o aparecimento dos objetos virtuais está condicionado ao potencial rastreamento dos marcadores. Isto significa que cobrir algum tipo de marcador com as mãos ou com um objeto, determina sempre que o objeto virtual desapareça (Fig. 89).

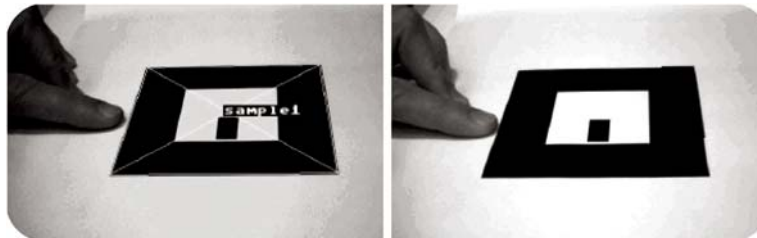


Fig. 89 - Performance do ARToolKit com perda de registro ao tocar a borda do marca do marcador^[135]

Algumas pesquisas já apresentam resultados significativos de que é possível com oclusões de até 50% do marcador (se circular) manter a acurácia como demonstrado no caso do ARTag (Fig. 90).

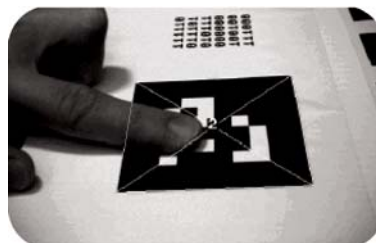


Figura 90 - Performance do ARTag mesmo em oclusão parcial do marcador^[135]

Em grande parte, as limitações dos marcadores fiduciais artificiais têm sido descrita ao longo dos últimos anos, como obstáculos a serem vencidos com grande interesse em função da relação custo-benefício e custo-eficiência de seu uso nas mais variadas aplicações.

O rastreamento também sofre os efeitos da orientação do marcador - sua inclinação - em relação à câmera, de forma que quanto maior a inclinação menor a eficiência do reconhecimento como um resultado típico dos efeitos de perspectiva que distorce o formato original do marcador. Isto ocorre com frequência em relação aos marcadores de forma quadrada, já os marcadores circulares, têm demonstrado avanço com relação aos problemas de inclinação, em especial pelos recentes estudos descritos .

As condições de iluminação podem causar interferências no registro em função da saturação luminosa que cria reflexão e pontos de brilho nas marcas do papel, mas a sugestão de confeccionar os padrões em material anti-reflexivo, como papel camurça já foi mencionado como alternativa satisfatória.^[132]

3.3.2.9. MARKERLESS

O uso de *markerless* é uma segunda possibilidade tecnológica que vem se consolidando, como uma boa opção para ser utilizada como marcadores. Seu uso parte do princípio do uso natural de características da própria cena como referências específicas, que permitem o rastreamento em uma seqüência de imagens no sentido de inferir a posição da câmera em relação à cena. As características de cena para este objetivo podem ser silhuetas dos objetos baseados em segmentos de linhas básicos ou vértices.^[140, 141, 142, 143]

O *tracking* óptico utilizando *markerless* é uma tarefa de grande complexidade e cuidado para o sucesso da aplicação. Diferentemente dos sistemas que utilizam marcadores fiduciais que podem ser dispostos em qualquer local do cenário eleito pelo usuário não importando o estado prévio e o atual de mundo real; os *markerless* como

utilizam referências da própria cena e aumentam a realidade a partir daí, requerem obrigatoriamente, que ao implementar a aplicação aqueles objetos de cena utilizados estejam dispostos da mesma forma, inclusive a luminosidade seja idêntica à da cena pré-captada.^[143]

O princípio desta técnica é se beneficiar dos elementos que estão estáticos e fixos na cena do mundo real, de maneira que sejam facilmente localizados^[141] (Fig. 91 a 93).



Fig. 91 - Uso da Técnica de Markerless em TV.



Fig. 92 - Geração de *datasets*.



Fig. 93 - Aplicação do objeto sintético.

A concepção da idéia orienta-se pelos seguintes princípios:

- Captura da realidade (a cena) através de um sensor de dados, como uma câmera de imagens;
- Geração de todos os possíveis *datasets* virtuais por computação gráfica e que representam o(s) objeto(s) da cena;
- Seleção do *dataset* virtual de maior similaridade com aquele foi capturado do mundo real para fornecer a configuração prevalente na realidade, a exemplo da posição e orientação da câmera.

Este tipo de *tracking* não é de absoluta acurácia, de forma que não se adequa a todas as áreas, em especial àquelas onde a acurácia deve ser soberana, contudo vem sendo bem absorvida em cenários como na TV, arquitetura e outros similares.

3.3.2.10. CRITÉRIOS PARA ESCOLHA

Várias tecnologias têm tentado alcançar um padrão adequado para dar uma resposta resolutiva, contudo tem se observado algum fracasso ou limitação de várias delas.

A utilização de tecnologia de *tracking* mecânico, apesar da acurácia suficiente limitam o usuário com relação ao volume com que trabalha. A tecnologia de *tracking* magnético é vulnerável a distorções provocadas pela presença de metal no ambiente, o que é uma ocorrência comum e que limita seu raio de ação. Os sistemas de *tracking* que utilizam ultrassom sofrem interferência do ruído e perdem a acurácia de acordo com distâncias longas ocasionada por variação de temperatura e umidade do ambiente.

Os simuladores utilizados para treinamento e aquisição de competências cognitivas ou psicomotoras em saúde são sempre em ambientes internos, o que nos leva a utilizar alguns critérios de escolha para identificar os sistemas de *tracking* com respostas adequadas à peculiaridade do ensino em saúde na prevenção do erro médico.

A alta acurácia é fundamental para a sensação de realismo a que se propõem os simuladores, de forma a favorecer o estímulo sensorial de que os objetos (real e virtual) coabitam o mesmo ambiente, ou seja, contornar ou minimizar os erros de registro é a premissa para assegurar esta condição.^[144]

A relação direta e inversamente proporcional entre latência (baixa) e capacidade de implementação em tempo real (alta) permite a sobreposição de objetos virtuais sobre objetos reais preservando a sensação de “olhar através de”, o que permite

a utilização de *layers* variadas sobre um mesmo objeto, a exemplo da observação de camadas musculares, tecido ósseo e órgãos internos em estudos de anatomia humana que se utiliza de Realidade Aumentada.

Beneficiar uma maior amplitude de movimentos ao usuário, com o maior grau de liberdade proporciona uma condição de exploração do objeto/modelo com mais riqueza de detalhes e para isto, sistemas com padrões mais elevados de liberdade de movimento são fundamentais. Por último, mas não menos importante, o nível de robustez deve ser considerado em função da confiabilidade na estabilidade do sistema de *tracking*, desta forma as chances de interferências são menores.

A observância deste conjunto nos aproxima dos sistemas ópticos com uma possibilidade menos crítica, por possuírem um tempo de latência baixo, uma vez que o pré-processamento da imagem é simplificado e oferece robustez pela alta detecção de artefatos.^[144]

Capítulo 4

4. TECNOLOGIAS DE EXIBIÇÃO E INTERAÇÃO EM SISTEMAS DE REALIDADE AUMENTADA

Este capítulo apresenta princípios gerais sobre a óptica da visão humana e sua fisiologia, os principais dispositivos utilizados para exibição e em particular em RA, repercussões comuns de alguns destes dispositivos, classificação e características principais. As tecnologias de exibição integram o conjunto de componentes de sistemas de RA e RV, sendo uma tecnologia de suporte a estes sistemas. Em um segundo momento, introduz breves considerações sobre interação em sistemas RA, finalizando com aspectos que se referem ao uso de tecnologias de exibição e interação em saúde.

Como aspecto introdutório, e considerando a prevalência sensorial da visão dentre os sentidos humanos na captação da informação, descreve aspectos relevantes da fisiologia da visão.

4.1. ÓPTICA DA VISÃO - FISIOLOGIA

A compreensão do sistema óptico do olho requer, antes de tudo certa familiarização com princípios sobre quais se fundamenta a óptica, tais como a física da refração, da focalização, da profundidade do foco e outros parâmetros. É basicamente sobre estes conceitos que a área de visão computacional, se vale a fim de propor e desenvolver aplicações que dialogam com a percepção visual do ser humano em várias frentes teóricas.

A visão é o mais confiável e complicado dos sentidos humanos, sendo responsável por aproximadamente 70% da informação sensorial.

Os raios de luz se propagam a velocidades distintas de acordo com a composição e natureza do meio onde ocorre a sua propagação. A propagação dos raios de luz pelo ar ocorre com uma velocidade de aproximadamente 300.000 km/s, e em objetos sólidos e líquidos transparentes, de forma mais lenta. O índice de refração de uma substância transparente é a proporção entre a velocidade da luz no ar e velocidade da luz na substância, considerando que o índice de refração do próprio ar é de 1,00.^[145]

O cálculo do índice de refração, parte, portanto do pressuposto na Lei da Refração: de que um raio de luz sempre sofre algum desvio em sua trajetória quando permeia e transita em meios com densidades diferentes.

É possível também que a refração do raio de luz ocorra na interface entre dois meios de diferentes índices de refração, e nesta particular situação, quando o feixe de luz atinge uma interface perpendicular a ele mesmo, as ondas entram no segundo meio de refração sem se desviarem de seu trajeto com velocidade de transmissão reduzida e o comprimento de onda mais curto. Na Fig. 94, podemos observar que a distância entre as ondas depois que entram no vidro, é encurtada em cerca de dois terços do comprimento de onda que apresentam no ar, assim como a inclinação dos raios de luz que atinge uma superfície angulada. Isto é de especial interesse para que nós possamos compreender algumas tecnologias de exibição que se utilizam de conceitos da física óptica.^[145]

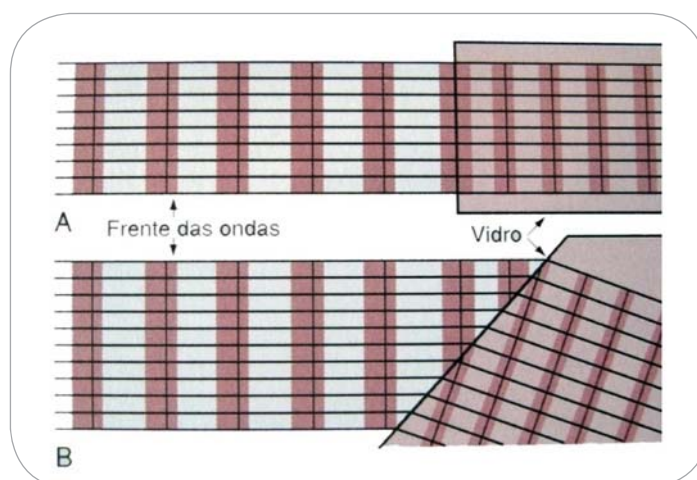


Fig. 94 - (A) Frentes de onda entrando em superfície de vidro perpendicular aos raios de luz e (B) em superfície angulada de vidro.^[145] Uso autorizado.

A inclinação dos raios de luz em superfícies anguladas é denominada de refração, e seu grau pode aumentar em função da proporção entre os dois índices de refração de dois meios transparentes e do grau de angulação entre a superfície e frente da onda que a penetra.^[145]

O olho humano é opticamente equivalente à câmera fotográfica usual. Tem o sistema de lentes, o sistema de abertura variável (a pupila) e a retina, que corresponde ao filme. O sistema de lentes do olho humano é composto por quatro interfaces refráteis: (1) a interface entre o ar e superfície anterior da córnea, (2) a interface entre a superfície posterior da córnea e o humor aquoso, (3) a interface entre o humor aquoso e a superfície anterior do cristalino do olho e (4) a interface entre a superfície posterior do cristalino e o humor vítreo, como demonstrado na Fig. 95. O índice de refração da córnea é 1; da córnea, 1,38; do humor aquoso, 1,33; do cristalino é em média, 1,40 e do humor vítreo, 1,34.^[145]

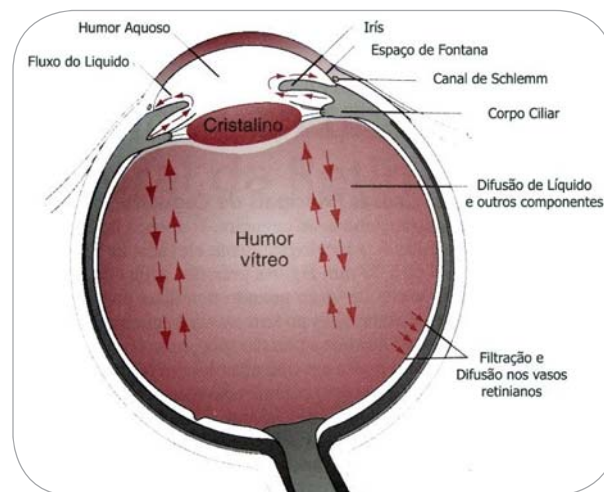


Fig. 95 - Estrutura do olho humano.^[145] Uso autorizado.

A mensuração das lentes oculares é chamada “dioptria”, ou como mais comumente é conhecida: grau. Quanto mais uma lente inclina os raios de luz, tanto maior é seu poder de refração. Este poder de refração é medido em dioptrias. Cerca de 2/3 das 59 dioptrias do poder de refração do olho é de responsabilidade da superfície da córnea, pois seu índice de refração é acentuadamente maior que o ar.^[145]

Quando a luz viaja através da córnea, ela penetra na pupila região que fica localizada no centro da íris. A pupila ajusta sua abertura ou capacidade contrátil de acordo com a intensidade de luz. Após o feixe de luz atravessar a pupila, ele alcança o cristalino que refrata a luz na retina, contudo como o cristalino encontra-se embebido em líquido de um lado e do outro, que por sua vez possui um poder de refração diferente do próprio cristalino, sua capacidade de refração total é de apenas 20 dioptrias.

A importância da lente do cristalino reside na sua capacidade de aumentar significativamente a sua curvatura para permitir a acomodação do foco. Quando isto ocorre, ele muda a sua forma de uma lente moderadamente convexa, para um formato acentuadamente convexo.

Existem dois tipos de células fotorreceptoras na retina: os cones e bastonetes. Existem na retina cerca 7 milhões de células do tipo cone e 120 milhões de bastonetes na retina, suas funções, respectivamente, em dia de luz normal os cones proporcionam uma visão nítida e a habilidade de captar detalhes espaciais, e os bastonetes são responsáveis pela visão noturna. São 100 vezes mais sensíveis que os cones, contudo detectam apenas tons de cinza.

Daremos especial enfoque a formação da imagem, ao mecanismo de acomodação, e convergência que são diretamente afetados na visão estereoscópica.

O olho normal jovem pode facilmente focalizar de perto e de longe os objetos, isto é, ele pode alterar o foco ou acomodar. O mecanismo de acomodação visual (Fig. 96) pode ser explicado como uma resposta fisiológica do cristalino para perceber uma imagem com nitidez através de um mecanismo de focalização (como fazemos numa máquina fotográfica). O olho focaliza um dado objeto variando a forma da lente denominada cristalino. Esse mecanismo, de alteração da forma da lente, é conhecido como mecanismo de acomodação visual e varia conforme a idade do indivíduo, sendo a máxima na infância e ao decrescer, com o avanço da idade, demanda correção por óculos.

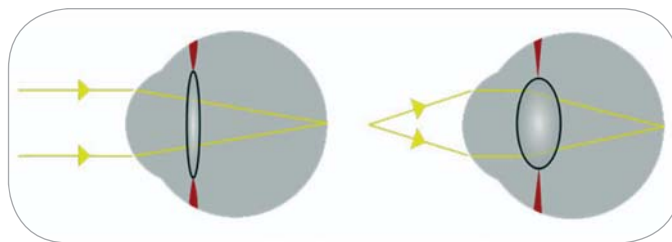


Fig. 96 - Mecanismo de acomodação do cristalino.

Para uma excelente acuidade visual, o mecanismo de acomodação é primordial, pois a contração do músculo ciliar aumenta o poder de definição da imagem.

Embora existam muitas teorias que tentem explicar o mecanismo de acomodação visual, independentemente destas, é importante compreender alguns pontos^[146]:

- Quando os olhos mudam rapidamente a distância do ponto de fixação, o cristalino muda seu foco na direção apropriada, para atingir novo estado de focalização; ou seja, o cristalino não comete erros e muda primeiro na direção errada, na tentativa de encontrar o foco;
- Quanto a indícios como a aberração cromática, o cristalino inclina os raios azuis mais do que os raios vermelhos, parece que os olhos conseguem identificar quais destes dois tipos estão em melhor foco, retransmitindo informações para aumentar ou diminuir o poder de definição do cristalino;
- Quando os olhos fixam um objeto próximo, eles têm de convergir e o mecanismo neural de convergência causa um sinal simultâneo de acomodação do cristalino do olho; como a fóvea¹⁵ fica localizada numa depressão côncava discretamente mais profunda que o resto da retina, a clareza do foco no fundo da fóvea versus a clareza do foco nas bordas é diferente e são capazes de auxiliar o cristalino a mudar na direção correta;
- O grau de acomodação do cristalino oscila discreta e continuamente, com frequência de até duas vezes por segundo.

¹⁵ Área diminuta no centro da retina, especialmente competente para a visão nítida e detalhada.

A percepção de profundidade do aparelho visual humano ocorre por três meios: o tamanho da imagem de objetos conhecidos sobre a retina, o fenômeno da paralaxe do movimento¹⁶ e o fenômeno da estereopsia.

Perceber a profundidade é o que ocorre como resposta à visão monocular e binocular. A profundidade monocular fisiológica inclui a acomodação, convergência monocular e a paralaxe do movimento como dito acima, além de tamanho aparente, perspectiva linear, perspectiva aérea, gradiente de textura, oclusão e sombras.

A convergência binocular e estereopsia (Fig. 97) são ocorrências tipicamente fisiológicas da percepção de profundidade em visão binocular. A convergência binocular está relacionada ao ângulo entre duas linhas, diante do objeto focado em frente aos dois olhos, enquanto a estereopsia é sobre diferença lateral entre a imagem à direita e a imagem à esquerda.

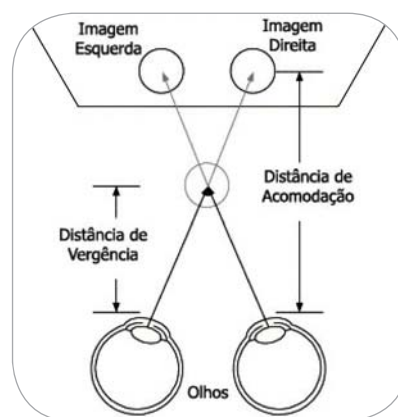


Fig. 97 - Convergência binocular.

O fenômeno da percepção estereoscópica é explicado por situações em que o ângulo de separação das imagens de cada olho é muito reduzido, a duplicação de duas imagens quase iguais, denominada diplopia é resolvida no córtex visual sugerindo a representação consciente de profundidade e relevo. Em outras palavras a percepção espacial de um objeto é induzida pela formação de imagens distintas em cada retina, estes elementos não correspondentes, mas contíguos aos verdadeiramente correspondentes, ou

¹⁶ Fenômeno que se observa quando nos movemos e que se resume a fato de vermos os objetos próximos de nós entrarem e saírem de nosso campo visual muito mais rapidamente do que aqueles situados à grandes distâncias. A paralaxe do movimento está intimamente relacionada com a fusão binocular estéreo.

seja, com idênticas direções visuais, ao se relacionarem ao nível do córtex visual geram a percepção do espaço em uma configuração estereoscópica.^[146]

O sistema de lentes do olho humano focaliza as imagens sobre a retina, a imagem é invertida e revertida em relação ao objeto. O cérebro percebe os objetos de cabeça para baixo, mesmo com a orientação de cabeça para baixo da retina, o que se explica pelo fato do cérebro ser treinado a considerar normal a imagem invertida (Fig. 98).

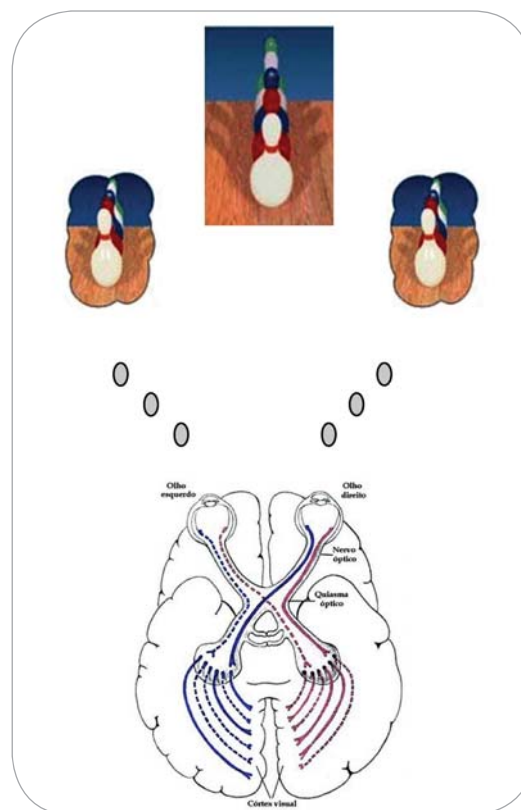


Fig. 98 - Formação da imagem no córtex visual.

Os estudos da óptica adotada para dispositivos de exibição em aplicações como a Realidade Virtual e Aumentada, buscam coadunar as características destes dispositivos à percepção espacial de objetos, e portanto à possibilidade de mensuração de distância em condições virtuais, que sejam mais compatíveis com a fisiologia da visão humana.

Os estudos têm demonstrado que de forma distinta dos experimentos de percepção da distância em ambiente real, naqueles ocorridos em ambientes virtuais há uma compressão da distância indicada e, apesar das variâncias, todos levam a crer que exista uma subestimação de distância. Compressões como esta, tem sido identificadas em tecnologias de exibição adaptadas para a cabeça (HMDs - *Head-Mounted-Displays*).

A compressão de distância na realidade virtual e aumentada é um fenômeno confuso que tem resistido à investigação, sem, contudo apresentar qualquer caráter conclusivo.^[147]

4.2. TECNOLOGIAS DE EXIBIÇÃO

4.2.1. ESTEREOSCOPIA

O avanço nos recursos computacionais oferece um conjunto de ferramentas que possibilita a reprodução de ambientes e objetos sintéticos com os quais é possível interagir de tal forma que a distância entre o real e imaginário tende a encurtar com uma velocidade cada vez maior.

O advento da projeção estereoscópica foi decisivo para beneficiar a visualização da informação, agregando parâmetros como profundidade e distância, que potencializaram a sensação de imersão, imprimindo uma sensação de realismo nas imagens e objetos observados.^[148]

Os dispositivos que surgiram desde então, têm a capacidade de expandir os sentidos humanos, tais como a audição, a visão, a sensação tátil, a noção de tempo e espaço.

A projeção estereoscópica, que corresponde ao aumento do sentido da visão baseia-se na apresentação de duas imagens diferentes, de forma que cada uma corresponde ao ponto de visão de olho, quando vistas independentemente, permitem ao córtex visual extrair a informação de profundidade. Na visão estereoscópica a disparidade da visão binocular e a convergência são corretas, contudo o mecanismo de acomodação é inadequado, pois os olhos focam em uma imagem plana.^[148]

4.2.2. SISTEMAS DE EXIBIÇÃO

Os dispositivos de exibição (*displays*) são sistemas de formação de imagem que utilizam um jogo de componentes ópticos, eletrônicos e mecânicos para gerar imagens em algum lugar entre espectro óptico do observador e o objeto físico que será aumentado.^[128]

A característica da estereoscopia gerada por computadores, em início dos anos 90, se restringia basicamente a monitores CRT - *Cathode Ray Tube* (Tubo de Raios Catódicos) e projetores mediados por óculos do tipo LCD - *Liquid Cristal Display* (Exibição de Cristal Líquido) ou então HMDs que usavam miniaturas em pares de dispositivos CRT.^[149]

Considerando os tipos de sistemas de projeção estereoscópica, podem ser classificados em duas modalidades: ativos e passivos.

Os sistemas ativos utilizam óculos de cristal líquido (*Shutter Glasses*) a fim de prover a cada olho uma imagem correspondente (Fig. 99). Nesta categoria podem ser utilizados como planos de projeção dos sistemas ativos monitores e projetores do tipo CRT ou DLP - (*Digital Light Processing* – DLP), em português Processamento Digital de Luz, e alguns capacetes de realidade virtual que incorporam um circuito multiplexador para separar as imagens.

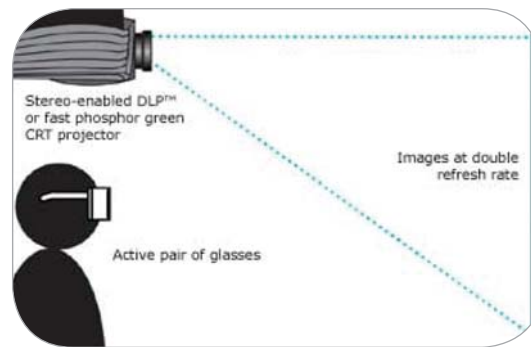


Fig. 99 - Sistema de projeção ativo DLP ou CRT.

Os sistemas de projeção passiva correspondem àqueles que utilizam filtros junto aos óculos, a fim de favorecer a que cada olho observe somente a imagem correspondente (Fig. 100). Em sistemas de projeção polarizada, são utilizados dois projetores com filtros polarizadores orientados em direção oposta, uma tela especial que não produz refração e óculos, igualmente com filtros polarizadores igualmente (Fig. 101 e 102). Obviamente em sistemas com dois projetores, o computador que vai gerar as imagens estereoscópicas deve possuir uma placa gráfica com duas saídas de vídeo, ou duas placas gráficas separadas.^[148]

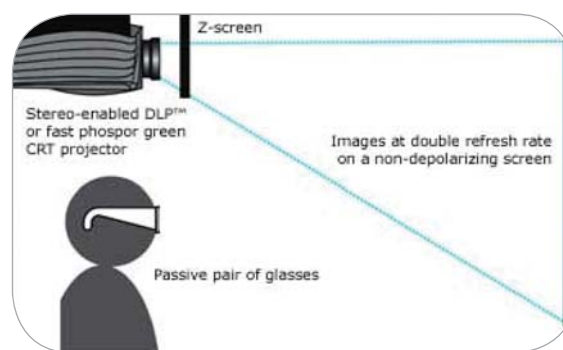


Fig. 100 - Sistema de projeção passiva DLP ou CRT.

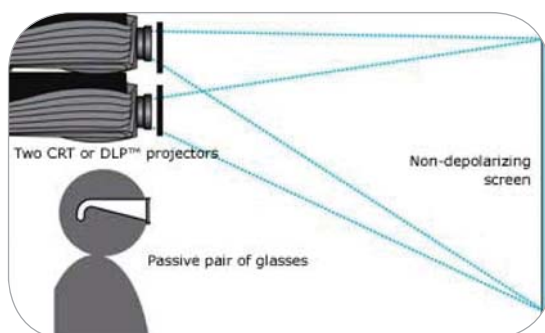


Fig. 101 - Sistema de dupla projeção passiva DLP ou CRT.

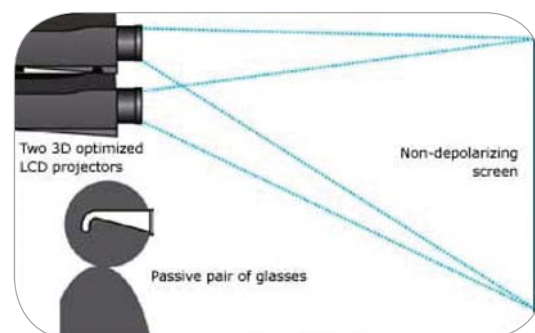


Fig. 102 - Sistema de dupla projeção passiva com LCD.

O conhecimento prévio da resolução que se deseja obter ou que se faz necessária alcançar, do campo de visão e das estratégias de registro são etapas a serem consideradas para potencializar as vantagens e reduzir as desvantagens de cada uma destas tecnologias.

A formação da imagem obedece a definição de óptica adotada e deste modo podem ser planares ou em superfícies mais complexas não-planares. Assim, existem diferentes possibilidades de locais onde a imagem pode ser formada de acordo com o local onde o *display* estiver localizado em relação ao observador e ao objeto real e ao tipo de imagem produzida (ex. planar ou curva).

Considerando a relação com o usuário, os *displays* podem ser divididos em três grupos: adaptados à cabeça, portáteis e espaciais (Fig. 103).

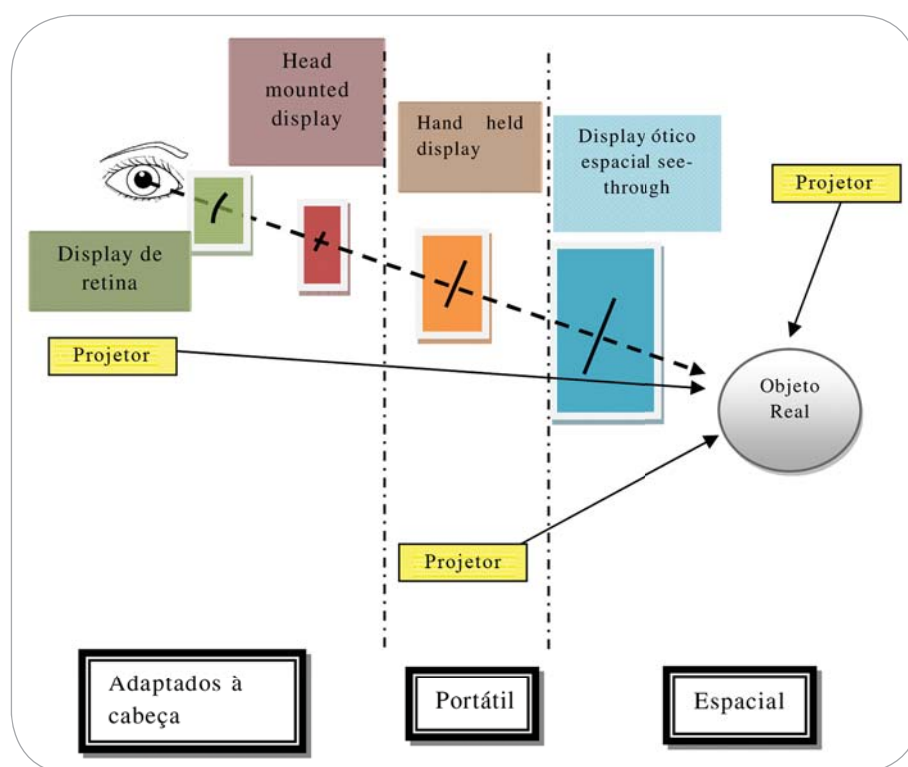


Fig. 103 - Tipos de display^[128]

4.2.2.1. ADAPTADOS PARA USO À CABEÇA

A idéia do *Head Mounted Display* foi primeiramente patenteada por McCollum em 1945, e Heilig em 1960 também patenteou uma televisão estereoscópica do tipo HMD posteriormente desenvolvendo e patenteando um simulador de Realidade Virtual estático, chamado de Sensorama em 1962. O Sensorama era equipado com uma ampla variedade de dispositivos, incluindo um *display* binocular para que o observador tivesse a sensação e experiência virtual.^[150]

Comeau e Bryan da Philco Corporation construíram em 1961 o *Headsight*, (Fig. 104) que utilizava um sistema de *tracking* magnético e um simples CRT montado no capacete, o *Headsight* mostrava uma imagem remota de vídeo que era sincronizada com o movimento da cabeça do usuário.

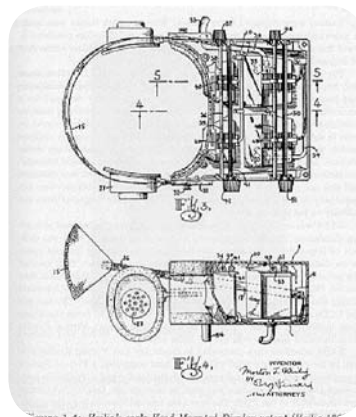


Fig. 104 - Esquema de Headsight.

Uma das grandes contribuições no desenvolvimento de tecnologias de exibição como esta, foi feita pela *Bell Helicopters Company*, em início da década de 60, através de um display que proporcionava ao piloto uma visão aumentada capturada por uma câmera infravermelho ao pousar a noite. Embora a geração de imagens por computador ainda não fosse utilizada, a imagem do mundo real era melhorada em tempo real. Este é o primeiro sistema de RA do tipo *video see-through*.

Em meados de 1960, Ivan Sutherland, trabalhava no *Lincoln Laboratory*, onde três anos depois ele completou o desenvolvimento de um programa que se chamou *Skechtpad*, que usava um monitor de vídeo uma caneta luminosa. Poderíamos dizer que se tratava do precursor dos *tablets* atuais, pois era possível desenhar linhas tocando a tela do monitor com a caneta e assim ir efetuando modificações através do teclado; permitia aos usuários reduzir ou ampliar dimensões dos desenhos; salvar e reproduzi-los. Em verdade, começava a idéia de computação gráfica, que é parte essencial da Realidade Virtual.^[151]

Em seu trabalho intitulado “*The Ultimate Display*” (1965), ele descreveu um sistema de computadores que permitiria aos usuários manipular objetos virtuais, alterando a sua forma e posição no monitor, de maneira similar à como interagimos com objetos físicos do mundo real. Na verdade, ele previu que os caminhos possíveis dali para frente, nos levariam a instâncias que nunca seriam possíveis ocorrer no mundo real. Um ano após, se engajou em um projeto, com o suporte do Departamento de Defesa Norte-Americano que culminou com o desenvolvimento do primeiro aporte tecnológico de um HMD, que foi chamado de “*The Sword of Damocles*”, em alusão a um conto da mitologia grega (Fig. 105).

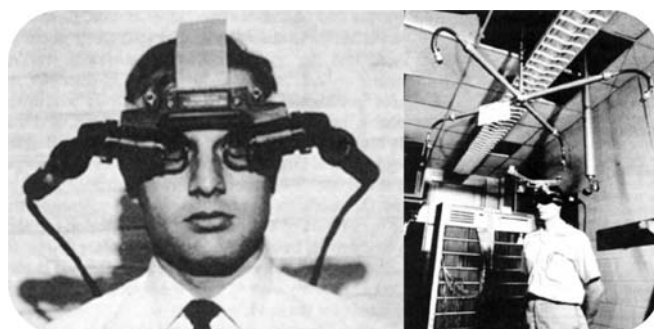


Fig. 105 - The Sword of Damocles - A Espada de Damocles.

Os dispositivos adaptados a cabeça tem uma longa história de aplicações em RA, no âmbito militar, de medicina, visualização científica, em fábricas, educação e treinamento, navegação e entretenimento. A escolha do *display* pode afetar o desempenho esperado pelo usuário de uma dada aplicação, eis porque sua eleição deve ser baseada

sempre em compatibilizar as vantagens da tecnologia junto ao tipo de implementação a ser realizada, ou seja, a eleição do tipo de display está relacionada ao tipo de alvo.

Amplios campos de visão em HMD são freqüentemente uma opção de escolha a ser considerada, quando é necessário gerar um tipo de imagem que envolva o usuário. Um exemplo simples é da necessidade de campo de visão de um piloto, que precisa ver em todas as direções.

A alta resolução e excelente acurácia são definitivamente um pré-requisito em HMDs para tarefas que requerem exatidão ou execução com precisão e agilidade, como em procedimentos cirúrgicos.

O peso do HMD é fundamental para usuários que executam tarefas prolongadas e espaços de trabalho de grandes dimensões ou em aplicações *outdoor*, como para um *tour* utilizando um sistema de orientação aumentado. Nestes casos a acurácia e resolução podem não ser tão importantes, mas a segurança e tolerância para uso, visão periférica e um mecanismo de fácil colocação podem ser fatores relevantes.^[149]

HMDs (*Head Mounted Displays*) são unidades de exibição de imagens montadas sob a cabeça. A unidade consiste em um capacete e um pequeno dispositivo formado por tubo de raios catódicos – CRT (*Cathode Ray Tube*) ou dispositivos de exibição em cristal líquido – LCDs (*Liquid-Crystal Displays*) ou por micro-displays de diodo orgânico emissor de luz ou foto emissor (OLED – *Organic Light-Emitting Diode*) montados como um par de óculos. O campo de visão das telas de exibição é expandido pelo sistema óptico, que produz uma tela imaginária que parece estar posicionada a vários metros a frente do usuário. Alguns tipos são montados sob a face, na forma de óculos.^[149, 151]

Atualmente, alguns HMDs incluem também saída de áudio, bem como sistema de *tracking* com seis graus de liberdade (6DOF), que permitem ao computador rastrear a posição e orientação da cabeça do usuário em tempo real. A informação do *tracking*

da cabeça do observador é utilizada para criar uma perspectiva do mundo baseada no ponto de vista (localização) do observador. Isto é chamado de perspectiva centrada no observador, que quando combinada com a computação gráfica estereoscópica, cria o que chamamos de Realidade Virtual.

São efetivamente utilizados em sistemas de simulação para experiência visual com o objetivo de melhorar a concentração dos usuários nas imagens geradas, e constituem com freqüência a tecnologia de eleição para aplicações de RA, dividindo-se em dois grupos: *optical-see-through* (ver através ópticamente) na Fig. 106 e *video-see-through* (ver através por vídeo) na Fig. 107.

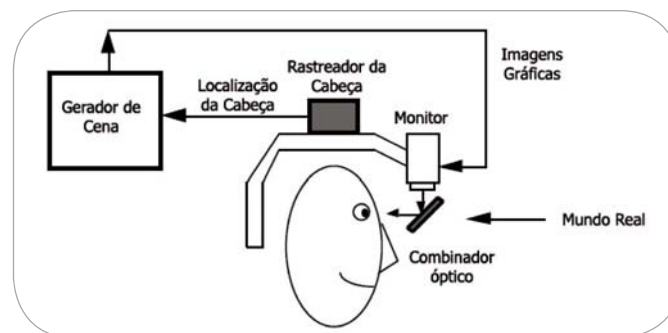


Fig. 106 - Dispositivo de Exibição do tipo visão através de óptica (*Optical-see-through display*).

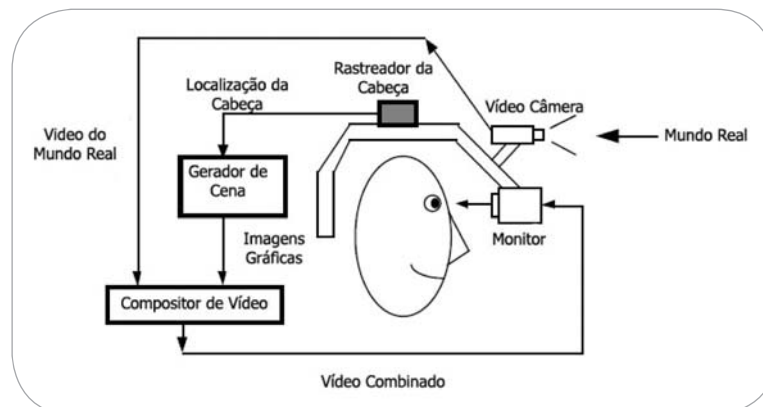


Fig. 107 - Dispositivo de Exibição do tipo visão através de vídeo (*Video-see-through display*).

Por se tratar do tipo de tecnologia de exibição de maior utilização em sistemas de RA, será descrito com maior riqueza de detalhes.

Em tecnologias do tipo *optical-see-through*, o mundo real e as imagens virtuais são combinadas em um dispositivo de óptica reflexiva, tipicamente um espelho

prateado fendido em duas partes. Na grande parcela desses, o combinador é normalmente colocado ao final do caminho óptico, em frente à linha de visão do usuário como um finalizador do transcurso óptico.

No caso do espelho fendido, seu funcionamento com relação ao mundo real é simplesmente permitir a visão “através de”, enquanto a imagem sintética é refletida nele.

O gerador de imagens não pode ser colocado em frente aos olhos e, normalmente fica situado sobre o combinador óptico, ou situado de forma lateral à cabeça do usuário como óticas de revezamento.

Em tecnologias de exibição do tipo *video-see-through*, as imagens do mundo real são primeiramente capturadas pela vídeo-câmera, e então a imagem capturada e a imagem sintética são combinadas eletronicamente, finalmente estas imagens combinadas são apresentadas ao usuário. A fusão eletrônica de imagens pode ser efetuada por placas de vídeo ou dispositivo *chroma-key*¹⁷. Existe uma grande variedade de dispositivos comerciais do tipo, a maioria construídos manualmente e que utilizam visão fechada (*closed-view*) e não visão “através de” (*see-through*), possuindo ou não duas vídeo-câmeras, mas por padrão sempre uma vídeo-câmera.

As vantagens do *video-see-through* sobre a tecnologia *optical-see-through* incluem consistência pictórica das imagens do mundo real e das imagens sintéticas, além de uma variedade de técnicas de processamento de imagens com boa disponibilidade.^[149]

Em função de registros desfavoráveis com relação ao peso e amplitude do campo de visão, por exemplo, estudos têm sido realizados no sentido de miniaturizar e reduzir o peso do equipamento, melhorar a resolução e criar campos de visão largos.

Alguns outros critérios são aplicados que nos permitem categorizar os HMDs segundo a sua ocularidade, distância da lente até o globo ocular, o design de sistema óptico do ponto de vista da transmissão óptica e design ocular.

¹⁷ Técnica de efeito visual que consiste em colocar uma imagem sobre outra através da anulação de uma cor padrão, como por exemplo o verde ou o azul.

4.2.2.1.1. PADRÕES DE CLASSIFICAÇÃO

Algumas características, nos permitem identificar a compatibilidade de um determinado tipo de tecnologia de exibição com o sistema a ser desenvolvido, a forma que necessita ser utilizado, o local onde será utilizado e o nível de resposta esperado.

4.2.2.1.1.1. - OCULARIDADE

Existem três tipos de ocularidade: monocular, biocular e binocular. Todas estas categorias são independentes do tipo de tecnologia de exibição associado, se óptico ou vídeo. O HMD do tipo monocular possui um único *microdisplay* posicionado em frente ao globo ocular, mesmo em “*see-through*” ou “*closed-view*”, como se pode observar nas Fig. 108 e Fig. 109.



Fig. 108 - Rockwell Collins ProView SO35-A

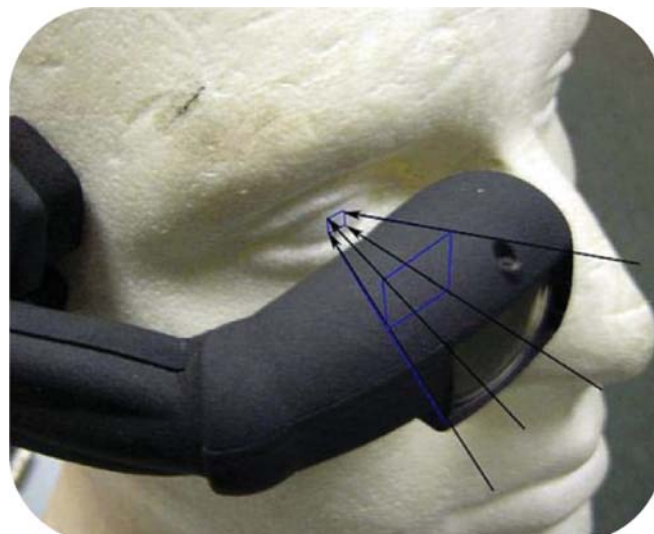


Fig. 109 - Trivisio Monocular M3

Dispositivos com este tipo de ocularidade podem ser mais adequados para algumas situações *outdoor*, onde não é desejada a obstrução de uma vista do mundo real e não há indicação para o uso de visão estereoscópica. A aviação militar ou ações militares podem ser um exemplo coerente.

O inconveniente deste tipo de ocularidade, é o fato de que os dois olhos vêem imagens diferentes e isto causa um desconforto na experiência visual denominada “rivalidade binocular” ou “competição binocular”. Esta condição é pior em dispositivos do tipo *video-see-through* como demonstra a Tabela 5.

Tabela 5 - Combinação de ocularidade e tipos de see-through.^[150]

	Binocular	Biocular	Monocular
Optical-see-through	Muito bom	Confusa	Boa
Video-see-through	Muito bom	Boa	Confusa

Em ocularidade do tipo biocular uma única imagem é compartilhada pelos dois olhos, e ambos sempre observam a mesma e exata imagem sintética. Não há qualquer problema de “rivalidade binocular”. Apesar de possuir dois *micro-displays*, a mesma imagem é projetada em ambos os olhos. Usualmente se prestam a conteúdos similares ao de uma TV ou videogames (Fig. 110a e Fig. 110b).



Fig. 110a - Sony PLM-A35 Glasstron



Fig. 110b - Sony PLM-A35 Glasstron

Alguns, mas poucos dispositivos como este disponibilizam *see-through*, contudo são inadequados para aplicações de Realidade Aumentada porque nesta particular situação ocorreria a “rivalidade binocular”.

Os dispositivos binoculares possuem dois *micro-displays* separados com duas entradas de vídeo individuais, uma para cada olho. Isto proporciona a visão estereoscópica, e por essa razão é a eleição para aplicações de RA.

Freqüentemente há alguma confusão entre o significado de “binocular” e “estéreo” e convém entender a diferença: dispositivos de exibição binocular só

possuem o recurso de estereoscopia quando as imagens exibidas entre um olho e o outro são diferentes.

4.2.2.1.1.2. DISTÂNCIA LENTE - GLOBO OCULAR

HMDs magnificam a imagem pequena no dispositivo para produzir um campo de exibição virtual largo a certa distância, a fim de cobrir a visão do usuário. É desejável que esta distância seja curta, mas se for curta demais pode provocar certo obscurecimento do campo de visão, circunstância inconveniente em especial para usuários de óculos. Desta forma a distância entre a lente e o globo ocular não pode exceder a distância inter-pupilar, devendo ser entre 20 a 40mm, uma vez que o padrão de distância inter-pupilar dos seres humanos está entre 53mm e 73mm.

4.2.2.1.1.3. DESIGN DO SISTEMA ÓPTICO

Uma vez determinado a distância entre a lente e o globo ocular, é preciso determinar o tamanho do dispositivo de imagem que é calculado com base no campo de visão.

Para favorecer um amplo campo de visão e minimizar o problema do momento da inércia (ou inércia rotacional), o design segue um padrão que recomenda a sua colocação em torno da cabeça do usuário. A forma das imagens virtuais é retransmitida para a saída da pupila de forma convergente, colimadas pela lente ocular de modo a formar um espectro no plano focal.^[150]

Na maior parte dos *designs*, cada elemento óptico é alinhado sob o centro do eixo óptico, ou seja, considerando a posição pupilar. Isto deve ser considerado como pré-requisito, pois ao contrário em *designs* fora do eixo pupilar, podem ocorrer distorções trapezoidais e astigmatismo, situações de difícil eliminação.

4.2.2.1.1.4. DESIGN DA LENTE OCULAR

As pesquisas e utilização de simples designs de lentes, permitem compatibilizar, dispositivos com alta resolução e pequenos dispositivos de imagem, favorecendo o surgimento de HMDs com um campo visual modesto e leves.

O design típico é de lentes refratárias, catadióptricas e prisma de forma livre. Sistemas de lentes com óptica refratárias utilizam ao menos três lentes para a correção de distorções e do tamanho em profundidade, sendo difícil reduzir o peso deste sistema. Sistemas catadióptricos combinam os efeitos da luz reflexa e da refratária, isto é, compreende lentes e espelho côncavo e outro prateado fendido para o espelho côncavo, a luz é então refletida no espelho côncavo, viaja através do espelho fendido e focaliza no olho. Esta configuração reduz o tamanho e o peso significativamente. Além do que, não permite aberrações cromáticas porque a lente focaliza cores diferentes no mesmo ponto.^[150]

Em dispositivos do tipo *Optical-see-through*, a capacidade de ver “através de”, é alcançada utilizando um espelho côncavo semitransparente, mas mesmo assim, o olho só recebe $\frac{1}{4}$ da luminosidade real, em função do espelho fendido. Um difusor prismático é usado freqüentemente, em lugar do espelho fendido para aumentar o campo de visão e diminuir o peso.^[150]

Os designs mais avançados utilizam um prisma de forma livre, desenvolvido pela Canon em 1995. Esta configuração reduz a espessura da lente e o peso sem perder a eficiência da luz. O lado interno funciona como se fosse um espelho côncavo, a superfície de trás é cuidadosamente angulada de forma que a luz do dispositivo de imagem ricocheteia nesta superfície com força total. Em um segundo momento a luz refletida viaja através da superfície ocular, porque a incidência do ângulo é pequena. Para favorecer a capacidade óptica de ver “através de”, um prisma pode ser fixado em frente.

4.2.2.1.2. CONFIGURAÇÕES DE HMDs

Um conjunto de especificidades caracteriza os HMDs, cuja configuração impacta diretamente em custo-benefício e custo-eficiência: a resolução, o campo visual, as distorções e aberrações, oclusão, latência, brilho e contraste, profundidade de campo e compensação ocular.

A resolução define a fidelidade de imagem da tecnologia adotada para exibição, sendo delimitada pela óptica utilizada e pelo gerador de imagens. Em sistemas RA, a melhor resolução da cena real é obtida por dispositivos do tipo *optical-see-through* e a possibilidade de distorções ou aberrações cromáticas que possa haver são insignificantes.

Por outro lado, os do tipo *video see-through* proporcionam melhores imagens reais digitalizadas. Em ambos os casos a resolução é limitada pela câmera e pela tecnologia de exibição. A captura de imagens pela vídeo-câmera tem freqüentemente a resolução de 640 (ou 720)x480, exceto os recentes modelos de vídeo-câmeras digitais com *firewire* (IEEE1394) que possuem resolução acima de 1600 x 1200, 15 frames por segundo (fps); ou 1024 x768, 30fps.^[150]

O campo de visão em sistemas RA pode ser classificado pelo número de regiões. Este é um dos mais importantes recursos para esta modalidade de sistema, onde a imagem sintética é sobreposta ao mundo real. A amplitude do campo de visão necessária depende exclusivamente da atividade que vá ser executada. Em áreas restritas de visão, como por exemplo, em uma biópsia de mama, como se trata de uma região delimitada e pequena, não há necessidade de um largo campo de visão, contrariamente em aplicações do campo da aviação, a amplitude do campo visual passa a ter outro peso, pois o piloto tem necessidade de enxergar em várias direções.^[128, 150]

Imagens distorcidas e aberrações causam erros do registro e na profundidade, cansaço visual e desorientação em sistemas de RA. Em HMDs com visão estereoscópica, as diferenças de distorção entre as imagens da direita e a da esquerda podem ser abrandadas

corrigindo a estereopsia. HMDs baseados em monitores do tipo CRT são propensos a distorção de imagem. Lentes e espelhos curvos podem apresentar uma variedade de aberrações ópticas, como barris e formas trapezoidais. Em *video-see-through*, tais distorções podem ser corrigidas eletronicamente por um recurso de pré-distorção de imagem; em *optical-see-through* estes casos são resolvidos com correções ópticas.^[128, 150]

Quanto às aberrações cromáticas, que podem ocorrer por um intenso efeito de refração das lentes, como efeito de prisma, a compensação é normalmente efetuada pelo uso de lentes acromáticas, que são convexas e côncavas. Outra hipótese é de que como a maioria absoluta da oferta de tecnologias de exibição utiliza o padrão RGB (*Red/Green/Blue* - Vermelho/Verde/Azul), a compensação pode ser feita separando os canais e tratando a pré-distorção por canal (R, G, B).

As técnicas de pré-distorção, só não são efetivas no tratamento de aberrações esféricas induzidas por formas esféricas da superfície da lente e assim sendo a não utilização de lentes de esféricas deve ser considerada.

Outra característica, a oclusão, mútua entre objetos do mundo real e imagens sintéticas é freqüente em aplicações de RA. Possibilidades de correção incluem a utilização de imagens sintéticas luminosas, que fazem a cena real virtualmente invisível ou a utilização de padrões de fonte luminosa em ambientes escuros para fazer parte dos objetos reais invisíveis.

A latência em sistemas de RA - corresponde ao atraso de tempo da mensuração da posição da cabeça no momento que as imagens renderizadas são apresentadas ao usuário, conduz a inconsistência entre o estímulo visual e a sensação vestibular, que é tratada com outros pormenores na seção seguinte.

Em dispositivos do tipo *optical-see-through* a latência é observada como um erro severo no registro com o movimento da cabeça, que causa profundas sensações de enjôo, confusão e desorientação. Em tal situação, as imagens sintéticas balançam em torno da cena real.

Em dispositivos do tipo *video-see-through* o problema pode ser reduzido com um atraso da imagem real para favorecer a sincronia com a imagem sintética.

A profundidade de campo se refere a gama de distâncias do olho (ou da câmera) no qual o objeto aparece em foco. Na vida real, o sistema de acomodação do olho ajusta automaticamente o foco sob um objeto de acordo com a distância, e os objetos fora da profundidade de campo parecem borrados, sem nitidez. Por outro lado a imagem sintética é normalmente vista a uma distância fixa. Em dispositivos do tipo *optical-see-through* é impossível, então, focar na imagem real e na imagem sintética ao mesmo tempo, exceto se o objeto focado é ou está quase próximo à distância de visão do HMD. O mesmo não ocorre com dispositivos *video-see-through*, embora a captura de objetos reais possa ser desfocada devido câmera. Para evitar imagens de vídeo borradas, é preferível utilizar uma câmera com foco automático ou que possua uma pequena abertura de diafragma.^[150] Entretanto a fixação de foco de imagens sintéticas é problemática em razão da acomodação e convergência possuírem distâncias próximas no sistema de visão humano. Este ponto também será tratado na seção seguinte.

O contraste e brilho das imagens sintéticas, podem ser ajustados para a imagem real. Estes fatores são profundamente afetados pela consistência pictórica e pelo senso de realidade, tal e qual a visibilidade da sobreposição de imagens. A dificuldade está em tecnologias do tipo *optical-see-through* pelos amplos valores de luminosidade da cena real, pois não existe brilho que seja suficiente para ser comparado ao sol. Para minimizar esta ocorrência, alguns dispositivos proporcionam controle de transparência. Ao inverso, nas tecnologias do tipo *video-see-through* o brilho é inerente, mas o baixo contraste é o problema.

Apesar do diâmetro inter-pupilar se alterar dinamicamente em razão dos movimentos de rotação ocular, esta condição ainda não é reproduzida em tempo real para efeito de compensação durante a utilização destes dispositivos.

4.2.2.1.3. REPERCUSSÕES NO SISTEMA VISUAL

HMDs são especialmente adequados para exibição de imagens estereoscópicas quando possuem dois sistemas de exibição separados entre si. Esta possibilidade é responsável pela condição de exibir imagens distintas em cada um dos olhos, condição *sine qua non* para exibição de imagens binoculares estereoscópicas.

Sua tecnologia é considerada vantajosa, por favorecer a criação de imagens estereoscópicas interativas, que se modificam de acordo com o movimento da cabeça do usuário e privilegia a concentração nas imagens, já que pode restringir o campo visual do usuário bloqueando a visão periférica, em aplicações onde esta não tem valor.

Apesar da consistência geométrica alcançada, freqüentemente é difícil determinar a profundidade dos objetos virtuais corretamente em RA. Isto se deve a certa incapacidade de HMDs suportar profundidades sugestivas, ausência de padrão nas técnicas de renderização à confusão visual por um planejamento inadequado da utilização e distribuição de informação na cena. Objetos renderizados em *wireframe* possuem menos informações em termos de percepção de profundidade e a poluição visual, com uso excessivo de rótulos, que pode degradar a visibilidade do objeto de interesse tornando difícil a percepção de profundidade. Alguns destes problemas podem ser contornados com algum resultado.

Apesar de serem os HMDs largamente utilizados, possuem características que podem trazer prejuízo a visão do usuário, pois não reproduzem as características funcionais do sistema visual humano. Para que a visão estereoscópica seja viável, as imagens virtuais são geradas por quadros de exibição através de dispositivos ópticos localizados a frente de seus olhos. A localização das imagens depende do poder das lentes utilizadas no sistema óptico do HMD e isto se relaciona com o foco dos olhos.

Uma outra característica é que o HMD possui duas unidades de exibição, contendo um dispositivo óptico para cada olho; quando nos olhamos um quadro em

exibição convencional, como em um monitor CRT a linha visual esquerda do quadro cruza a linha visual direita sob o plano da exibição. Todavia, quando usamos o HMD como ilustrado na Fig. 111, a linha visual esquerda cruza a linha visual direita em um ponto distante do plano de exibição. O cruzamento destes pontos proporciona a informação de distância para a função de convergência dos olhos humanos.

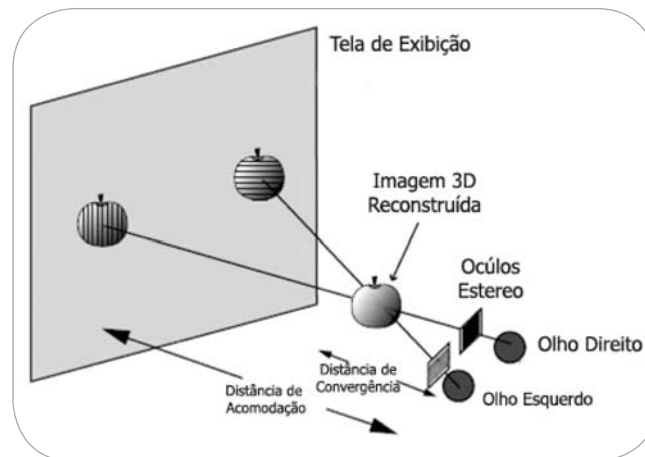


Fig. 111 – Sistema Visual em Uso de HMDs.

Os problemas relacionados à utilização destes dispositivos binoculares de exibição estereoscópicas, é o fato de que não obedecem ao mesmo princípio da fisiologia das funções do sistema visual humano. O maior problema com a exibição estereoscópica 3D é que ela produz uma combinação mal sucedida entre o foco (acomodação de distância) e a fixação (convergência de distância) dos olhos humanos. É por isto, que as imagens estereoscópicas 3D podem dar informações distintas de profundidade para as funções de acomodação e convergência.

Apesar das mudanças de convergência, quando o observador olha imagens 3D fixas em distâncias variadas no dispositivo de exibição 3D a exigência de acomodação permanece constante porque a distância entre o observador e a tela de exibição é fixa. Isto causa um insucesso na distância entre acomodação e a convergência e esta sucessão de ocorrências nos mecanismos de convergência e acomodação visual do observador, em uso de tecnologias de exibição 3D, pode ser uma das explicações da fadiga visual na visualização de imagens 3D a partir de HMDs.

Em condições normais de visão, o sistema visual faz uma compensação de foco e de imagem quando movimentamos a cabeça lateralmente. Em dispositivos como este, a imagem não se altera mesmo com o movimento da cabeça. O movimento de torção ocular pode normalmente ser induzido por mudança de orientação da cabeça (estímulo vestibular) ou por rotações no mesmo plano por estímulo visual.^[151, 152]

A imagem típica em tecnologias adaptadas a cabeça (HMD - *Head Mounted Display*) se move na mesma direção do olhar do usuário. Movimentos horizontais da cabeça causam um movimento do olho no sentido oposto ao da direção (reflexo vestibulo-ocular- VOR), mas o VOR é suprimido visualmente das imagens em HMD (Fig. 112). Neste caso ocorre um conflito entre a informação vestibular e a informação visual. Este conflito pode estar relacionado à sensação de enjôo.^[153, 154]

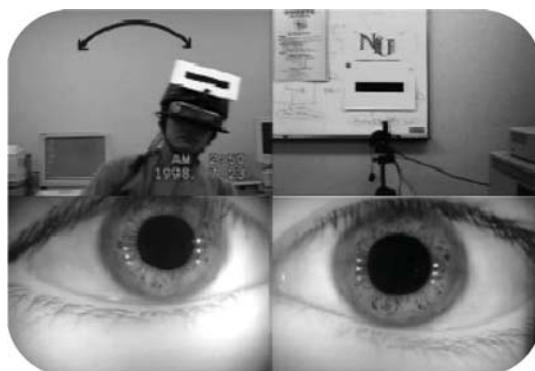


Fig. 112 – Videoculografia (VOG) método de mensuração do movimento ocular.^[153]

O reflexo vestibulo-ocular permite manter a fixação sobre um dado objeto quando a cabeça está em movimento, sendo presente em vertebrados, embora em algumas espécies seja possível mover os olhos sem mexer a cabeça (“sacada de olhos”), mas não o oposto, por exemplo: mover a cabeça sem uma resposta compensatória dos olhos.^[153]

Dispositivos convencionais do tipo *optical-see-through* são incapazes de proporcionar efeitos de oclusão consistentes entre os objetos reais e virtuais. Isto ocorre devido à junção entre as metades do espelho que refletem a luz das micro-câmeras, os quais interferem com a transmissão de luz do ambiente real. Para solucionar este problema, foram aplicados micro-painéis LCD adicionais para bloquear seletivamente a entrada de luz com referência aos gráficos renderizados.^[154]

4.2.2.2. ADAPTADOS A CABEÇA DO TIPO PROJETORES - HEAD-MOUNTED PROJECTORS

Head-mounted projective displays (HMPDs) ou dispositivos de exibição adaptados a cabeça do tipo projetor (Fig. 113) redirecionam o *frustum* de projeção com o espelho fendido, de forma que as imagens são irradiadas sobre superfícies retro-reflexivas que ficam localizadas defronte ao usuário. A superfície retro-refletida é coberta com milhares de *micro-corners* de cubos. Considerando que cada *corner* de cubo tem uma única propriedade de refletir por trás a luz ao longo da sua direção de incidência, tais superfícies refletem imagens com mais brilho do que as superfícies normais com a luz difusa (Fig. 114). Observe que isto é similar ao espírito de projeções transparentes utilizadas em filmes com que apresentam hologramas. Porém estes filmes são projetados por trás da tela, e as superfícies retro-refletidas efetuam a projeção de frente.^[155]

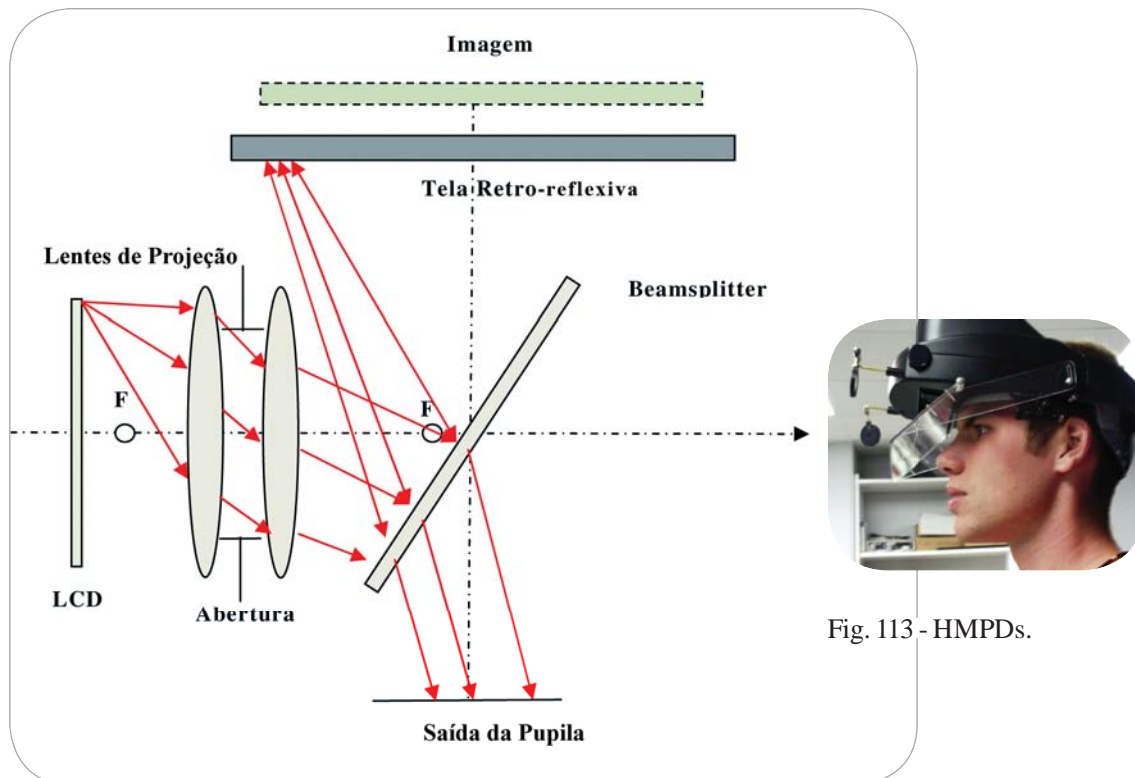


Fig. 113 - HMPDs.

Fig. 114 - Sistema Óptico do HMPDs.^[156]

Projective head-mounted displays emitem imagens geradas sobre tetos, ao invés de telas específicas que dispõem em frente à visão do observador. São utilizados espelhos prateados fendidos que integram a imagem projetada ao campo visual do observador de forma que os parâmetros dos projetores sejam compatíveis com os do observador.^[156]

Em relação aos HMDs, oferecem a vantagem de abrandar significativamente o efeito de inconsistência de acomodação e convergência, provêm um campo maior de visão, previnem a distorção de paralaxe que é causada pela desigualdade da distância inter-pupilar. Todavia, trazem consigo algumas das desvantagens comuns aos HMDs: são incômodos e por vezes pesados.

A limitação de resolução e brilho ocorre devido à integração de mini-projetores LCD, e, portanto, para compensar eles requerem superfícies de projeção especiais (retro-reflexivas) de forma a recuperar o brilho das imagens. No caso dos *HMPDs* o brilho depende das condições de luminosidade do ambiente e só podem ser utilizados em aplicações *indoor*, pois requerem uma parede ou teto para projeção.

4.2.2.3. PORTÁTEIS OU HAND-HELD DISPLAYS

São exemplos convencionais de tecnologias de exibição portáteis, os *Tablet PCs*, Assistentes Digitais Pessoal (PDA - *Personal Digital Assistants*), telefones celulares e mais recentemente os dispositivos GPS (*Global Positioning System*). Seu avanço é tal que apesar de pequenas dimensões combinam tecnologia de processador, memória, display e interação em único dispositivo, além de suportarem conexões a web sem fio.^[156]

Integram vídeo-câmera com captura ao vivo de cenas do ambiente, que são aumentadas por gráficos sintetizados e exibidas posteriormente na tela do monitor, recurso que favorece e possibilita sua utilização em aplicações de Realidade Aumentada.

Algumas soluções para dispositivos móveis de exibição 3D, não requerem periféricos adicionais, como óculos ou HMDs. Tais tecnologias são frequentemente denominadas auto-estereoscópicas e a tecnologia de *video-see-through* é o conceito que orienta os dispositivos móveis.

Dispositivos que são considerados com tecnologia de exibição passiva do tipo auto-estereoscópico, apresentam imagem espacial ao observador sem a necessidade de utilização de capacetes ou óculos específicos para visualização e oferecem uma excelente aproximação óptica das características do objeto real.

Apesar do conjunto de limitações que possuem estes dispositivos de exibição, se comparados com HMDs, tais como a duração da bateria, o fato de não possibilitarem as mãos livres (*hands-free*) para a execução de outras ações, mínima dimensão da tela e outras, observa-se um empenho em pesquisas que buscam alternativas de solução.

Em 2007, pesquisadores^[128] relatavam dentre as desvantagens o fato de que a análise da imagem e renderização de componentes era uma condição crítica, em especial em PDAs e celulares. Um ano após, a alternativa mencionada em razão da conectividade destes dispositivos, foi de que a utilização de uma arquitetura cliente-servidor, possibilitaria

que o processamento pudesse ser realizado em um servidor remoto e transferido ao dispositivo.^[157]

Mesmo utilizando a capacidade de processamento de servidor remoto, ainda restava o problema da transmissão, pois efetuar o download de modelos complexos pelo ar requer uma extrema largura de banda. Enfim, novas alternativas tem se mostrado sensíveis aos problemas de acesso remoto, como a conectividade, o tempo de latência para transmitir os *inputs* do usuário com a imagem, mas ainda são necessárias pesquisas mais detalhadas para a apresentação de soluções que minimizem ou resolvam com efetividade as limitações destas tecnologias.

Um dos problemas que também tem chamado muito atenção dos pesquisadores é a questão da visualização e do uso de interfaces relacionados às dimensões das telas de exibição que são bem reduzidas se comparadas, por exemplo, aos computadores de mesa, uma das razões pelas quais a possibilidade de interação, componente fundamental em aplicações gráficas, é dificultada (Fig. 115).

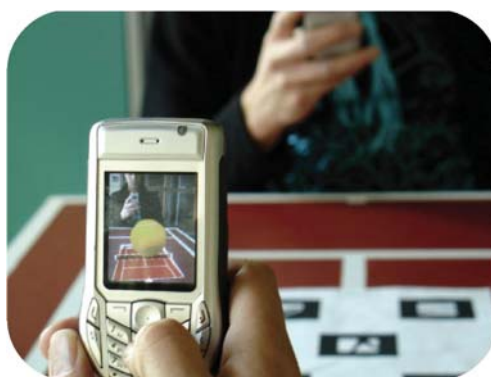


Fig. 115 - Jogo de Tênis em RA. A câmera realiza o tracking dos marcadores na mesa e a outra câmera capta a os movimentos do primeiro jogador e devolve a bola.^[157]

Superar as limitações de exibição em dispositivos móveis com pequenas telas de exibição tem sido tema de grande interesse de pesquisadores, que têm buscado alternativas em técnicas que permitem ao usuário apontar objetos localizados fora da tela, a exemplo das pesquisas sobre a interface *HALO*^[158] (Fig. 116) e *Wedge*^[159] (Fig. 117a-117b).



Fig. 116 - Implementação do HALO^[158]

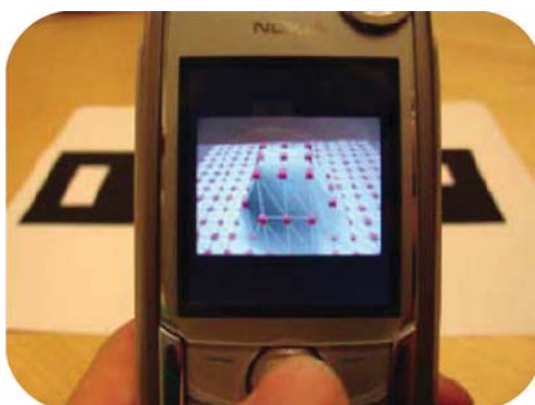


Fig. 117a - Edição Mesh em aplicação em celular - WEDGE.^[159]

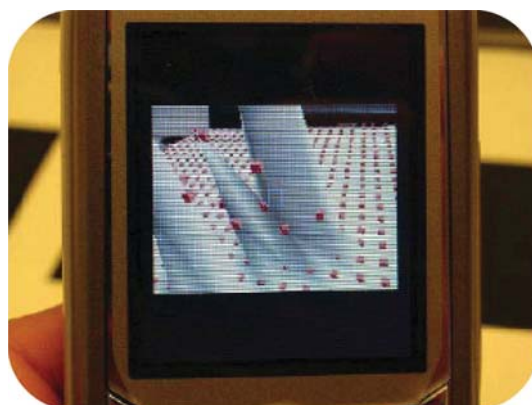


Fig. 117b Deformação Mesh de maior complexidade.^[159]

O *Wedge* já oferecia três graus de liberdade - 3DOF, e mais recentemente oferece seis graus de liberdade (6DOF) Estas pesquisas têm em seu escopo a intenção futura, de serem aprimoradas para aplicações em tempo-real.^[158, 159, 160]

4.2.2.4. TECNOLOGIAS ESPACIAIS

Em contraste com dispositivos de exibição adaptados à cabeça, aqueles que adotam tecnologia espacial, não utilizam outros recursos de visão adaptáveis ao corpo humano em caráter obrigatório, mas podem ser facultativos. Destinam-se a ambientes *indoor* e funcionam integrados a estes. Utilizam três diferentes concepções: baseados em visão através de vídeo (*video-see-through*), baseados em visão através de óptica (*optical-see-through*) ou baseados em projeção.

4.2.2.4.1. VISÃO ATRAVÉS DE VÍDEO BASEADO EM MONITORES

Habitualmente denominada de “janela do mundo”, e em inglês reconhecido como “*Screen-Based Video-See-Through Displays*”, utilizam um mix de *video see-through* e exibem as imagens mixadas em monitores regulares, que resultam em um baixo grau de imersão.^[128]

Considerando, que em um contexto de aplicações de Realidade Aumentada a imersão é expressa pela sobreposição de objetos virtuais ao mundo real relacionados ao campo de visão do observador. Nesta modalidade tecnológica de exibição o campo de visão fica restrito ao tamanho do monitor, seu alinhamento de espaço e distância em relação ao observador.

Usualmente não suporta interação direta com o ambiente real ou com os objetos virtuais, suporta somente técnicas de interação indireta (remota).

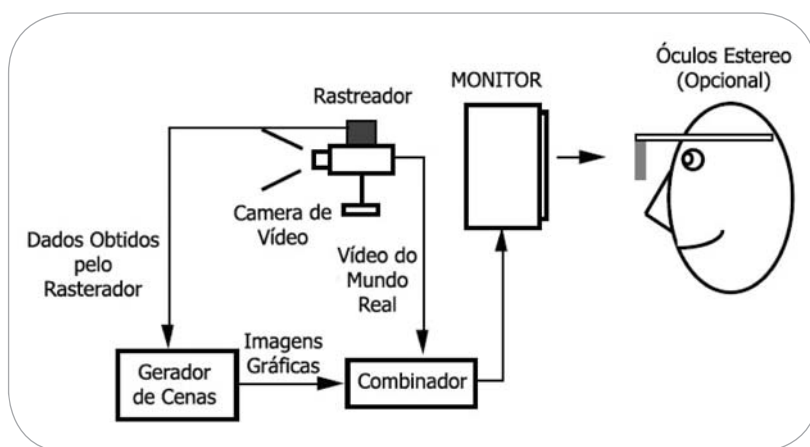


Fig. 118 - Visão através de vídeo baseado em monitores.

4.2.2.4.2. TECNOLOGIA DE EXIBIÇÃO ESPACIAL BASEADO ÓPTICA

Em inglês denominada de “*Spatial Optical-See-Through Displays*”, contrasta com HMDs e *Hand-helds*; tecnologias deste tipo combinam espelhos divisores de feixe de luz (*mirror beam splitters*) planares ou curvos e possuem telas transparentes ou hologramas ópticos como componentes essenciais.^[128, 156]

Este tipo de tecnologia de exibição não se adequa à aplicações *outdoor* em função de seus componentes ópticos e/ou telas de exibição; na maior parte dos casos, os componentes ópticos utilizados impedem a interação direta por manipulação com objetos reais e virtuais, pois ficam posicionados por trás das telas de exibição; o número de observadores passíveis de serem suportados está diretamente relacionado ao tipo de tela de exibição utilizada, dispositivos como o *Virtual Show Case* (Fig. 119) e seus variantes suportam quatro ou mais usuários, e possuem problemas de oclusão.



Fig. 119 - O *Virtual Showcase*
- Tecnologia de exibição
multiusuário para RA.

A vantagem deste tipo de tecnologia é porque favorecem a acomodação e convergência do olho, possuem alta resolução, um campo de visão grande e escalonável, apresentam melhoria de fatores ergonômicos, calibração estável e fácil, além de melhor controle do ambiente.

4.2.2.4.3. TECNOLOGIA DE EXIBIÇÃO ESPACIAL BASEADO EM PROJEÇÃO

Tecnologias de exibição espacial baseados em projeção realizam uma projeção frontal e homogênea diretamente sobre superfícies de objetos físicos ao invés de realizar a exibição em planos ou superfícies de imagens, no espectro do campo visual do observador. Podem ser utilizados projetores fixos (estáticos), móveis ou múltiplos de forma a possibilitar um recurso incremental de exibição.

Dentre os problemas observados com este tipo de tecnologia estão: a ocorrência de sombras sobre os objetos físicos, devido à projeção frontal prejudicar a interação com o usuário; restrições da área de exibição pelo tamanho, forma e cor das superfícies dos objetos físicos; os projetores convencionais só podem focar em um único plano localizado a distância constante; as imagens projetadas em superfícies não planares ficam manchadas, a exceção do uso de projetores laser que não sofrem este efeito, a complexidade do alinhamento geométrico e calibração da cor aumenta com o número de projetores utilizados.^[128]

Por outro lado, superam algumas das limitações que são relatadas em uso de HMDs: ergonomia melhorada, campo de visão ilimitado, resolução customizável, e uma boa relação de acomodação do olho.

4.3. INTERAÇÃO EM SISTEMAS RA

Recentemente, os métodos de interação para uso em sistemas de RA têm se constituído em área de grande interesse e pesquisa. Dentre as técnicas que tem sido desenvolvidas, inclusive com a adoção de algumas da área de RV, como interface por desktops 2D ou computação móvel, parece que um dos caminhos mais promissores é o uso e exploração de objetos físicos interagindo com conteúdos sintéticos. Esta área

é denominada de **interfaces de uso tangível**, onde objetos físicos são utilizados para manipular dados digitais. Na hipótese de uma interface tangível, a exibição de um conteúdo em RA é acoplado a um objeto tangível.

A estimulação sensorial derivada de sensações visuais, aurais ou táteis da experiência vivencial tem incrementado e desafiado a imaginação a encontrar novas representações visuais formadas a partir da tecnologia digital.^[161]

As conexões entre estímulos visuais e táteis e a cognição proporcionam um impacto considerável na percepção da experiência física. Muitas das melhorias alcançadas, em especial através do emprego de meios físicos que permitem a interação, tem sido um progresso, mormente mais sensível, com Realidade Aumentada e Interfaces Tangíveis.^[160]

O uso intuitivo de um determinado produto geralmente é compreendido com o significado de que parece natural e óbvio ao usuário a forma de utilizar aquele produto. Deste modo se requer exclusivamente o processo cognitivo inconsciente, que confia no conhecimento de experiências *a priori*.^[162]

O *design* de interfaces intuitivas, como formas de potencializar a vantagem do imediatismo e familiaridade diária, com objetos físicos para efetiva manipulação do conteúdo virtual, parte deste princípio. Um exemplo comum utilizado em concepção de design intuitivo é o da maçaneta, cuja associação imediata é de que trata de dispositivo da porta que permite a entrada em algum recinto. É nesta lógica que se baseia a área de Interface-Humano-Computador.

Termo cunhado em inglês “*affordances*” é descrito como algo que o *designer* pode utilizar no sistema, a fim de prover uma pista sobre como interagir com os objetos. A possibilidade de pequenos sensores com baixo custo e pequenos, que facultam ao objeto físico a capacidade de reagir à manipulação física já é uma realidade.

Existem uma variedade de métodos aplicações de interação, muitos dos quais já consolidados, como MagicBook e MagicLenses dentre outros.^[163, 164]

O *MagicBook* (Fig. 120 e 121) é uma aplicação que utiliza livros reais de histórias com marcadores especiais em algumas páginas. Quando estes marcadores são visualizados através de um pequeno dispositivo LCD em um *hand-held*, o usuário passa a ver o livro através dele, e então visualiza a cena ou o conteúdo que foi planejado para ser exibido em 3D. O usuário pode mover ou rodar a cena sintética basicamente manipulando o livro real.^[163]



Fig. 120 - Magic Book.^[163]



Fig. 121 - Magic Book.^[163]

O *MagicLenses*^[161] (Fig. 122), permite ao usuário ver múltiplos *datasets* ao mesmo tempo, como o caso de imagens com múltiplas famílias de objetos com diferentes semânticas e que passam a ser representadas em um estilo similar. De certa forma a configuração do dispositivo de exibição é similar ao *MagicBook*. Possui um *hand-held* adicional que representa uma lente de aumento. Olhando através do vidro, a interface mostra diferentes representações do objeto sintético, um exemplo clássico é “olhar dentro do corpo humano”.

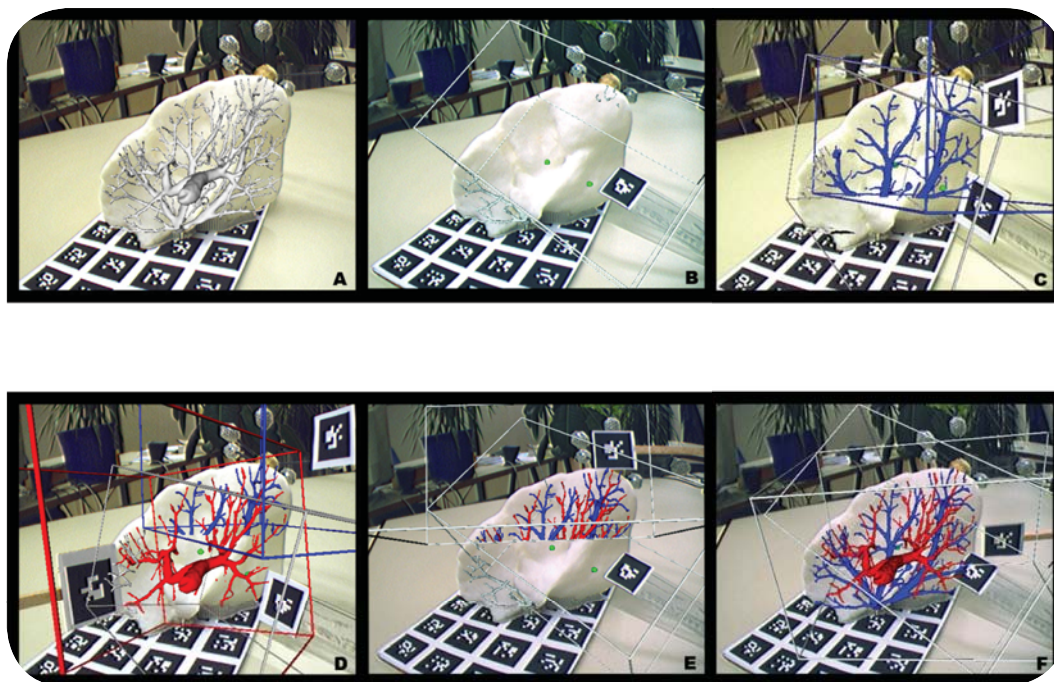


Fig. 122 - *MagicLenses*.^[164]

A Fig. 122 representa dois tipos de vasos que compõem a vascularização do fígado. Veias e artérias são, apesar de diferentes camadas de objetos, apresentados simultaneamente sob a superfície hepática. Visualmente são estruturas similares, mas em verdade têm sua ambigüidade local tratada por uma “lente mágica” que cruza ambas e altera seu estilo de renderização.

4.3.1. INTERAÇÕES COMUNS EM APLICAÇÕES TANGÍVEIS

4.3.1.1. NAVEGAÇÃO

Existem três tipos de configuração passíveis de serem aplicadas no controle de ponto de vista e que são dependentes da configuração adotada para exibição do sistema: móvel, fixa e tele-móvel.^[165]

A navegação móvel significa que o ponto de vista virtual é idêntico ao do ponto de vista físico do usuário, evento que pode ser observado por rastreamento do ponto de vista do usuário e utilizando *see-through* como tecnologia de exibição, normalmente HMD.

Quando o ponto de vista é fixo, como na configuração de tecnologias de exibição fixas, como em mesas de exibição o usuário se movimenta em torno do mundo real diretamente e a interação espacial ocorre justamente de frente para seu ponto de vista.

Em caso de utilizar uma câmera móvel, conformando uma configuração RA baseada em monitor, mas onde a câmera não está acoplada aos olhos do usuário, então é denominada navegação tele-móvel.

4.3.1.2. MANIPULAÇÃO ESPACIAL 3D

Esta é a forma de interação mais frequentemente utilizada em mundos 3D e divide-se em três sub-modalidades: seleção, manipulação e liberação.^[165]

Selecionar um objeto de interesse é mais básica das ações realizadas e habitualmente ocorre através de um cursor ou outro *pointer*-mecanismo em uma interface 2D ou através da uma mão virtual num ambiente virtual imersivo. Para isto o usuário pode utilizar uma interface física para mover o *pointer* virtual sobre os objetos e efetuar a seleção, esta interação é do tipo indireta.

Em interfaces tangíveis a seleção é definida como interação direta. Quando cada objeto sintético tem sua contraparte no objeto físico, então selecionar o objeto sintético acontece implicitamente ao pegar o objeto físico, porque um está pareado com o outro.

A utilização de dispositivos de exibição binocular com estereoscopia é providencial, para corrigir a percepção de profundidade e obter uma interação eficiente.

Depois de selecionado o objeto deve ser liberado.^[165]

A manipulação, uma das interações mais atrativas em Realidade Aumentada, refere-se a deslocar o objeto em um espaço 3D alterando sua posição e orientação nos 6 graus de liberdade em relação a ele mesmo. Tal e qual a seleção, a manipulação direta é realizada através do mais natural método de interação. Em interfaces tangíveis RA, isto é acompanhado por *tracking* das interações com o objeto, da seguinte forma: os objetos sintéticos são substituídos pela manipulação dos objetos reais, e usuário pode manipular os objetos sintéticos manipulando seu correspondente real.

4.4. REALIDADE AUMENTADA NO CAMPO DA SAÚDE

A primeira tentativa de aumento da realidade aplicado a objetos foi registrada em 1938 por Steinhaus, matemático austríaco, ao descrever uma geometria que revela um projétil de arma de fogo no interior de um paciente com um ponteiro revestido que podia ser visualizado sobre o projétil. Foi desenvolvido de forma que estivesse alinhado de qualquer ponto de vista e seu registro era feito sem qualquer recurso de computação.

O procedimento para registro era incômodo e era feito para cada paciente do seguinte modo: envolvia dois cátodos que emitiam RX sob o paciente, e favoreciam a projeção do projétil de arma de fogo em uma fluoroscópio. Do outro lado do RX, duas esferas eram dispostas simetricamente aos cátodos do RX. Uma terceira esfera era fixada cruzando as linhas entre as duas esferas e duas projeções do projétil na tela do fluoroscópio. A terceira esfera representava o projétil de arma de fogo.^[166]

Substituindo a tela com um espelho semitransparente e observando o objeto através do espelho, a terceira esfera é encoberta exatamente sob o projétil em qualquer dos pontos de vista. Isto foi possível porque a terceira esfera estava no local onde o projétil é refletido. Isto favorece a impressão de estereoscopia.

A evolução das invenções no campo da imagem e da tecnologia de Realidade Aumentada na saúde, se inicia em 1896 com a invenção do Raios-X, que culmina em 2000 com o primeiro dispositivo para visão binocular e dispositivo de ultrassom aumentado.

Uma das grandes contribuições da Realidade Aumentada em contraponto a Realidade Virtual é o fato de oferecer uma ancoragem no mundo real, que em especial no contexto das simulações é essencial considerando que nosso objeto de ação é o ser humano. Do ponto de vista didático, a possibilidade de associar um evento simulado a uma referência corpórea do mundo real beneficia o realismo da visualização como estímulo cognitivo capaz de provocar no usuário a sensação de associação com um indivíduo que deverá ser o sujeito da sua ação no campo real da prática.^[166]

Os benefícios da Realidade Aumentada no campo da saúde têm crescido *par e passo* com o desenvolvimento de dispositivos de visualização, recursos computacionais e interfaces de interação, donde se pode identificar a relação direta com o progresso tecnológico (Tabela 6).

Tabela 6 - Relação simplificada entre tecnologia e benefícios potenciais.^[166]

	Coordenação melhorada entre a mão	Valor extraordinário de fusão da imagem	Interação 3D implícita	Visualização estereoscópica	Capacitação Multiusuário
Baseado em HMD	X	X	X	X	Dispositivo adicional de RA
Ótica aumentada	X	X	X	X	Dispositivo adicional de RA
Janela p/ Mundo	X	X	X	X	
Monitores aumentados		X			X
Endoscópios aumentados		X		Raramente	X
Reflexão tomográfica	X	X		Somente no plano	
Projeção no paciente	X	X			Limitada

A tecnologia de visualização no campo da saúde pode ser compreendida como um movimento de ruptura de forma oposta a tecnologia sustentada. O termo “*disruptive technology*” foi utilizado por Clayton Christenson e popularizado como o oposto de “*sustaining technology*” em seu livro sobre inovação na economia. Ele denominou tecnologia sustentável como a tecnologia estabelecida que é iterativamente melhorada e que obtém uma taxa de melhoria sustentável por um certo período. Contrariamente, uma tecnologia de ruptura, não é a melhora de uma tecnologia prevalente, mas um novo desenvolvimento, e portanto uma inovação.

No campo da tecnologia, como no da saúde, a inovação é uma ação obrigatória e que, não necessariamente, implica em elevação direto de custos, mas que pode significar a customização de tecnologias já estabelecidas e que, juntas, propõem uma nova forma de uso que não era contemplada por tecnologias prevalentes até então.^[166]

Seu alcance pode ser observado através de aplicações para planejamento cirúrgico (Fig. 123a à 123f.), desenvolvimento de próteses (Fig. 124), auto-aprendizagem no manuseio de próteses por pacientes amputados (Fig. 125) e mais recentemente, no âmbito das simulações direcionadas a aquisição de saberes ou competências psicomotoras (Fig. 126).

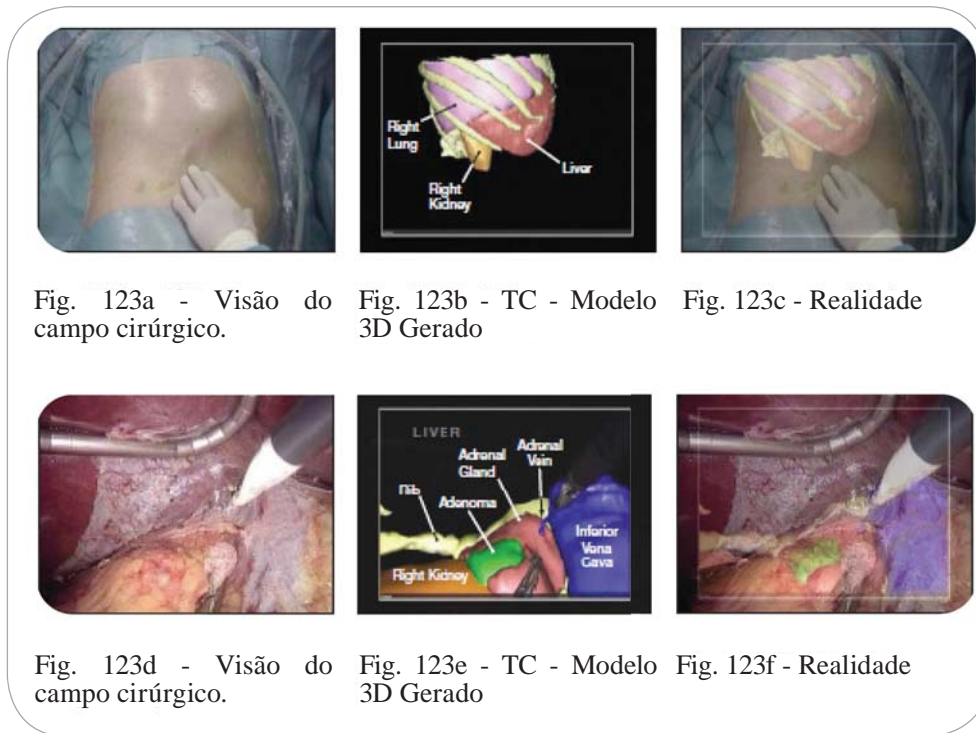


Fig. 123a - Visão do campo cirúrgico.

Fig. 123b - TC - Modelo 3D Gerado

Fig. 123c - Realidade 3D Gerado



Fig. 123d - Visão do campo cirúrgico.

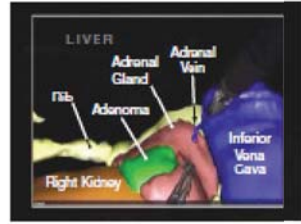


Fig. 123e - TC - Modelo 3D Gerado



Fig. 123f - Realidade 3D Gerado

Fig. 123a a 123f - Imagens em Realidade para visualização de estruturas internas do abdômen através de *display* transparente. A anatomia é indicada por Tomografia Computadorizada.^[167]



Fig. 124 - Médico modela a prótese para o crânio no PARIS™ com o instrumento contido na mão direita, um sistema de *tracking* virtual rastreia a posição da mão esquerda. O modelo real do crânio vai se tornado visível na tela.^[168]

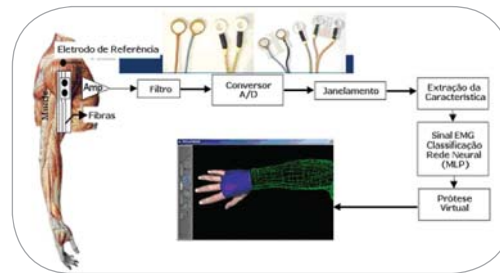


Fig. 125 - Usando Técnicas de Realidade Virtual para Simulação e Controle de Uma Prótese Virtual de Braço.^[169]

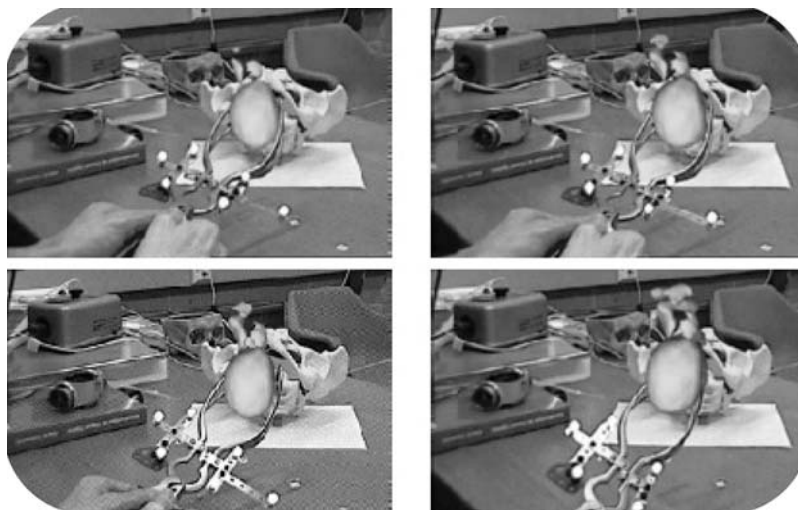


Fig. 126 - Simulação de treinamento de fórceps.^[22]

A fusão de imagens no mesmo dispositivo de saída para visualização oferece uma melhor compreensão de imagens do contexto anatômico, como não podia ser observado anteriormente. Alguns exemplos são as câmeras de endoscopia e imagens de ultrassom, assim como associar informações sobre a função de órgão com informações em tempo real que permitem a visualização da anatomia e posição do instrumento cirúrgico; visualização do campo cirúrgico em um único dispositivo de saída ao contrário de realidades anteriores onde era necessário observar além do campo cirúrgico um ou dois negatoscópios, o que pode contribuir para exaustão visual e imprecisão cirúrgica (Fig. 127a e Fig. 127b).

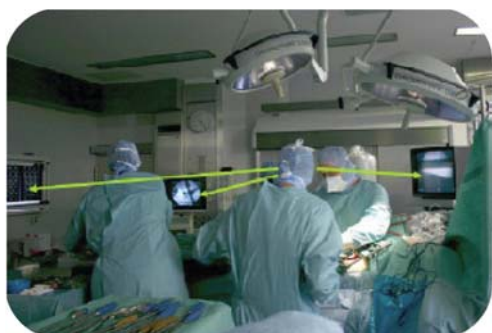


Fig. 127a - Imagens de fontes distintas distribuídas em vários dispositivos de saída.



Fig. 127b - Reposicionamento do cirurgião com imagem endoscópica.

A interação com dados tridimensionais é sempre mais incômoda, sendo freqüentes as queixas de náuseas, tonturas e até vômitos. Esta é uma

das razões pela qual as interfaces 2D, são mais comuns de serem utilizadas em especial em aplicações na saúde, de forma que há uma forte influência do paradigma WIMP (do inglês *Windows*-janelas, *Icons*-ícones, *Menu*-menus, *Pointers*-apontadores).

O uso de tecnologia de Realidade Aumentada em centro cirúrgicos, facilita implicitamente a geração de pontos de vista que correspondam ao ponto de visão do cirurgião sobre os objetos reais com o ponto de visão dos objetos virtuais. Mudando a posição do olho em relação ao objeto a inspeção em 3D apresenta circunstancial melhora se comparada a inspeção feita por métodos conservadores.

As interfaces em 2D são mais difundidas e de tamanho mais reduzido, e habitualmente o uso de interfaces tridimensionais só revela seu potencial em atividades onde contribuem para a menor complexidade e maior segurança e otimização da tarefa a ser desenvolvida, como por exemplo em planejamento cirúrgico.

Muitos sistemas de Realidade Aumentada permitem a representação do dado por estereoscopia. A disparidade estéreo e paralaxe do movimento devido à mudança do ponto de vista pode proporcionar um intensa impressão espacial, sendo comum relatos que valorizam a visualização em 3D com referências de melhora da acurácia visual e desempenho em procedimentos cirúrgicos, em especial.^[170]

A diferença da posição e orientação entre a aquisição da imagem e visualização pode interferir na coordenação entre a mão e olho do cirurgião. Está é uma situação típica em cirurgias minimamente invasivas e que sugerem que a melhor posição para o monitor do endoscópio deva ser na frente do cirurgião ao nível das suas mãos.

Capítulo 5

“A morte materna e de recém-nascidos custa ao mundo uma perda anual em produtividade da ordem de US\$ 15 bilhões. Não há investimento melhor do que salvar vidas maternas”.

Ban Ki Moon, Secretário Geral das Nações Unidas- Assembléia Mundial de Saúde (ONU/World Health Assembly - WHA, 2009)

5. CONTEXTO OBSTÉTRICO

Este capítulo apresenta os fatores componentes do parto, considerações sobre o estudo da estática fetal, pelve materna e parâmetros relacionados ao mecanismo do parto em apresentações de vértice. Alguns destes parâmetros foram extraídos da literatura a fim de fornecer os requisitos da modelagem e animação. As imagens deste capítulo que apresentam referências anatômicas citadas em inglês seguem a expressa recomendação da editora norte-americana que cedeu, sob cortesia, o uso destas neste estudo.

5.1. FATORES DO PARTO

O parto cujo processo de evolução transcorre sem anomalias funcionais ou intercorrências clínico-obstétricas é denominado parto eutócico, seu oposto é conhecido como parto distócico. Normal ou eutócico aquele transcorrido fisiologicamente e distócico quando perturbado por condições anômalas, patológico.

O estudo do parto e do nascimento inclui um conjunto de circunstâncias, de padrões da normalidade aos desvios desta, sendo esta última de grande interesse em outros estudos no campo das simulações.

São fatores do parto: o trajeto, representado pela bacia óssea e seu revestimento músculo-aponeurótico; o objeto, que é o feto; e o motor, útero ou matriz. Iniciado o trabalho de parto cada um destes elementos se integram com participação ativa nos fenômenos que

vão dar lugar de forma dinâmica ao nascimento propriamente dito.

O estudo de parto é decomposto em duas modalidades de fenômenos por razões didáticas: ativos e passivos. São fenômenos ativos aqueles decorrentes da contratilidade uterina e das contrações involuntárias dos músculos abdominais e fenômenos passivos os que decorrem do apagamento e da dilatação do colo; da formação do segmento inferior; da constituição da bolsa das águas; da amniotomia¹⁸; da ampliação do conduto vaginal e da fenda perineovulvar; dos movimentos descritos pelo objeto impulsionado pelo motor, ao percorrer o trajeto (mecanismo de parto). Em verdade, estes fenômenos ocorrem simultaneamente e são complementares entre si.^[171]

A condição primordial para melhor compreensão das circunstâncias que podem se apresentar como desvios da normalidade, é o conhecimento correto da fisiologia do parto em si. A aproximação e desenvolvimento de competências cognitivas e motoras do profissional de saúde, em relação ao mecanismo do parto é condição primeira para a identificação dos desvios do padrão de normalidade.

O profissional de saúde envolvido no ato de partejar, primariamente, deve possuir o conhecimento do mecanismo fisiológico do parto e seu manuseio, a fim de que esteja devidamente preparado para rastrear as anomalias de forma precoce e proporcionar uma assistência segura ao parto e ao nascimento.^[171]

A assistência segura ao parto requer, dentre outras abordagens, uma *“relação de respeito que os profissionais de saúde estabelecem com as mulheres”* e em primeiro lugar a capacidade de compreender que como um *“processo natural e fisiológico que, quando bem conduzido, não precisa de condutas intervencionistas”*.^[172]

Apesar do objeto do presente estudo ser o mecanismo de parto em apresentações de vértice, por sua íntima relação com algumas variáveis clínico-obstétricas, como a dilatação e o apagamento, a estática fetal e a condições do trajeto ósseo, estas serão então abordadas primeiramente com um olhar mais genérico.

¹⁸ Rotura com evasão parcial do conteúdo líquido do saco gestacional, e que ocorre via de regra, no final da fase de dilatação, ou precocemente ou ao completar ou próximo ao período expulsivo.^[171] Pode ocorrer espontaneamente, como indicam as boas práticas na atenção ao parto, ou ser artificialmente desencadeada.

5.2. CENÁRIO CLÍNICO-OBSTÉTRICO

Clinicamente, o parto em si está associado ao desenvolvimento da contratilidade uterina de forma rítmica, que condiciona a dilatação e apagamento do colo uterino. A atividade uterina, resultante da intensidade das contrações pela sua freqüência, é expressa em mmHg/10 minutos ou em unidades Montevideu¹⁹ e registrada por intermédio de procedimentos tocométricos. Havendo atividade uterina compreendida entre 80 a 120 uM (em média 100uM) e em presença de conseqüente dilatação inicial de 2cm, é sinal de início do trabalho de parto, ou como denominado tecnicamente, pródromos do trabalho de parto.

A avaliação da dinâmica uterina, efetuada segundo a freqüência e duração de cada contração apresenta características distintas no início da dilatação contraposta ao final. Freqüentemente é no início caracterizada por uma freqüência de 2 a 3/10 minutos e intensidade de 30mmHg, alcançando ao final deste período uma freqüência e duração que pode chegar a corresponder à 4 contrações uterinas, a cada 10 minutos e uma intensidade de 40mmHg.

O trabalho, em si, corresponde a um conjunto seqüencial de contrações uterinas acompanhado pela ação involuntária dos músculos abdominais e que resultam na dilatação e apagamento do colo uterino com conseqüente expulsão do produto conceptual. O parto propriamente dito e sua modalidade dizem respeito a forma pela qual se dá a saída do feto e da placenta, se por expulsão ou extração.

O trabalho de parto é um processo fisiológico que grande parte das mulheres em idade reprodutiva vivencia sem qualquer componente patológico. A garantia de um trabalho de parto seguro para a parturiente e para o concepto guarda relação com muitas variáveis.

¹⁹ “unidades Montevideu” é o padrão de medida utilizado para mensuração da atividade uterina. Sua adoção é devida aos estudos do médico uruguaio, Caldeyro-Barcia, que em 1958 desenvolveu a técnica de mensuração.

Uma das condições primordiais, para o sucesso do parto é sem dúvida a atenção pré-natal prestada por profissionais qualificados, e iniciado o mais precocemente possível. Mulheres em idade reprodutiva, caso apresentem um episódio de amenorréia devem procurar uma unidade de saúde para efetuar o teste da gravidez.

Alguns outros fatores de igual importância para um parto e nascimento bem sucedido se referem: a manutenção do conforto e acolhimento da parturiente, seu companheiro, família e a mantê-los informados sobre todas as ocorrências e evolução do parto.

O profissional de saúde, ao qual couber a responsabilidade pela condução de toda a atenção ao parto e ao nascimento deve estar devidamente preparado para se antecipar a condições inesperadas que possam significar o desvio de normalidade deste evento fisiológico. Desta forma, a qualidade da formação, condição de atualização condizente com as boas práticas recomendadas pela literatura e/ou recomendações técnicas do Ministério da Saúde, e sua capacidade de colocar o protagonismo do parto nas mãos da parturiente, são condições importantes para o sucesso do nascimento.

Em circunstâncias onde possa ser necessária uma tomada de decisão que signifique intervir no curso natural do trabalho de parto, esta deve ser tomada com cuidado e segurança sem que isto exclua o fato de que a comunicação entre o profissional e a parturiente, bem como sua família deva ser respeitada e mantida.

Previamente às considerações sobre os componentes anatômicos e funcionais da mecânica do parto, ressalta-se que a descrição que se segue trata de um “recorte” dentre os fenômenos passivos que estão envolvidos no parto. Em verdade, a conjugação destes fenômenos passivos àqueles ativos retrata a complexidade da semiologia do parto e do nascimento.

O conhecimento fino de todas as estruturas e funcionalidades envolvidas na fisiologia do parto e as ações que devem daí nortear a tomada de decisão do profissional de

saúde, podem qualificar com excelência a atenção de saúde a parturiente. Por outro lado, seu desconhecimento, experiência incipiente e práticas inadequadas podem concorrer para um prejuízo materno e fetal, muitas das vezes, sem volta.

5.3. O TRAJETO DE PARTO

A morfologia da pelve pauta a classificação dos tipos de pelve nos estudos de Caldwell e Moloy que propuseram um sistema de classificatório com variações da pelve feminina tendo como base o tipo de segmento anterior e posterior do estreito superior. Tratou-se de um exaustivo estudo, que lhes possibilitou estabelecer 4(quatro) tipos distintos de pelve feminina, e indicar em função de seus diâmetros internos, quais são mais ou menos favoráveis ao nascimento.

Apesar de observar-se que muito raramente uma determinada pelve pode ser enquadrada em um tipo exclusivo, já que existe em sua maioria com características mistas, a literatura obstétrica adota a proposição daqueles autores:

- Ginecóide: pelve feminina habitual, presente em 50% da população feminina;
- Andróide: pior prognóstico para a passagem do feto, presente em 20% da população feminina e preponderante na população masculina;
- Antropóide: passível de apresentar distócias no estreito superior, e presente em 25% da população feminina;
- Platipelóide: passível de apresentar distócia maior no início do trabalho de parto, e presente em apenas 5% da população feminina.

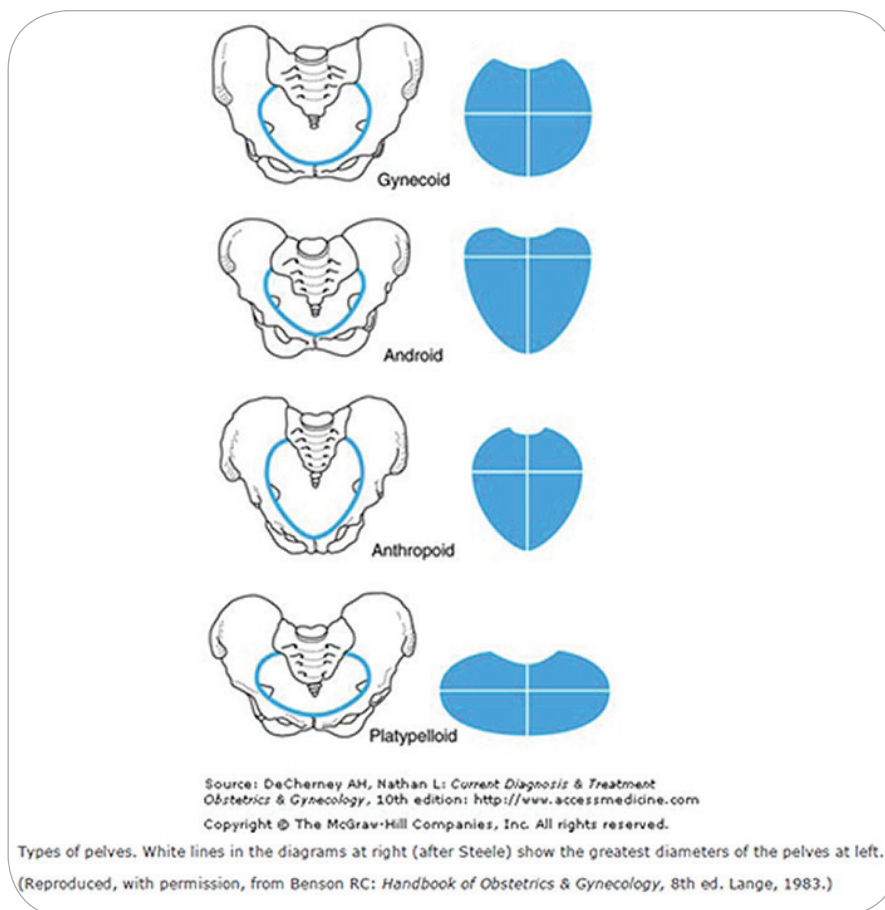


Fig. 128 - Classificação morfológica da Pelve segundo Caldwell e Moley. Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009.^[173]

A pelve é constituída pelos dois ossos íliacos, o osso sacro e o cóccix articulado entre si. O íliaco é um osso par e forma no sentido ventral, as paredes da pelve. Articula-se anteriormente com o osso íliaco do lado oposto formando a sínfise púbica; lateralmente com o fêmur, a articulação coxo-femoral, e posteriormente o sacro, formando a articulação sacro-íliaca (Fig. 129).

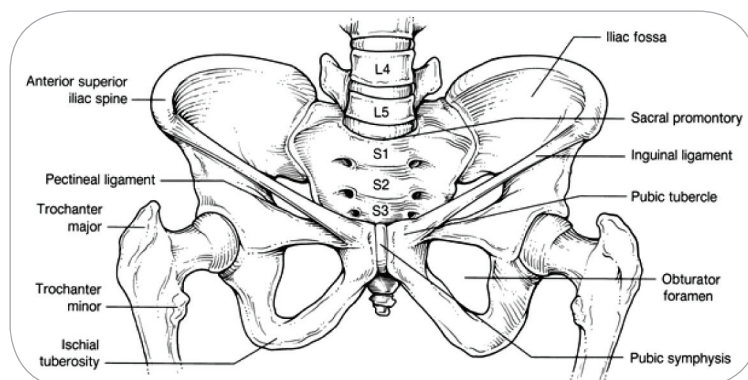


Fig. 129 - Pelve Feminina Adulta

O osso sacro é ímpar e simétrico, e se articula bilateral e posteriormente aos dois ossos ilíacos, formando a parede posterior da pelve. Denomina-se promontório sacro o vértice formado pelo ângulo sacrovertebral. É composto por duas faces (posterior e anterior), duas bordas (laterais e articuladas aos ilíacos, a base e ápice. Observa-se que no sentido longitudinal, da face anterior apresenta um corpo único que corresponde a fusão do corpo das 5 (cinco) vértebras sacrais primitivas, identificáveis pela linhas transversas aos buracos sacro-pélvicos posteriores ou anteriores, em número de 4 (quatro) e por onde penetram os nervos sacros.

O cóccix é um osso ímpar, também simétrico, formado por vértebras rudimentares, podendo variar de quatro a cinco vértebras na espécie humana.

As articulações que unem estes ossos são a sínfise púbica, duas articulações sacro-ilíacas, uma sacrococcígea e a articulação lombro-sacra. A sínfise púbica, que une os dois ossos pube, é um ligamento, interósseo que enche o espaço entre as duas superfícies e forma o chamado, disco interpúbico (Fig. 130).

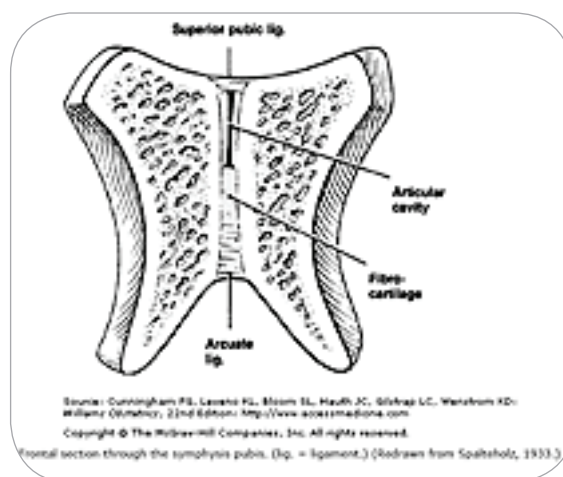


Fig. 130 - Disco Interpúbico. Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009.^[173]

As articulações sacro-ilíacas são compostas pelos ligamentos íleo-lombar, grande e pequeno sacro-ciático, responsáveis por fundamental suporte e reforço à estas articulações no momento em que o pólo cefálico repele o cóccix para trás no sentido de ampliar o diâmetro de saída da bacia obstétrica (Fig. 131). Agregue-se a isto o fato de que

as articulações durante a gestação possuem maior mobilidade, resultante do fenômeno chamado embebição gravídica, e que faculta a retropulsão do cóccix. A linha inominada é o ponto de referência que divide acima a grande bacia e abaixo, a pequena bacia ou bacia obstétrica.

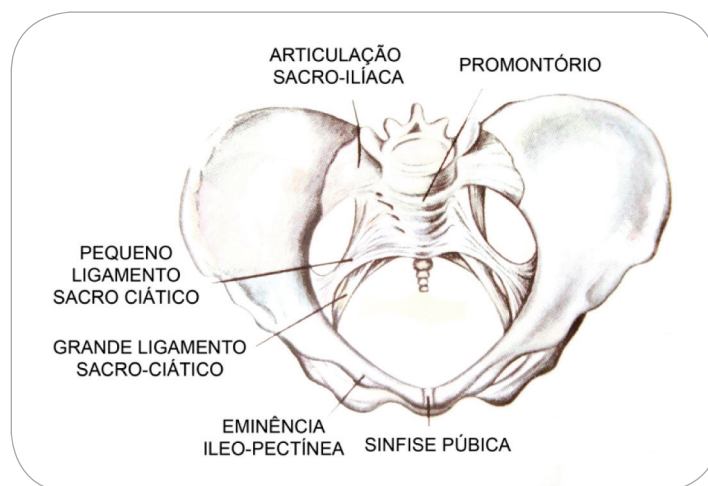


Fig. 131 - Pequena bacia.

A pequena bacia é limitada acima, pelo estreito superior e abaixo, pelo estreito inferior. É formada pela saliência do promontório sacro, borda anterior da asa do sacro, articulação sacro-ilíaca, linha inominada, eminência íleo-pectínea e borda superior do corpo da pube e da sínfise púbica. A pequena bacia, ou escavação pélvica é de suma importância nos estudos do trajeto duro, sendo limitada acima, pelo estreito superior e abaixo pelo estreito inferior.

A escavação pélvica pode ser descrita como obliquamente truncada, levemente cilíndrica com grande altura posterior. A parede anterior é composta pela sínfise púbica e mede aproximadamente 5 cm e posteriormente em torno de 10 cm.

5.3.1. ESTREITOS E DIÂMETROS DA PELVE

Seus diâmetros são no sentido ântero-posterior do promontório à borda superior da sínfise púbica, denominado diâmetro promonto-suprapúbico ou *conjugata*

vera anatômica, medindo 11 cm. Do mesmo promontório à face posterior do pube, é traçada a linha do diâmetro promonto-púbico mínimo, *conjugata vera* obstétrica que mede 10,5 cm e diâmetro promonto-subpúbico ou *conjugata diagonalis*, com 12 cm de extensão (Fig. 132).

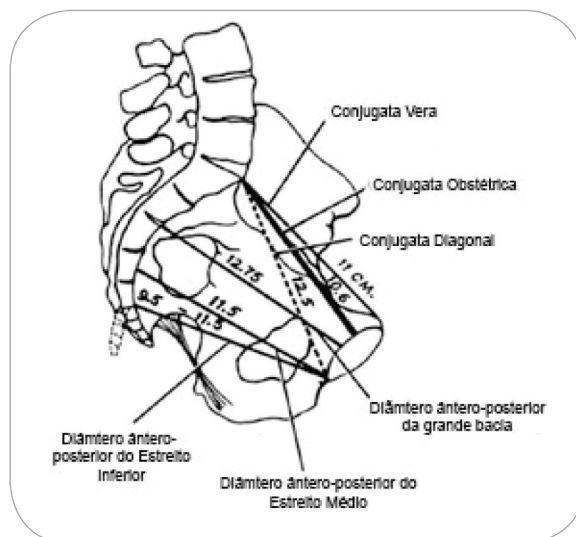


Fig. 132 - Corte sagital da pelve com diâmetros anteroposteriores.

Os diâmetros transversos são três: diâmetro transverso máximo, do ponto mais afastado da linha inominada ao lado oposto, medindo de 13 a 13,5cm; o diâmetro transverso mediano, a meia distância promonto-púbica, medindo cerca de 12,8cm e o diâmetro transverso anterior, de uma eminência íleo-pectínea a outra, com 12cm.

Os diâmetros oblíquos, são entre um ponto da eminência íleo-pectínea de um lado a sínfise sacro-ílica do lado oposto, medindo aproximadamente 12cm a 12,75cm, como representado na Fig. 133.^[170, 173]

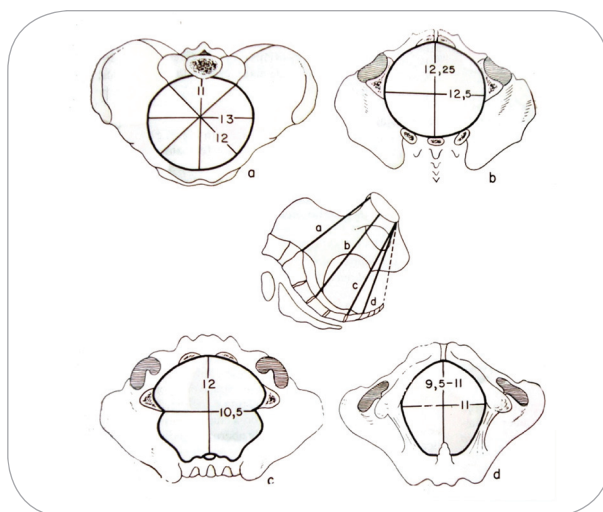


Fig 133 - (a) Estreito Superior da Bacia Visto de cima. (b) Plano de maiores dimensões da escavação vista de baixo. (c) Plano de menores dimensões, estreito Médio visto de baixo. (d) Estreito inferior visto de baixo. Na Figura central, a correspondência dos planos.^[171]

O estreito médio começa atrás, no ápice do sacro, passa pelas apófises transversas da 5ª vértebra sacra, espinhas ciáticas e termina na face posterior do pube.

O estreito inferior é composto pela borda inferior dos dois pubes, ramos ísquio-púbicos, tuberosidades isquiáticas, borda medial ou interna dos grandes ligamentos sacro-ciáticos e extremidade do cóccix. Os 03 (três) estreitos se encontram representados em corte sagital da pelve em Fig. 134.

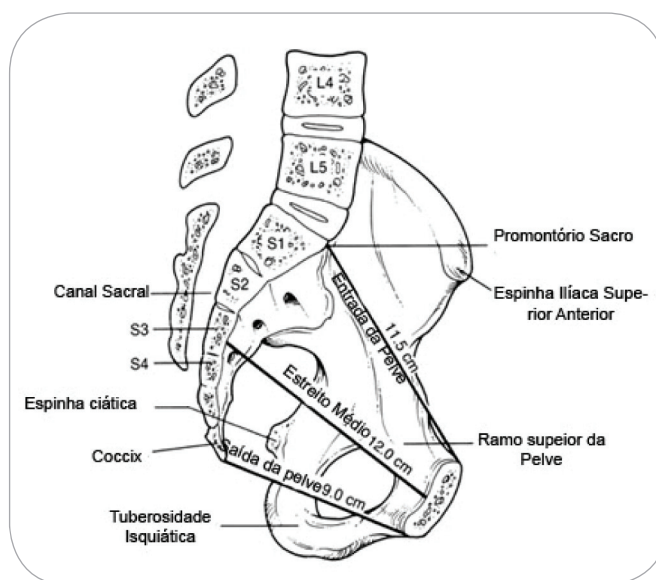


Fig. 134 - Estreitos Superior, Médio e Inferior.

De uma espinha íliaca ântero-superior à do lado oposto obtém-se o diâmetro bi-espinha (BE), medindo cerca de 24cm, e de uma crista íliaca a outra observa-se o diâmetro bi-crista (BC), medindo cerca de 28cm, conforme Fig. 135.^[171]

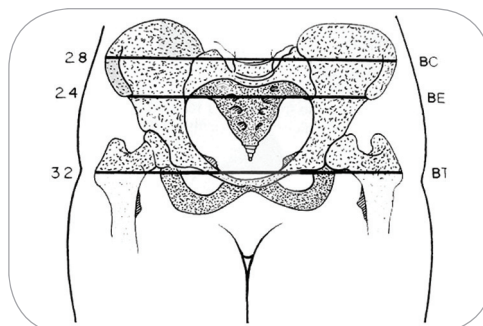


Fig. 135 - Diâmetros do Bi-crista (BC) Biespinha (BE) e Bitrocanter (BT).

Os diâmetros da pequena bacia e seu prévio estudo ao parto é um dos indicativos considerados para avaliar se há uma amplitude adequada à passagem do feto. O estreitamento anormal em qualquer um destes diâmetros, seja por determinação da gênese pélvica ou por trauma, freqüentemente chamado de “angústia” do diâmetro, pode dificultar a evolução da mecânica do parto ou mesmo impedi-la, salvo em situações excepcionais quando o produto conceptual for muito pequeno em comparação a pelve.

5.3.2. ESTUDO DO OBJETO

Ao iniciar-se o trabalho de parto, é de primordial importância conhecer a estática fetal, ou seja, de que forma se relaciona o maior eixo fetal em relação ao maior eixo materno. Este indicador de primeira ordem sinaliza de que forma o trabalho de parto vai iniciar-se.

A orientação fetal em relação à pelve materna, também chamado de estática fetal é descrita através de quatro parâmetros: a situação, apresentação, a posição e atitude fetal.

É denominada situação fetal a relação entre o maior eixo fetal e o maior eixo materno, e desta forma longitudinal (Fig. 136) ou transversa (Fig. 137).

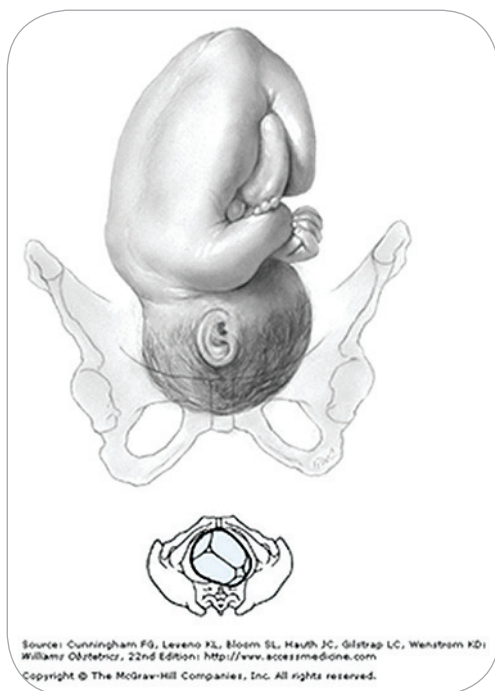


Fig. 136 - Situação Longitudinal (imagem maior) com variedade de posição (imagem menor) Occipito Esquerda Anterior (OEA). Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009.^[173]

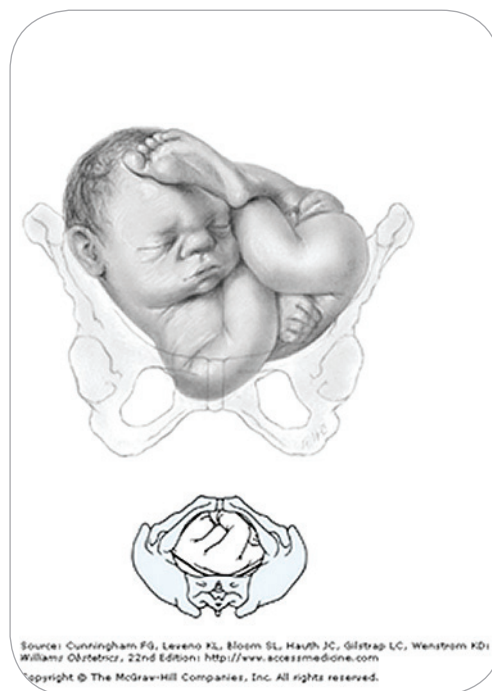


Fig. 137 - Situação transversa (imagem maior) com variedade de posição (imagem menor) identificação do ombro fetal ou acrômio. Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009.^[173]

Eventualmente pode ocorrer uma forma oblíqua formada por um ângulo de 45°, que é sempre revertido na evolução do trabalho de parto para uma situação longitudinal ou transversa.

A apresentação fetal se refere à porção ou ponto de referência do corpo fetal que entra em contato com o canal de parto, ou que apresenta proximidade deste. Pode ser identificada através do exame de toque bi-manual da cervix, de forma que, quando a apresentação fetal é cefálica ao exame, é possível identificar a cabeça a fetal e, quando se trata de uma apresentação pélvica (Fig. 138) são identificadas as nádegas, pés ou joelhos de acordo. Quando, excepcionalmente, o feto se encontra em uma situação transversa (Fig. 137) é então, o ombro identificado através do exame pélvico, o que pode ser observado na imagem menor da mesma figura.

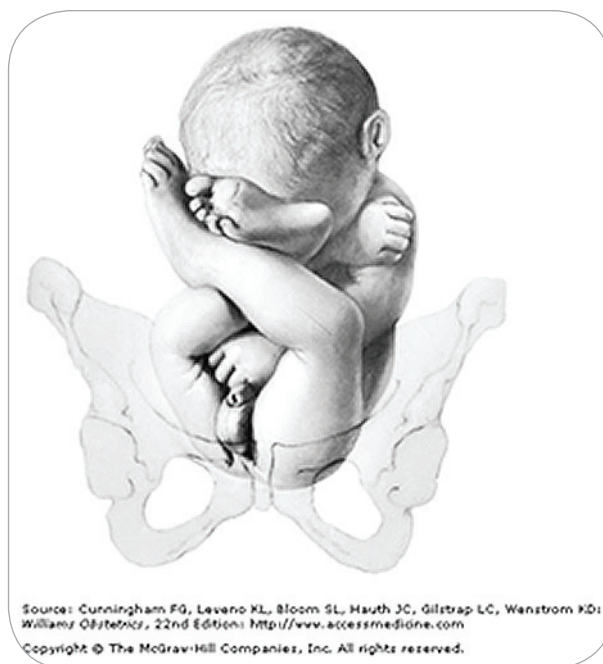


Fig. 138 - Apresentação Pélvica.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009.

Em um levantamento efetuado no período de 1995-1999, no *Parkland Hospital* onde foram estudados 68.097.000 partos normais com a finalidade de identificar a predominância das apresentações, deste total foi observado um percentual da ordem de 96.8% de apresentações cefálicas (vértice) em relação às demais apresentações.^[173]

Um dos referenciais da escola obstétrica brasileira, o Prof^o Jorge de Rezende, afirma que a maior ou menor incidência de um determinado tipo de apresentação é diretamente relacionado a natureza do serviço de atenção a saúde e faz uma comparação entre um referencial do início do século XX na Alemanha e indicadores da Clínica Obstétrica do Hospital de Clínicas da Universidade de São Paulo. Os resultados não parecem distintos entre si, pois a apresentação de vértice é respectivamente a preponderante, com uma relação de 99,5% e 98,5% em relação aos demais tipos de apresentações.^[171]

A posição fetal se refere à relação do dorso fetal com o lado direito ou esquerdo materno. Em variedades de posição occipital adota-se por padrão o uso de três letras que definem a apresentação, a posição e sua variedade cuja progressão se dá no sentido horário é assim definida: apresentação = O (occipito); posição = E (esquerda ou direita) e sua variedade anterior (A), transversa (T) ou posterior (P).

O osso occipital fetal, por flexão da cabeça leva o mento a tocar o tórax fetal, isto determina a formação do vértice e, por esta razão pode-se dizer com relação à variedade de posição, respectivamente Fig. 139 - occipito direito (OD) e Fig. 140 - occipito esquerda (OE).

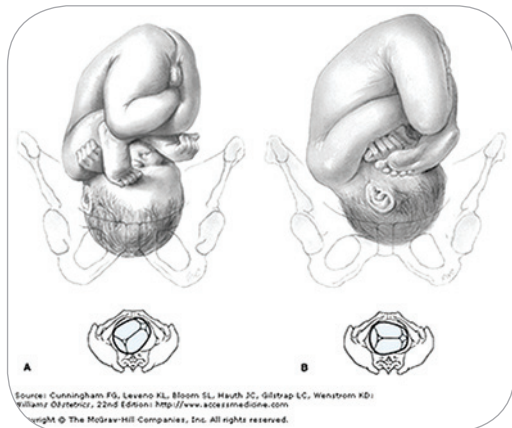


Fig. 139 - Posição fetal direita. Variedades de posição (em imagens menores): A- Occipito Direita Posterior (ODP), e B- Occipito Direita Transversa (ODT), respectivamente.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009.

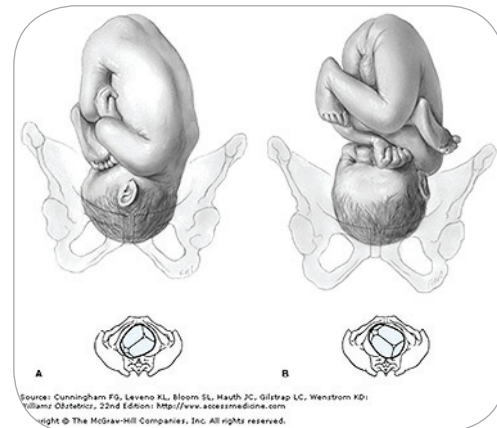


Fig. 140 - Posição fetal esquerda. Variedades de posição (em imagens menores): A- Occipito e Esquerda Anterior (OEA) e B- Occipito Esquerda Posterior (OEP), respectivamente.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009.

A atitude, postura ou hábito fetal assumida pelo feto tem a característica de um ovóide fetal com correspondência de alteração na forma uterina, que passa de uma forma piriforme à forma cilíndrica. Em função da flexibilidade da coluna vertebral fetal e articulação occipito-vertebral, uma flexão generalizada dá o tom à postura fetal. É descrita como encurvamento para frente e para diante da coluna vertebral, cabeça fletida com o mento sobre a face anterior do tórax, membros inferiores com coxas fletidas sobre a bacia e as pernas sobre as coxas (Fig. 141). Nas apresentações cefálicas ou de vértice, os braços estão usualmente cruzados sobre o tórax ou paralelos bilateralmente e o cordão umbilical posicionado no espaço entre as extremidades.

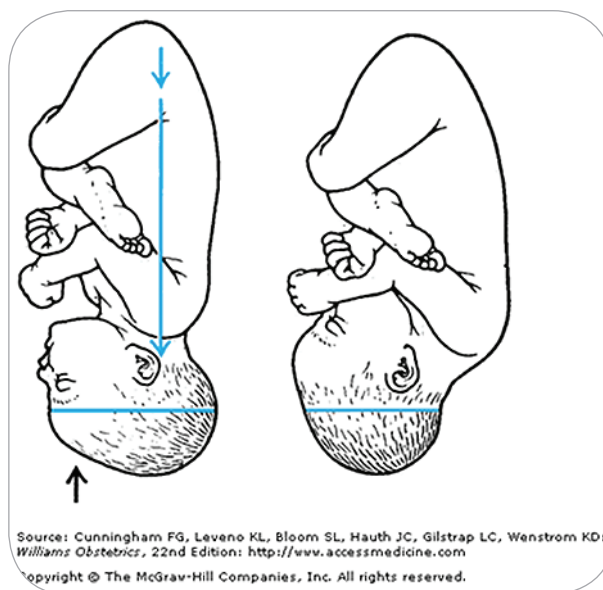


Fig. 141 - Atitude Fetal.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009

Para a devida acurácia da orientação fetal em relação à parturiente, um fator importante é a avaliação e o reconhecimento da variedade de posição. É assim denominada a relação de um ponto de referência fetal com a porção anterior, transversal ou posterior da pelve materna e que a posição fetal se define sempre como esquerda ou direita em relação à pelve materna. Seus pontos de referência são anterior (A), transverso (T) ou posterior (P). Considerando então as variedades de posição, próprias de uma apresentação de vértice, podem ser assim nomeadas (Fig. 142).

- Occipito Púbis (OP);
- Occipito Esquerda Anterior (OEA);
- Occipito Esquerda Transversa(OET);
- Occipito Esquerda Posterior (OEP);
- Occipito Sacro (OS);
- Occipito Direita Posterior (ODP);
- Occipito Direita Transversa (ODT);
- Occipito Direita Anterior (ODA).

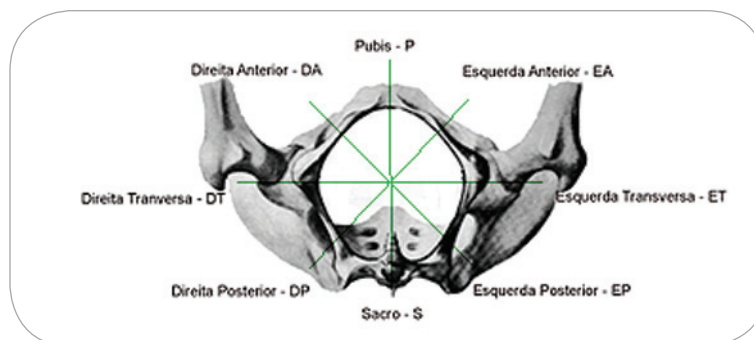


Fig. 142 - Representação espacial da variedade de posição fetal em apresentação de vértice.

Aproximadamente 2/3 das apresentações de vértice têm como variedade da posição occipito esquerda (OE), e a escola obstétrica francesa, referência que tem sido adotada pelos países aul-americanos também considera que a maior frequência é OEA, seguida da variedade OET. Embora ainda sem comprovação suficiente acredita-se que a morfologia da pelve materna condiciona o encaixamento ou insinuação.^[171]

As figuras Fig. 136, Fig. 139 e Fig. 140 em suas imagens inferiores e menores, apresentam as seguintes variedades de posição como exemplo, respectivamente: Occipito Esquerda Anterior (OEA); A - Occipito Direita Posterior (ODP) e B - Occipito Direita Transversa (ODT); A - Occipito e Esquerda Anterior (OEA) e B - Occipito Esquerda Posterior (OEP).

A título de ilustração, a Fig. 137, por se tratar de uma situação transversa, a variedade é então denominada A (Acrômio) D (Direita) A (Anterior).

5.4. DIAGNÓSTICO DA APRESENTAÇÃO FETAL

O diagnóstico da apresentação e da posição pode ser efetuado através de vários métodos, que incluem a palpação abdominal, exame pélvico-vaginal, ausculta do batimento cardíaco fetal e alguns métodos duvidosos como o estudo de imagens por ultra-sonografia, tomografia computadorizada ou ressonância magnética.

A melhor aceitação ao longo de anos tem sido do método da palpação abdominal que têm demonstrado um valor clínico-obstétrico com excelente relação de custo-eficácia. É executada no anteparto e em acompanhamento do trabalho do parto, e pode ser realizada em poucos minutos, sem necessidade de maior infraestrutura tecnológica e com resultados excelentes.

O exame abdominal é conduzido processualmente em quatro tempos e foi descrito pelo ginecologista alemão Christian Gerhard Leopold em 1894. A parturiente deve estar em posição supina e procede-se aos 04 (quatro) tempos como demonstrado na Fig. 143.

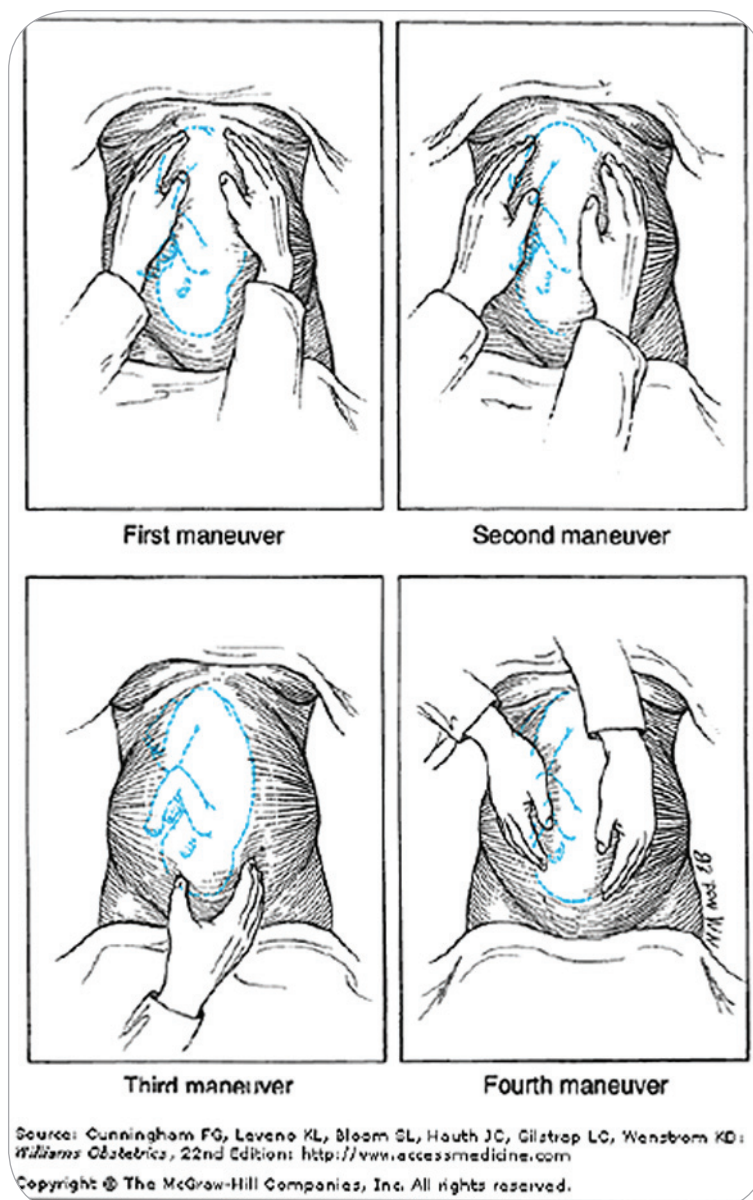


Fig. 143 - (A- “*First maneuver*” – primeira manobra) - 1º tempo: exploração do fundo uterino/polo fetal; (B- “*Second maneuver*”- segunda manobra) - 2º tempo: exploração do dorso fetal e das pequenas partes; (C- “*Third maneuver*”- terceira manobra) - 3º tempo: exploração da mobilidade cefálica; (D- “*Fourth maneuver*”) - 4º tempo: exploração do estreito superior.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009

5.5. PARÂMETROS AVALIADOS DA CLÍNICA E MECÂNICA DO TRABALHO DE PARTO

O progresso do trabalho de parto é monitorado pela dilatação e apagamento da cérvix (Fig. 144a e b) e integridade das membranas ou sua ruptura, resultantes da contratilidade uterina e força exercida pelos músculos abdominais, responsáveis pela

progressão do conceito pelo trajeto ósseo. O comportamento da cérvix é distinto entre primigrávidas e múltiparas, correspondendo as imagens superiores (A) as primeiras e as imagens inferiores às múltiparas (B).

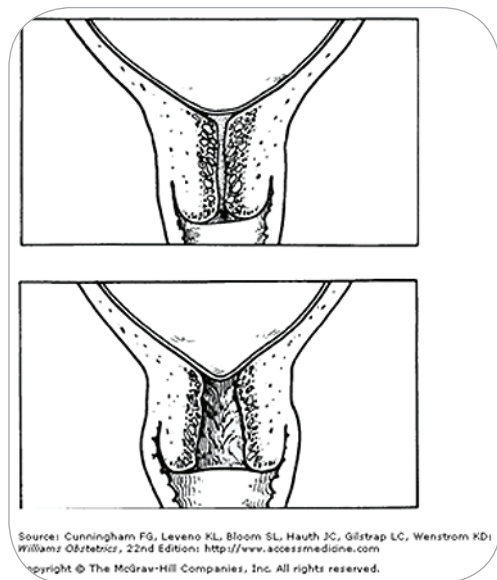


Fig. 144a - Cérvix ao final da gestação e antes do parto.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009

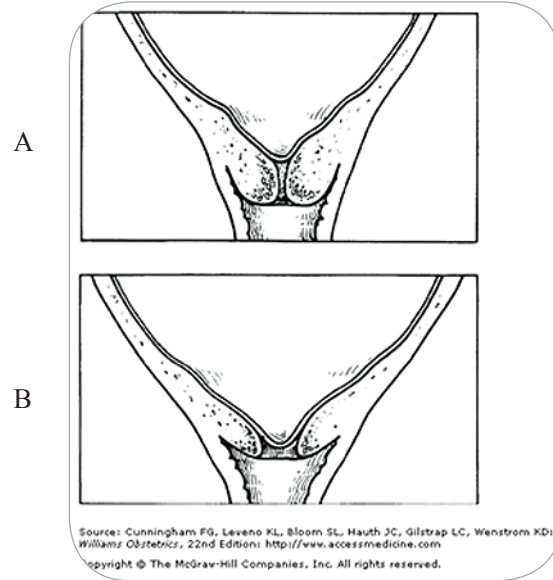


Fig. 144b - Início do apagamento cervical.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009

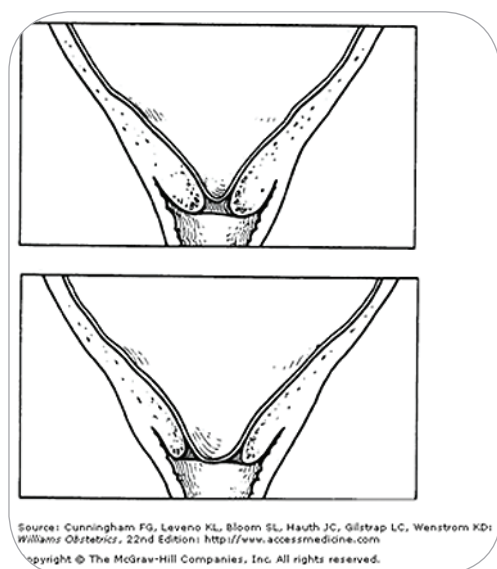


Fig. 144c - Avanço do apagamento do colo.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009

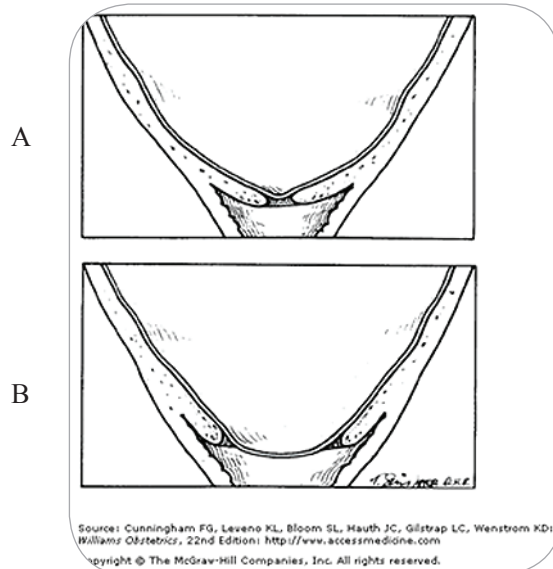


Fig. 144d - Canal cervical fechado e completamente apagado.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009

A avaliação da progressão fetal através do trajeto ósseo é realizada considerando uma divisão da bacia em planos virtuais, que correspondem aos planos de DeLee; em relação à apresentação fetal considera-se o ponto de referência do pólo cefálico na relação com estes planos. Ao procedimento de avaliação, denomina-se “altura da apresentação fetal” e que é realizado, em conjunto com a avaliação da dilatação e apagamento do colo, quando em trabalho de parto.

A descida do feto é avaliada mensurando a porção óssea da cabeça fetal em relação às espinhas ciáticas, considerado o plano “0” (Fig. 145). O Colégio Norte Americano de Obstetrícia e Ginecologia referenda que esta avaliação deve ser feita através da estimativa do número de centímetros acima ou abaixo do diâmetro bisquiático, sendo acatada por unanimidade na prática obstétrica.

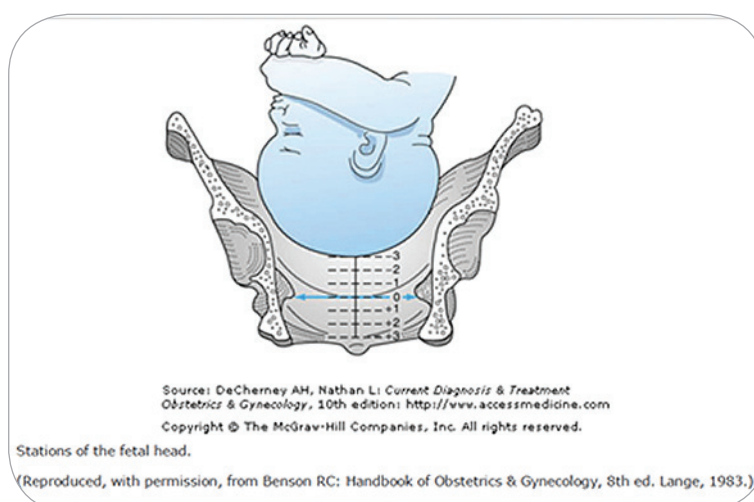


Fig. 145 - Mensuração da Altura a Apresentação Cefálica.^[173]
Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009

5.6. MECANISMO DE PARTO EM APRESENTAÇÃO DE VÉRTICE

Suas características gerais observam uma constância, sem alterações significativas, exceto em situações que possam apresentar variações na morfologia da pelve, da apresentação fetal ou das relações proporcionais entre o trajeto ósseo e o objeto.

Tais condições importam em dificuldades ou impedimentos para a mãe ou

para o feto no transcurso do trabalho de parto, que passa então, a uma circunstância de caráter patológico, denominada distócia.

As distócias do parto podem ser classificadas de acordo com a natureza do fator envolvido, se for o feto, portanto o objeto é denominado como distócia do objeto; se uterinas, são chamadas distócias do motor ou discinesias; se ocasionadas por alterações na morfologia da pelve, são distócias do trajeto duro e assim subseqüentemente. O estudo da distócias relacionadas ao mecanismo de parto, também chamadas de distócias mecânicas requer um detalhamento extenso, a compreensão das suas causas e as intervenções pontuais em cada um dos casos, contudo não se constitui em objeto deste estudo.

Os estudos demonstram que em 95% a 96% de todos os partos, o processo do mecanismo de parto ocorre em apresentações de vértice, sendo, portanto a apresentação habitual, e por característica própria menos passível de ocorrer alterações.^[171, 173] Por esta razão, são consideradas as apresentações de vértice como eutócicas.

O estudo do mecanismo de parto já foi elaborado numa óptica mais simples, composto por somente três tempos cuja referência, Fernando de Magalhães, médico obstetra e professor da Faculdade de Medicina do Rio de Janeiro, é tido por alguns como o criador da Escola Obstétrica Brasileira.^[171] Efetuou assim, a divisão em somente três tempos: insinuação, descida e desprendimento. Atribuindo à insinuação (ou encaixamento), a passagem da maior circunferência da apresentação através do anel do estreito superior, que é precedida pela redução dos diâmetros. Nas apresentações cefálicas ou de vértice, isto é obtido pela flexão da cabeça fetal.

A descida é representada pela migração do pólo apresentado através do canal de parto, ocorrendo logo após a rotação interna, com a finalidade de compatibilizar os maiores diâmetros fetais, aos grandes diâmetros da saída do canal de parto. Por fim, ocorre o desprendimento, que nas apresentações cefálicas se dá por movimento inverso ao do encaixamento, ou seja, pela deflexão da cabeça fetal.

O mecanismo do trabalho de parto em uma apresentação de vértice divide-se em 06 (seis) tempos e representam a evolução descendente do parto. São estes:^[171]

- Encaixamento ou insinuação;
- Descida;
- Rotação interna da cabeça;
- Desprendimento da cabeça;
- Rotação externa da cabeça simultaneamente a rotação das espáduas;
- Desprendimento das espáduas.

A seqüência de imagens a seguir reproduz a mecânica do trabalho de parto, em uma apresentação de vértice, cuja variedade de posição é occipito esquerda transversa (OET). Esta composição do mecanismo de parto foi a eleita para este estudo, e ainda que constitua-se na segunda variedade de maior incidência, para efeito da animação do modelo foi obtido melhor resultado.

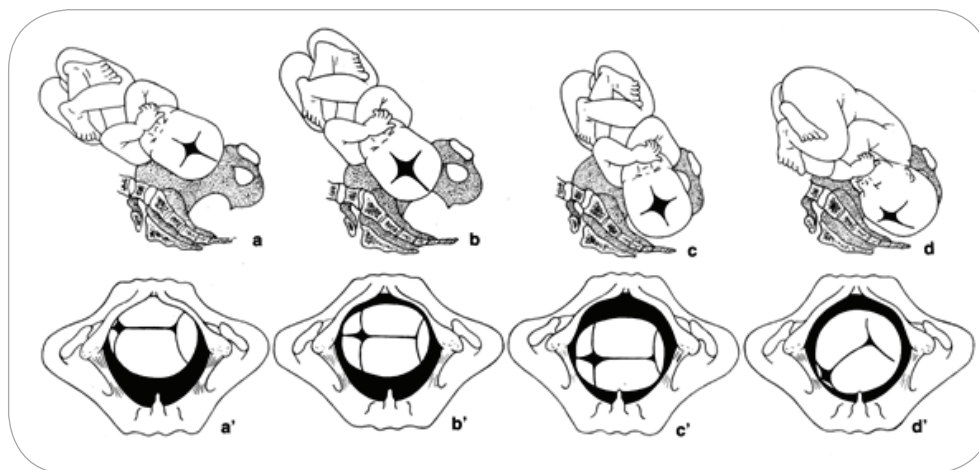


Fig. 146a - Mecanismo do trabalho de parto em Occipito Esquerda Transversa a. (a&b) – Insinuação. c&d – Descida com flexão e Rotação. Letras apostrofadas representam a variedade de posição na vista de saída da pelve.^[171]

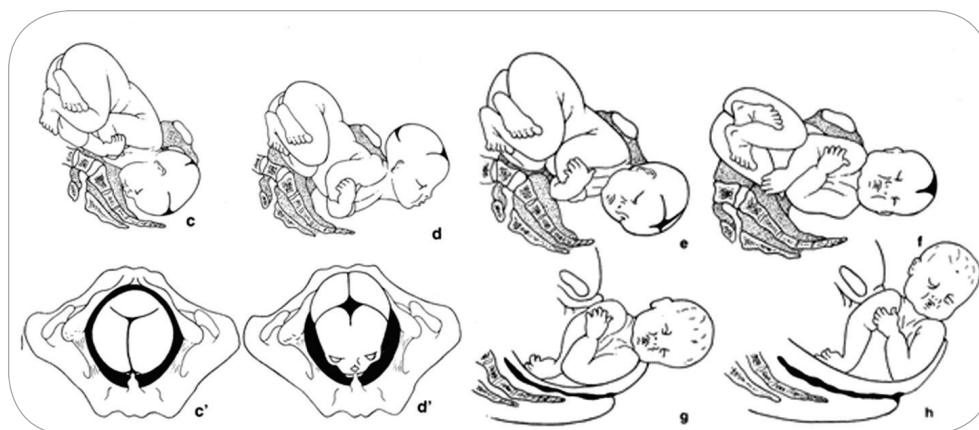


Fig. 146b - c&d – Rotação para OP; completa-se a descida e ocorre o desprendimento cefálico. O movimento de restituição da cabeça, e&f. desprendimento do ombro anterior e posterior.^[171]

5.6.1. ENCAIXAMENTO OU INSINUAÇÃO

Nas maternidades brasileiras e nas universidades, o termo adotado com mais frequência tem sido “insinuação”, porém nas escolas anglo-saxônicas o termo adotado regularmente é “*engagement*”, ou encaixamento.

No início do trabalho de parto o pólo cefálico encontra-se acima ou muito próximo do estreito superior da pelve, em flexão de leve à moderada e com a sutura sagital orientada no sentido do diâmetro oblíquo esquerdo, ou do transverso e com a pequena fontanela (lambdóide) voltada para a esquerda.

A maior incidência das variedades OEA e OET têm sido explicadas pela posição em que se encontra o útero dentro da cavidade abdominal, como feto posicionado mais a esquerda em função das vértebras lombares estarem um pouco mais a direita, já que ocorre uma escoliose materna de ordem fisiológica.^[173]

Neste momento, o diâmetro da cabeça fetal em evidência, ainda é o occipito frontal, maior do que o sub-occipito-bregmático que mede 9,5 cm, como se pode observar na Fig. 147. A flexão da cabeça fetal reduz os diâmetros (Fig. 148) da caixa craniana, ao assumir o diâmetro sub-occipito-bregmático, que é mais favorável a passagem pelo estreito superior.^[173]

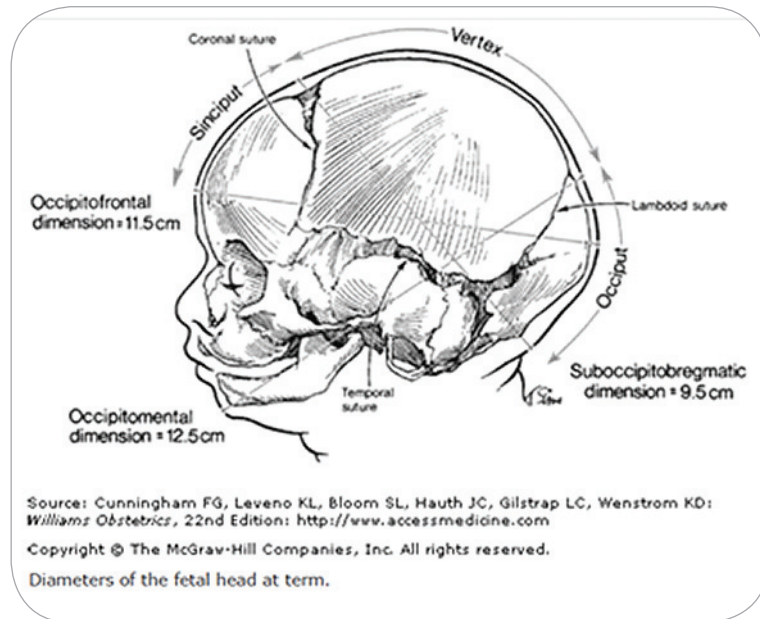


Fig. 147 - Diâmetros da Cabeça Fetal.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009

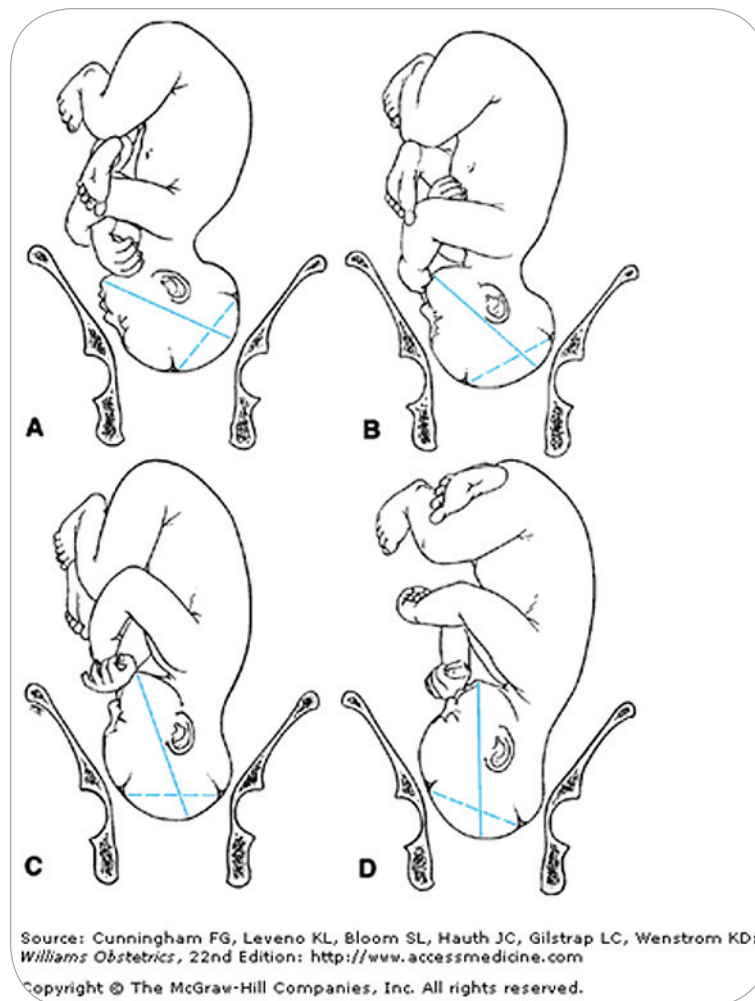


Fig. 148 - Graus de Flexão da cabeça fetal.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009

A insinuação ocorre durante as últimas semanas do termo gestacional, ou até o início do trabalho de parto. Em muitas múltiparas e algumas mulheres nulíparas, a cabeça fetal permanece móvel acima da entrada da bacia obstétrica até o momento inicial do trabalho de parto. Nestas circunstâncias é freqüente o uso do termo “flutuante”, com fins de descrever a relação da apresentação fetal com a entrada no canal de parto.

5.6.1.1. ASSINCLITISMO

Neste primeiro tempo do mecanismo de parto, apesar da cabeça fetal tender a acomodação no eixo transversal da entrada da bacia obstétrica, a sutura sagital permanece paralela àquele eixo e a apresentação fica entre a borda superior da sínfise púbica e o promontório sacro. A sutura sagital freqüentemente sofre uma deflexão posterior em direção ao promontório sacro ou anteriormente em direção ao púbis. Quanto mais lateralizada a deflexão mais anterior ou posterior na pelve. Este fenômeno é chamado de assinclitismo.

Se a sutura sagital se aproxima do promontório sacro, mas o osso parietal anterior fica exposto ao exame de toque bimanual, e nesta situação chamado de assinclitismo anterior ou obliquidade de Nägele.^[173] Se, contudo, a sutura sagital se apresenta próxima a sínfise púbica, maior a exposição do osso parietal posterior ao exame de toque bimanual, esta condição é conhecida como assinclitismo posterior (Fig. 149).

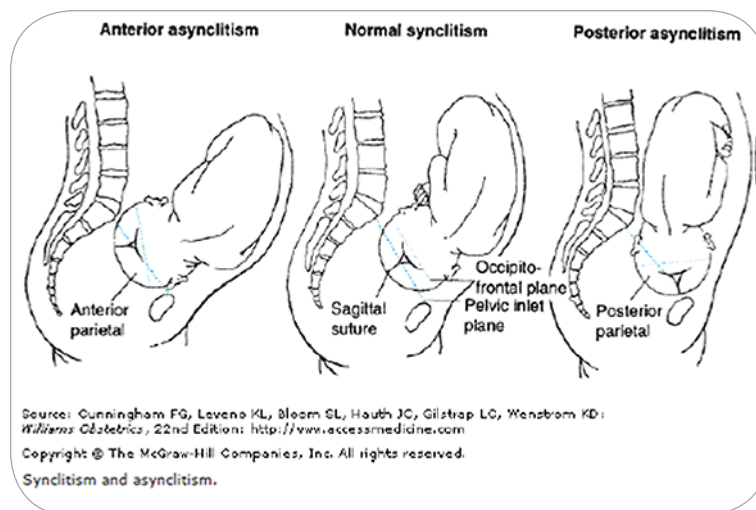


Fig. 149 - Da direita para a esquerda; Assinclitismo Anterior; Sinclitismo; Assinclitismo Posterior.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009

O assinclitismo é um movimento importante neste primeiro tempo do mecanismo de parto, pois assim como a flexão da cabeça fetal, também é responsável pela redução dos diâmetros desta. O sinclitismo é a condição de acomodação da cabeça fetal em que o plano biparietal fica paralelo ao plano estreito superior.

5.6.2. DESCIDA

A descida ou progressão é um movimento fundamental para o sucesso do nascimento. Está diretamente relacionada com a atividade do motor e sua capacidade contrátil, assim como pela pressão do líquido amniótico e ao trabalho dos músculos abdominais maternos. Como processo a descida é constante, em condições normais considerados os fatores que a determinam e excetuados fatores que a impeçam.

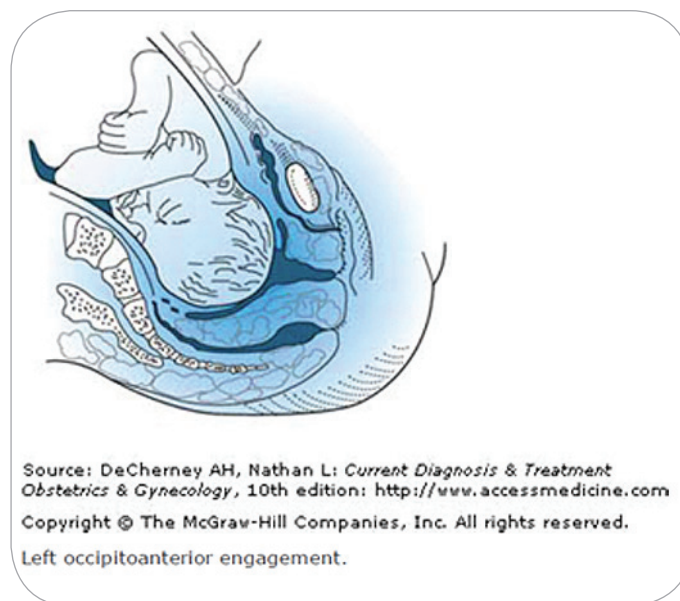


Fig. 150 - Descida Fetal.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009

5.6.3. ROTAÇÃO INTERNA DA CABEÇA

Neste momento a cabeça fetal efetua movimento inverso ao ocorrido na insinuação e por extensão. Em paralelo, a aproximação do pólo cefálico do infundíbulo períneo-vulvar leva a sutura sagital a orientar-se no sentido anteroposterior da saída do canal de parto (Fig. 151), e pode ser observada a penetração da cintura escapular no estreito superior da bacia na medida em que o pólo cefálico roda e progride em sentido descendente.

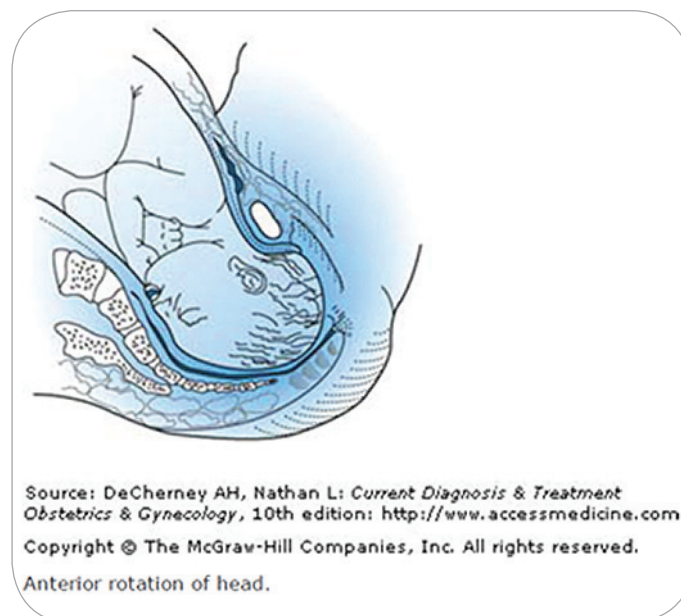


Fig. 151 - Rotação Interna da cabeça fetal.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009

A cintura escapular, composta pelo diâmetro biacromial que mede 12cm é incompatível com os diâmetros do estreito superior, mas em período expulsivo, ocorre uma redução significativa pela pressão externa do canal de parto, no entanto insuficiente para a progressão da descida. A fim de vencer este obstáculo orienta-se no sentido de um dos diâmetros oblíquos ou do transverso do estreito o que favorece o prosseguimento da descida.^[173]

5.6.4. DESPRENDIMENTO DA CABEÇA FETAL

De forma subsequente ao término de rotação, o diâmetro suboccipital se posiciona sob o arco púbico, a sutura sagital está então orientada em sentido ântero-posterior. Em razão da curvatura inferior do canal de parto a cabeça fetal faz um movimento de extensão e o suboccipital colocado sobre a arcada púbica efetua por fim um movimento de bascula (Fig. 152). Este movimento é responsável pela progressão dos demais diâmetros da cabeça fetal: sub-occipito-bregmático, sub-occipito-frontal e o sub-occipito-nasal.^[173]

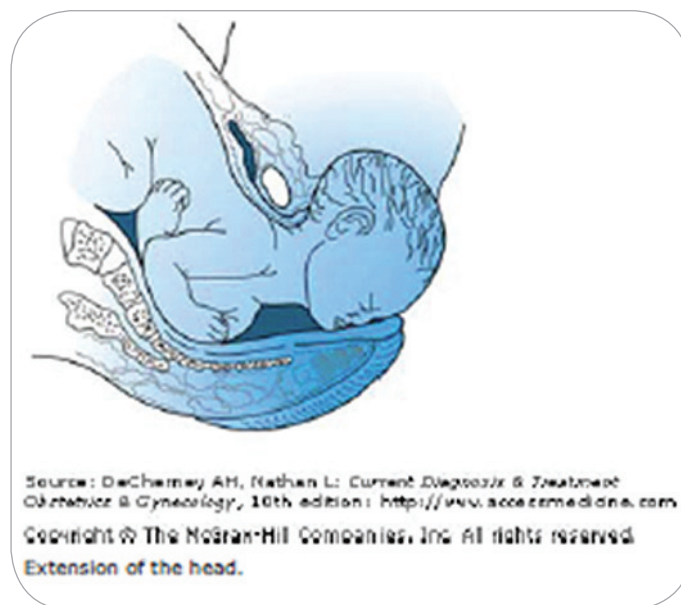


Fig. 152 - Desprendimento da cabeça fetal.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009

5.6.5. ROTAÇÃO EXTERNA DA CABEÇA

Ocorrido o desprendimento da cabeça instala-se o movimento de restituição, como o occipito originalmente estava direcionado para esquerda, gira em direção a tuberosidade isquiática esquerda (Fig. 153), caso tenha se direcionado para a direita, o occipito gira para a direita.

A restituição da cabeça fetal para a posição oblíqua é seguida por conclusiva rotação externa ao diâmetro transverso, o que corresponde a um movimento de todo o corpo fetal e orienta então, seu diâmetro biacromial em direção ao diâmetro ântero-posterior do estreito inferior.

O ombro anterior se posiciona por trás da sínfise púbica, movimento aparentemente provocado pelos mesmos fatores pélvicos responsáveis pela rotação interna da cabeça. O ombro posterior coloca-se sobre o assoalho pélvico causando o fenômeno conhecido como retropulsão cóccix e que amplia o diâmetro ântero-posterior do estreito inferior.^[171]

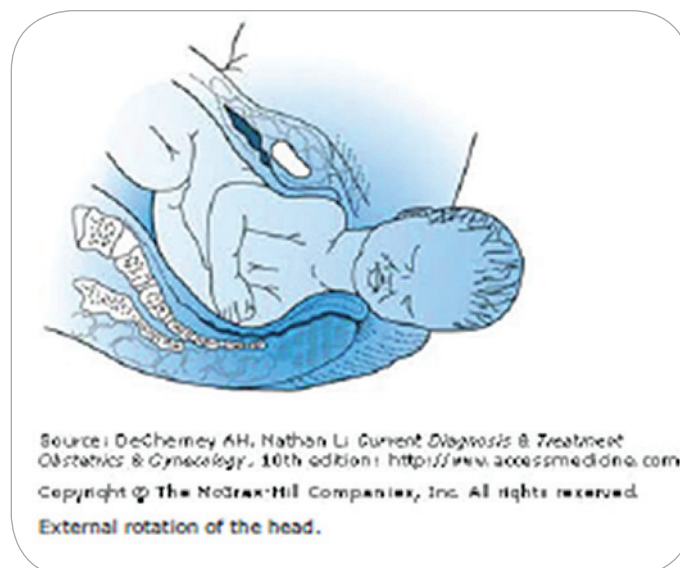


Fig. 153 - Rotação externa da cabeça.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009

5.6.6. DESPRENDIMENTO DAS ESPÁDUAS

Último tempo do mecanismo de parto, o desprendimento das espáduas tem igual importância dos demais e se constitui em momento de delicada observação, em que a possibilidade da ocorrência de uma alteração na posição dos braços fetais pode determinar uma intercorrência de ordem patológica, chamada distócia de ombro.

Seguindo a normalidade o feto deverá apresentar os braços cruzados para diante do tórax, a espádua anterior transpõe o arco púbico e se apresenta no orifício vulvar (Fig. 154a). O tronco realiza um movimento de flexão lateral e desprende a espádua posterior (Fig. 154b).^[171]



Fig. 154a - Desprendimento do ombro anterior e Desprendimento do ombro posterior.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009

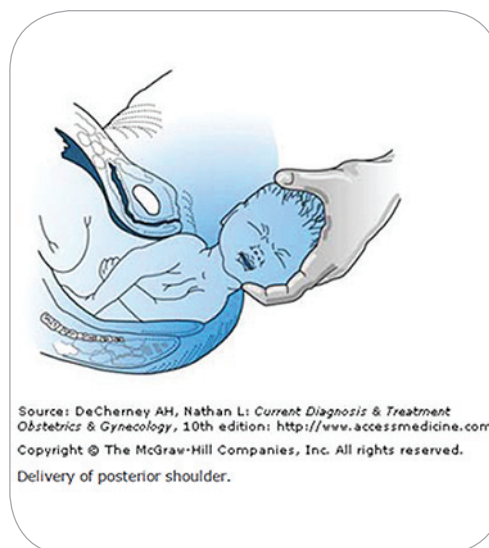


Fig. 154b - Desprendimento do ombro anterior e Desprendimento do ombro posterior.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009

5.7. ALTERAÇÕES PLÁSTICAS DA CABEÇA FETAL

Em apresentações de vértice, a cabeça fetal sofre alterações de forma que são conhecidas como fenômenos plásticos do parto. Estas deformações e moldagens decorrem da necessidade de melhor adaptação ao canal de parto, dos contatos estabelecidos entre a cabeça fetal e estruturas moles (colo e infundíbulo períneo-vulvar) e das forças inerentes ao parto.

Os ossos cranianos, nesta fase do desenvolvimento humano, encontram-se naturalmente móveis e unidos por suturas e fontanelas que lhes assegura o movimento em diferentes sentidos (Fig. 155). São quatro as suturas que articulam os ossos do crânio fetal, posteriormente a frente está a sutura lambdóide (parieto-occipital) e anteriormente, a sutura coronal (fronto-parietal), transversalmente e ligando a as duas primeiras, fica a sutura frontal (fronto-frontal) cujo seguimento forma a sutura sagital (parieto-parietal).

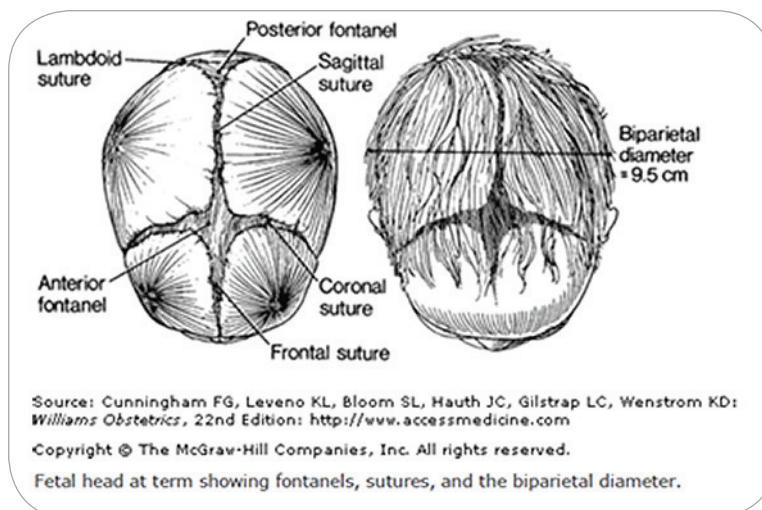


Fig. 155 - Suturas do crânio fetal.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009

A modelagem dos ossos que constituem a abóboda craniana fetal apresenta-se modificada por aproximação dos ossos parietais, e por baixo destes se superpõe as bordas do osso occipital e dos frontais.

Simultaneamente as fontanelas (lambdóide e bregmática) são reduzidas, passando a cabeça fetal a apresentar um formato alongado no sentido ântero-posterior. As alterações são habitualmente transitórias e no máximo 48hs após o nascimento retornam a sua morfologia padrão, contudo a presença tardia deste acavalgamento dos ossos ou a presença de infiltrado do tecido conjuntivo por sangue o serosidade são indicadores de alerta que podem implicar nas condições vitais do feto.^[171]

5.8. EXAME PÉLVICO VAGINAL

Antes de iniciado o trabalho de parto o diagnóstico da apresentação fetal por este tipo de avaliação é inconclusivo, já que o feto ainda encontra-se flutuando em liquido amniótico. Entretanto após o inicio do trabalho de parto e instalação da dilatação do colo uterino, as apresentações de vértice e suas variedades são francamente reconhecidas pela palpação do pólo cefálico fetal, suas fontanelas e suturas, como demonstrado nas Fig. 156 e Fig. 157.

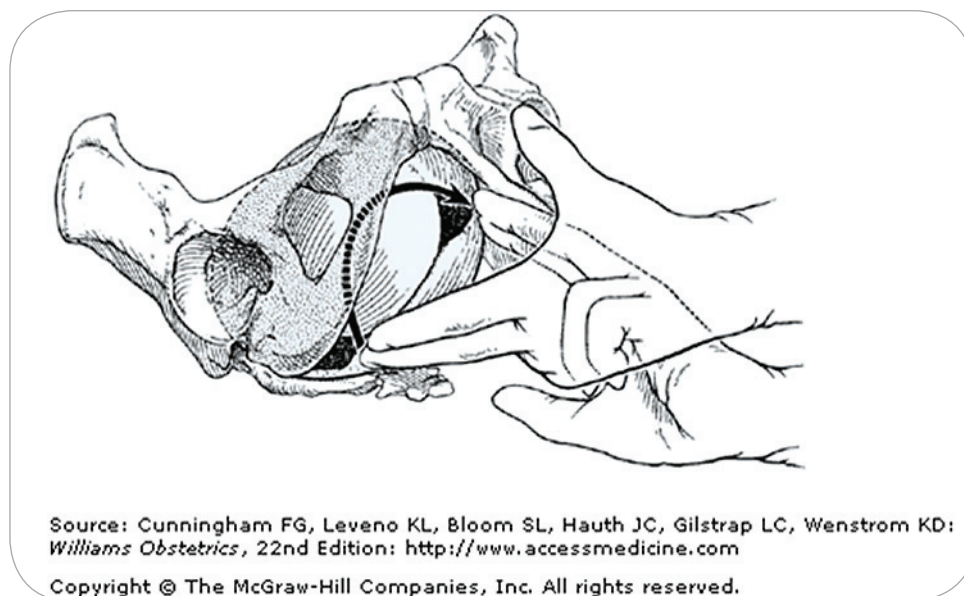


Fig. 156 - Identificação da sutura sagital.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009

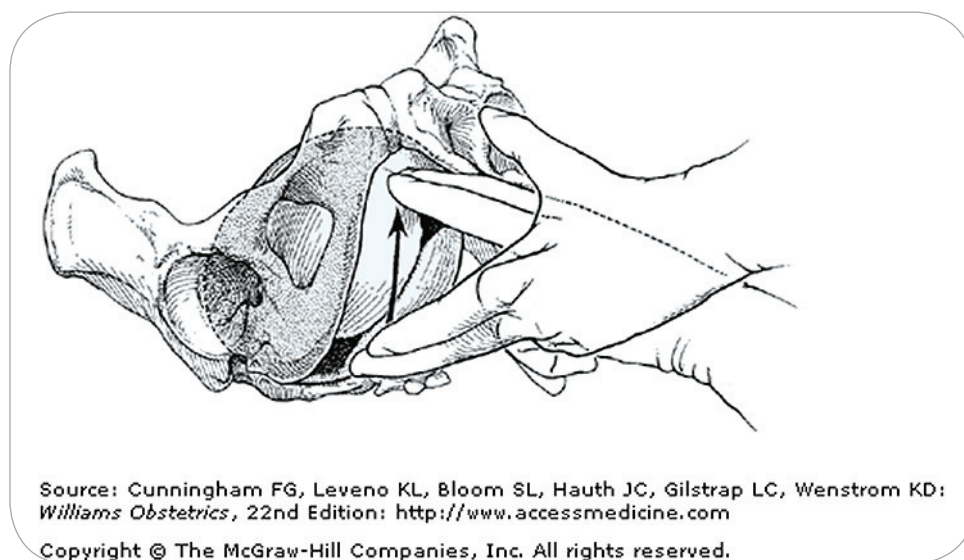


Fig. 157 - Diferenciando as fontanelas.^[173] Cortesia The McGraw Hill Copyright©2009

5.9. CONTEXTO DO ENSINO E DA PRÁTICA: REFLETINDO BREVEMENTE

A literatura sobre estratégias de ensino em obstetrícia com recorte exclusivo do parto inexistente no cenário nacional. O instrumental disponível em instituições de ensino superior para ensino do parto historicamente tem se constituído em simuladores

de baixa fidelidade, sobre os quais também não há produção de conhecimento em ambas as categorias profissionais que assistem o parto e o nascimento.

A Confederação Internacional de Parteiras (*International Confederation of Midwives - ICM*) integrante da Organização Mundial de Saúde - OMS (*World Health Organization - WHO*) e da Federação Internacional de Ginecologia e Obstetrícia - FIGO (*International Federation of Gynecology and Obstetrics - FIGO*) apresentou em 2002, um documento em que trata das competências para o exercício da obstetrícia,^[174] onde descreve de forma pormenorizada as ações que devem ser desenvolvidas na cobertura de todo o ciclo grávido-puerperal. O documento foi dividido por domínios que se relacionam a cada período daquele ciclo, no qual chama-se a atenção para o domínio da “ATENÇÃO DURANTE O PARTO E O NASCIMENTO”, que apresenta o escopo do conhecimento básico e habilidades técnicas inclusas neste domínio na Tabela 7.

Tabela 7 - Competências essenciais para o exercício da enfermagem obstétrica.^[174]

Domínio: Atenção ao Parto e ao Nascimento
Competência #4: Conhecimentos básicos em
1. Fisiologia do parto
2. Anatomia do crânio fetal, diâmetros críticos e pontos anatômicos importantes.
3. Aspectos psicológicos e culturais do parto e nascimento.
4. Indicadores do início do trabalho de parto.
5. Progressão normal do parto e como usar o partograma ou ferramenta semelhante.
6. Medidas para avaliar o bem-estar fetal durante o parto.
7. Medidas para avaliar o bem-estar materno durante o parto
8. Processo de descida fetal através da pelve durante o parto e nascimento.
9. Medidas de conforto durante o parto: ex: presença de acompanhante de escolha da mulher ou família, mudança de posição, hidratação, apoio emocional e métodos não-farmacológicos de alívio da dor.
10. Transição do recém-nascido para a vida extra-uterina
11. Cuidados físicos do recém-nascido - respiração, calor, alimentação. Avaliações dos índices de: APGAR; Capurro Somático; Ballard e outros.
12. Promoção de contato pele a pele do recém-nascido com mãe, quando apropriado.
13. Meios para apoiar e promover o aleitamento materno exclusivo e contínuo.
14. Manejo fisiológico do 3º período do parto.
15. Indicações para medidas de emergência: ex: placenta retida, distócia de ombro, sangramento uterino por atonia, asfixia neonatal.
16. Indicações para o parto cirúrgico: ex: sofrimento fetal, desproporção céfalopélvica
17. Indicadores de complicações no parto: sangramento, parada na evolução do parto, distócia de apresentação, eclâmpsia, sofrimento materno, sofrimento fetal, infecção, prolapso de cordão
18. Princípios de manejo ativo do 3º período do parto.

Optou-se por apresentar somente as recomendações de conhecimento básico por ser mais afeta a cognição, entretanto existem mais de 20 habilidades técnicas que tratam do domínio sensório-motor.

O conhecimento da fisiologia do parto é de fato temática que capitaneia as boas práticas do exercício da obstetrícia em sala de parto. A apreensão deste conhecimento define a qualidade de atenção prestada à evolução do parto, por outro lado o prejuízo na aquisição deste conhecimento envolvendo a capacidade de visualizar espacialmente a mecânica e clínica do parto e identificar precocemente as alterações que possam ocorrer, repercute na segurança da parturiente e de seu concepto.

Em 2004, a área técnica de Saúde da Mulher, em função de uma sucessão de conjunturas positivas no cenário nacional, publica as Diretrizes para Elaboração de projetos de cursos de especialização em enfermagem obstétrica no Brasil.^[175]

A especialização em Enfermagem Obstétrica foi resultado de uma conjuntura das políticas públicas nacionais em saúde, que corroboraram para que em 1999, fosse lançada a política de construção de um “*Novo modelo de atenção à Saúde da Mulher no Brasil*” integrada pelos Programas de Humanização no Pré-Natal e Nascimento^[176] e dos Centros de Parto Normal^[177] dentre outros. Uma das estratégias responsáveis por viabilizar este novo paradigma foi o financiamento de Cursos de Especialização em Enfermagem Obstétrica em parceria com Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde e com as Instituições de Ensino Superior públicas, envolvendo-as com a gestão do Sistema Único de Saúde (SUS), como órgãos formadores que são.^[178]

O documento menciona todos os critérios, em função dos quais estava condicionado o financiamento para implementação dos cursos desde o processo seletivo, estrutura curricular e ao processo de avaliação destas IES para identificar adequação de condições na oferta do curso. Com relação ao critério de avaliação discente, recomenda que esteja coerente a prioridade de capacidade técnica e a segurança no desempenho da assistência, devendo dar especial atenção à realização de:

“no mínimo 20 partos com acompanhamento completo do trabalho de pré-parto (utilizando o partograma), parto e pós-parto, assim como 15 atendimentos a recém-nascidos na sala de parto e 15 consultas de pré-natal, em obediência aos critérios da ABENFO/98”.[175]

O registro da evolução do trabalho de parto é efetuado em instrumento específico, denominado partograma que integra também o prontuário da parturiente e expressa graficamente a representação do transcurso do trabalho de parto Fig. 158. O registro neste documento é efetuado pelo profissional responsável pela atenção ao parto, seja a enfermeira-obstetra ou o médico-obstetra.

DATA	27/05	27/05	27/05	28/05	28/05	28/05	28/05	28/05	28/05
HORA	21:18	23:18	24:30	02:30	04:15	06:00	08:00	09:00	10:00(SP)
P.A.	100x80	100x80	110x80	120x70	110x80	110x80	120x70	120x70	120x70
Metrossístoles	1/20"/10"	1/30"/10"	2/30"/10"	3/35"/10"	3/35"/10"	3/35"/10"	3/45"/10"	4/40"/10"	4/45"/10"
Apagamento do Colo	30%	50%	60%	70%	70%	70%	100%	100%	100%
DILATAÇÃO DO COLO	10								
	9								
	8								
	7								
	6								
	5								
	4								
	3								
	2								
	1								
Altura da Apresentação/Plano de Rotunda	I								
	II								
	III								
	IV								
BCF	Freq. Basal	145	140	148	143	138	128	129	128
	DIP	N	N	N	N	N	N	N	N
Bolsa(R/I)	I	I	I	I	I	I	RE(Claro com grumos)	RE	RE
Mecônio(S/N)	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Ocitocina	N	N	N	N	N	5U/SG5% 500ml	5U/SG5% 500ml	5U/SG5% 500ml	5U/SG5% 500ml
Sedativos qual/dose	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Peridural	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Antibiótico	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Fig. 158 - Exemplo de Modelo de partograma.

O processo ensino aprendizagem do parto confirma aqui o modelo já descrito por estudos internacionais e não se distancia do modelo formador do profissional médico-obstetra, no que se refere às condições em que o conhecimento sobre o partear é obtido em situações reais, ou seja em sala de parto.

A elevação da taxa de cesariana no Brasil é objeto de debate entre profissionais de saúde da área, gestores, associações de especialistas e organizações internacionais como um indicador que precisa ser rebaixado ao seu devido lugar: o da indicação clínica-obstétrica.

Um das razões levantadas, e que contribui para este quadro é o fato de que os médicos obstetras passaram a optar pela tomada de decisão que implicasse menor risco para si, deixando o risco para a parturiente e seu filho em segundo plano. As ações judiciais contra médicos foram responsáveis por algumas perdas econômicas e emocionais para quem pratica a obstetrícia.^[179]

“Entre 1998 e 2000, na cidade de Porto Alegre (RS), a especialidade de obstetrícia foi, entre todas as especialidades médicas, aquela com o maior número de processos judiciais sobre alegada má prática médica. Quarenta e cinco por cento do total de solicitações judiciais de perícias ao Departamento Médico Legal foram contra obstetras. Os três questionamentos mais freqüentemente feitos pelo juiz aos peritos foram: o retardo no nascimento pode ter sido a causa da morte do bebê? Teria sido possível diagnosticar sofrimento fetal mais cedo? Havia indicação de cesariana em algum momento antes da ocorrência do parto vaginal? Por outro lado, não houve nenhum questionamento no qual o médico fosse solicitado a esclarecer a opção por uma cesariana desnecessária por ele indicada ou se teria sido melhor um parto vaginal à cesariana”.^[179]

Apesar de inúmeros registros sobre problemas na formação e qualificação dos profissionais que atuam diretamente na atenção ao parto e ao nascimento, permanece rudimentar a aproximação do tema sobre simulação. As iniciativas, embora ousadas no aspecto de cobertura e oferta de formação ainda parecem requerer este tipo de cuidado como estratégia de ensino.

Os conceitos de desempenho, certificação e titulação devem ser repensados sem o habitual reducionismo ao SABER FAZER. Esta lógica privilegia um conhecimento que parece estar centrado somente nos fatos, nos procedimentos e nas destrezas, parecendo ignorar que a complexidade de infraestrutura do conhecimento. O risco implicado nesta concepção é o responsável pela redução dos modos de raciocinar e decidir (processos cognitivos) à esfera dos desempenhos competentes.^[180]

Talvez a este movimento, corresponda a presença massiva e extrema valorização dos simuladores baseados em procedimentos e habilidades relativas ao sentido sensório-motor.

Capítulo 6

6. MODELO DE VISUALIZAÇÃO DO MECANISMO DO PARTO EM REALIDADE AUMENTADA

“A imaginação é mais importante do que o conhecimento. O conhecimento é limitado. A imaginação circunda o mundo.” Albert Einstein - 1929^[181].

A descrição do modelo inclui aspectos dos referenciais anatômicos dos objetos e do processo do mecanismo de parto adotado na modelagem e animação, equipamentos e softwares, metodologia de desenvolvimento e arquitetura do sistema de RA. Neste último estão inclusos sistema de rastreamento (*tracking*) adotado, tecnologia de exibição utilizada e interações. A metodologia proposta para efeito da validação, também está aqui descrita.

6.1. DEFICIÊNCIAS IDENTIFICADAS NOS SIMULADORES COM BASE NA PROPOSTA DESTE ESTUDO

Após detalhado levantamento bibliográfico na área de simuladores em obstetrícia, foi possível identificar algumas deficiências que, por sua natureza não contribuem para a aprendizagem ou ensino do parto normal, considerando a compreensão espacial do fenômeno mecânico:

- Os simuladores do tipo manequim, disponíveis comercialmente, não apresentam qualquer possibilidade da visualização da mecânica do parto normal em tempo real;
- A escassa oferta de simuladores direcionados ao parto é focada na aquisição de habilidade motora, sem oportunizar a visualização do evento;

- Os dois únicos trabalhos em RA que apresentam um enfoque obstétrico, também são direcionados a aquisição de habilidade motora no treinamento do parto fórceps, procedimento classificado como cirúrgico e, portanto a exceção, visto que o parto é um evento preponderantemente natural;
- Estes mesmos trabalhos foram desenvolvidos com visualização exclusiva do pólo-cefálico, área de interesse para o praticante do fórceps, entretanto nenhuma das duas modelagens do feto apresenta a camada óssea do crânio fetal, que seria fundamental para treinamento e observação *in loco* das conseqüências da força e ou técnica mal aplicada para a consecução deste procedimento;
- O custo dos simuladores físicos é muito elevado e requerem manutenção permanente.

6.2. ANATOMIA DE UM DESENVOLVIMENTO

Os campos da engenharia de software, de interação humano-computador (IHC) e design, usam habitualmente o termo protótipo a fim de dar significado a uma parte específica de um objeto em processo de design.^[182]

A representação específica de um software precisa ser produzida como conseqüência de um sistema de engenharia, isto pode ser um protótipo, uma especificação ou mesmo um modelo simbólico, mas precisa comunicar as características operacionais, funcionais e de comportamento do sistema a ser construído de forma a favorecer acurácia na arquitetura do sistema.^[183]

A literatura da área de engenharia de softwares apresenta vertentes conceituais distintas que explicam um determinado modelo ou um protótipo. Modelos de sistemas são concepções avançadas do design ou arquitetura a ser desenvolvida, com suas respectivas funcionalidades, por outro lado, quando os princípios de um dado modelo são aplicados de forma a oferecer um produto finalizado, é então chamado “protótipo”.

De forma análoga “prototipar” também significa, o processo através do qual se aprende organicamente e evolutivamente, é um caminho de descobertas, de geração e refino de design. O contexto onde se inscreve o design aqui pode ser aplicado em áreas diversas, da educação (design instrucional) à engenharia de softwares, dispositivos de interação e outros.

Dois aspectos fundamentais sobre protótipos podem ser apresentados a partir disto:^[182]

- Protótipo é um processo transversal do espaço do design que dá significado a criação e provê conhecimento para definir a condução final como suposto inicialmente, e
- Protótipos são formados a partir da expressa manifestação das idéias.

O estudo, parte do princípio aqui disposto da “anatomia do desenvolvimento” e define quatro etapas afim de que cumpra os objetivos propostos inicialmente. As etapas foram estruturadas de acordo com o que se observa na Fig. 159:

- Primeira etapa: levantamento de requisitos teóricos do mecanismo de parto;
- Segunda Etapa: modelagem e animação;
- Terceira etapa: arquitetura do sistema e especificação de funcionalidades;
- Quarta etapa: metodologia de validação proposta.

A quarta etapa do processo se destina a validação do modelo de visualização e apresenta a estruturação metodológica a ser implementada posteriormente como execução em trabalhos futuros, segundo objetivo explicitado na introdução do estudo: estruturar o modelo para o processo de validação.

O design apresentado para a anatomia do desenvolvimento foi criado com exclusividade neste estudo, e não apresenta similaridade com outros referenciais teóricos, sendo decomposto individualmente para melhor compreensão a seguir.

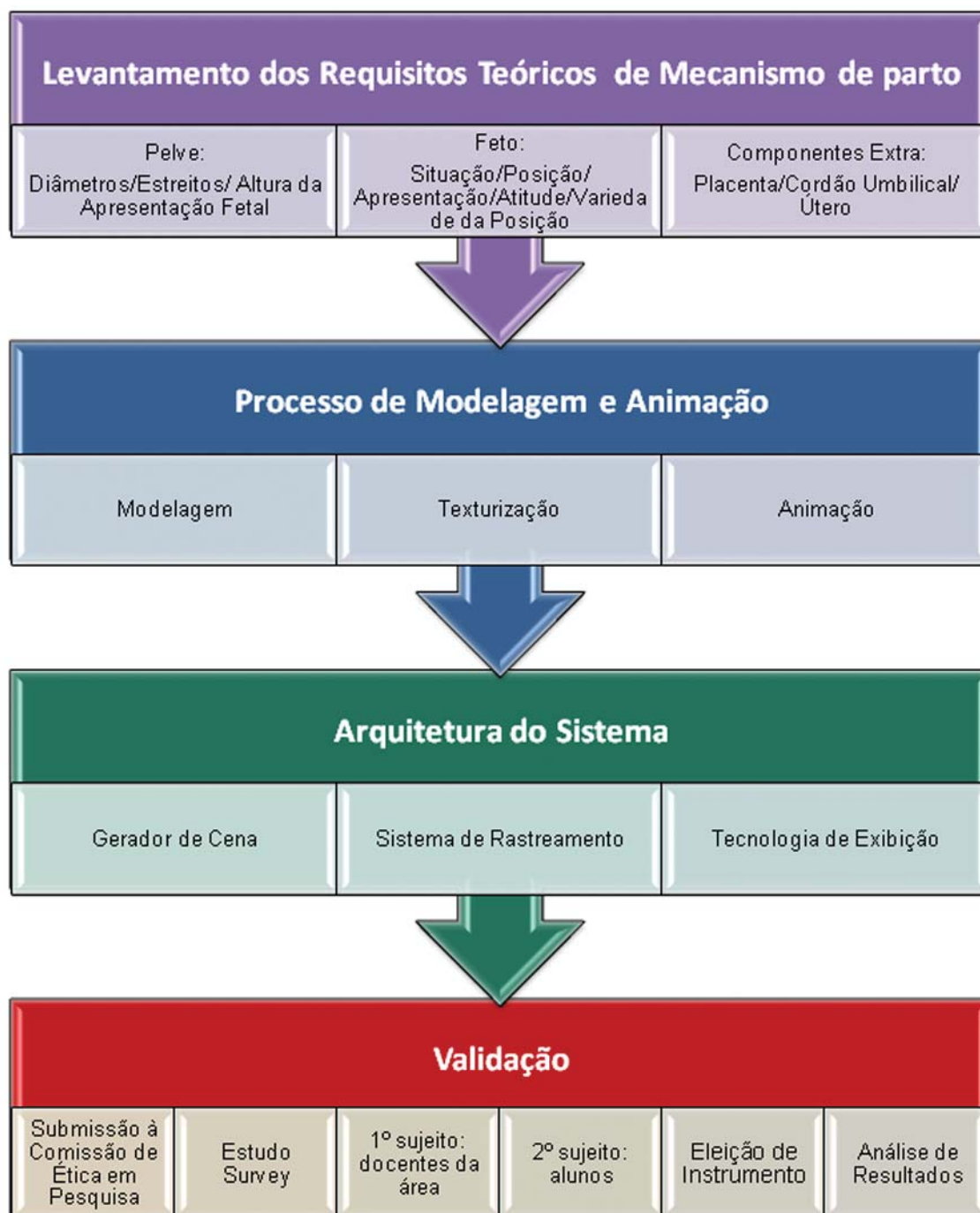


Fig. 159 - Diagrama do desenvolvimento - Fonte original.

6.3. O LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

O levantamento dos requisitos teóricos trata de apresentar a forma pelo qual foram identificadas a fonte referencial do modelo e a comparação de imagens do modelo 3D com o requisito.

Os requisitos anatômicos para a representação do mecanismo parto foram identificados em literatura da área obstétrica e fundamentados no espectro de conhecimento recomendado para a atenção ao parto.

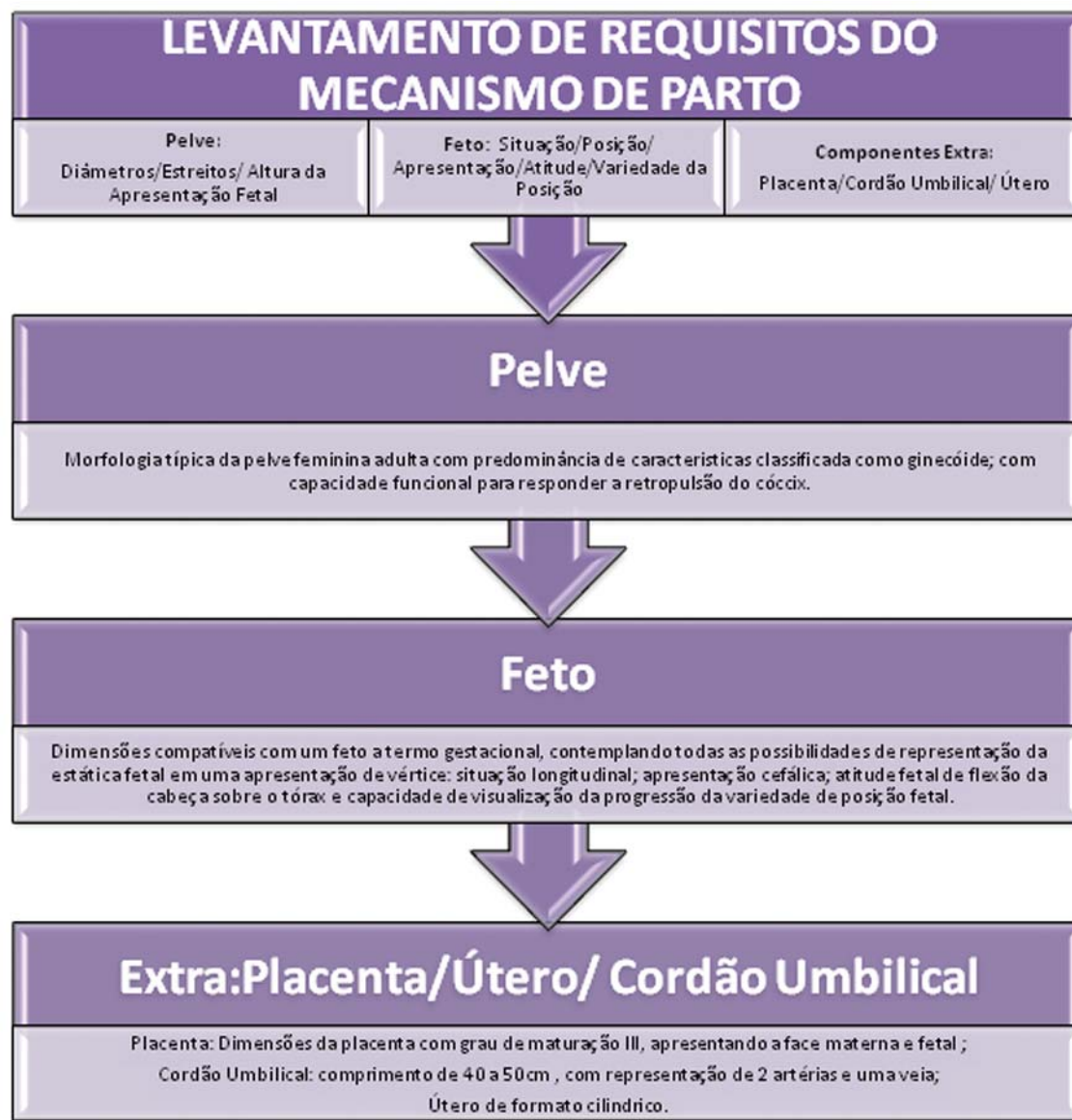


Fig. 160 - Detalhamento dos requisitos - Fonte original.

Na pelve, devem estar representados aos diâmetros dos estreitos superior, médio e inferior, a fim de prover possibilidade de correlação com os diâmetros que lhes são peculiares e já abordados no capítulo anterior. Considerando que a pelve é formada por uma estrutura óssea articulada, cada peça óssea deve contemplar os acidentes anatômicos que lhes são peculiares com especial atenção para aqueles que especificam

a morfologia ginecóide: entrada do estreito superior arredondada, ligeiramente ovóide ou elíptica (segmento anterior); segmento posterior harmonioso, espaçoso; promontório sacro adequadamente entalhado; osso sacro oco com uma inclinação sacra um pouco para trás; paredes laterais diretas e espinhas ciáticas que guardem entre si um diâmetro amplo.

Considerou-se nos requisitos relacionados ao feto, suas dimensões coerentes com as de feto com idade gestacional de 37 semanas e, portanto termo gestacional; a estática fetal deve estar contemplada em todos os seus parâmetros: atitude fetal correta e que forme um vértice por flexão da cabeça, situação longitudinal, posição esquerda, apresentação cefálica e variedade de posição na insinuação do tipo occipito esquerda transversa (OET). A identificação das camadas ósseas do crânio fetal, com a visualização da sutura coronal e lambdóide é desejável.

É desejável que outros objetos possam estar representados, muito embora não estejam inclusos nas estruturas envolvidas diretamente no mecanismo de parto: útero, cordão umbilical e placenta. Sua inclusão pode ampliar a percepção do aluno durante a aprendizagem com referência a outras estruturas envolvidas no processo do parto.

6.4. PROCESSO DE MODELAGEM E ANIMAÇÃO

Esta etapa descreve características dos processos de modelagem, texturização e animação, apresentando as *layers* (camadas) da animação com observância dos tempos do mecanismo de parto.

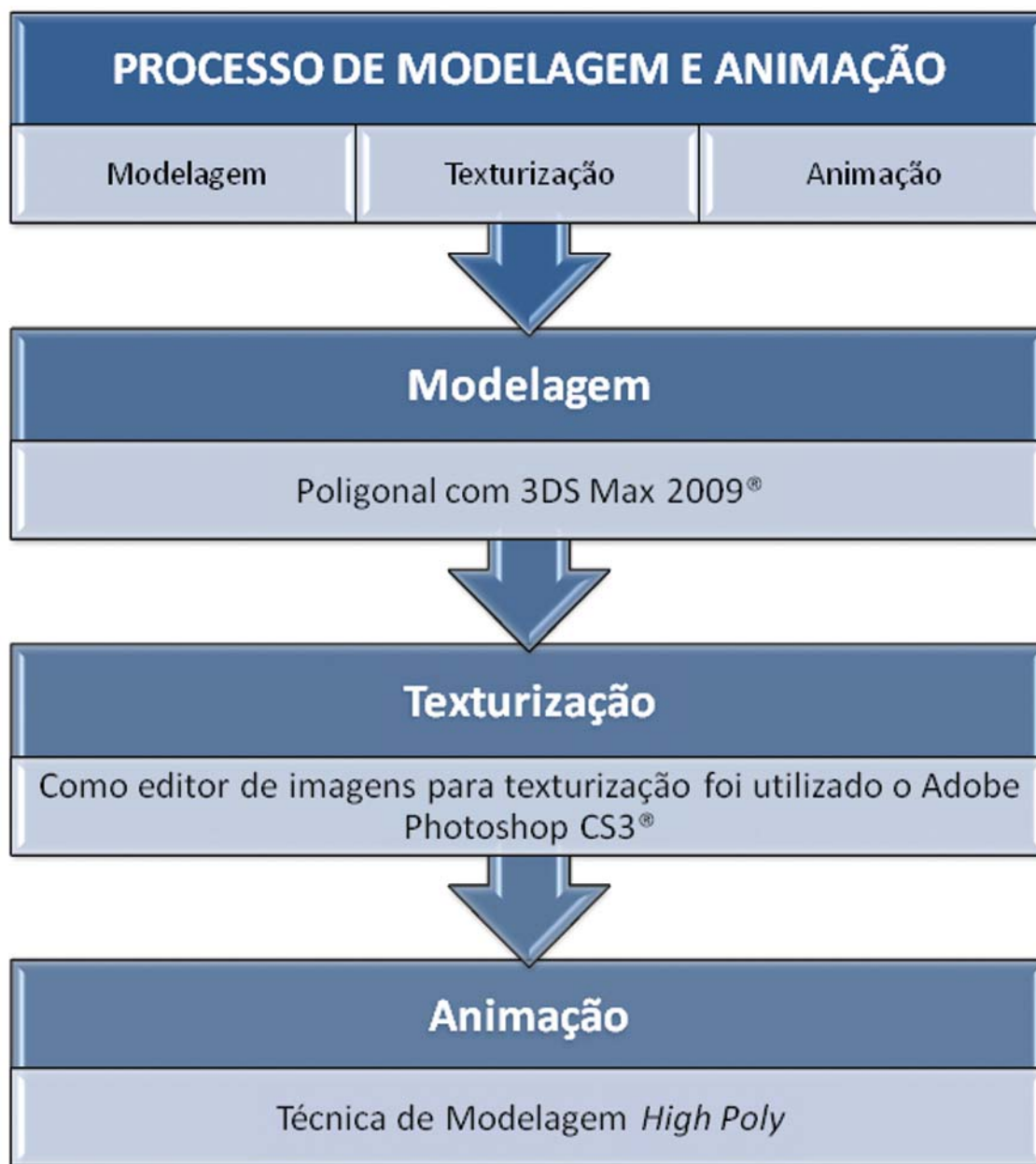


Fig. 161 - Descrição da modelagem e animação - Fonte original.

6.4.1. MODELAGEM

Modelo gerado com base em referenciais teóricos de estrutura anatômica humana, utilizando o software Autodesk 3DSMax 2009 SP1®, com os seguintes objetos: pelve adulta feminina, feto com dimensões próprias do termo gestacional, útero gravídico, cordão umbilical e placenta. As dimensões de todos os objetos guardam correlação com aquelas apontadas na literatura de obstetrícia e que incluíram: diâmetros da pelve em

relação aos três estreitos (superior, médio e inferior); altura da apresentação; comprimento cabeça-calcanhar e nádegas-calcanhar do feto; diâmetros da cabeça fetal, ossos do crânio (frontais, parietais, temporais e occipital) e comprimento do cordão umbilical.

O modelo final da animação está composto, desta forma por 20 layers (camadas) em 18 (dezoito) grupos e 2.800 frames (Fig. 162). A variedade de camadas (layers) na modelagem permite a visualização do mecanismo de trabalho de parto em 3D (x, y, z) em todas as perspectivas.

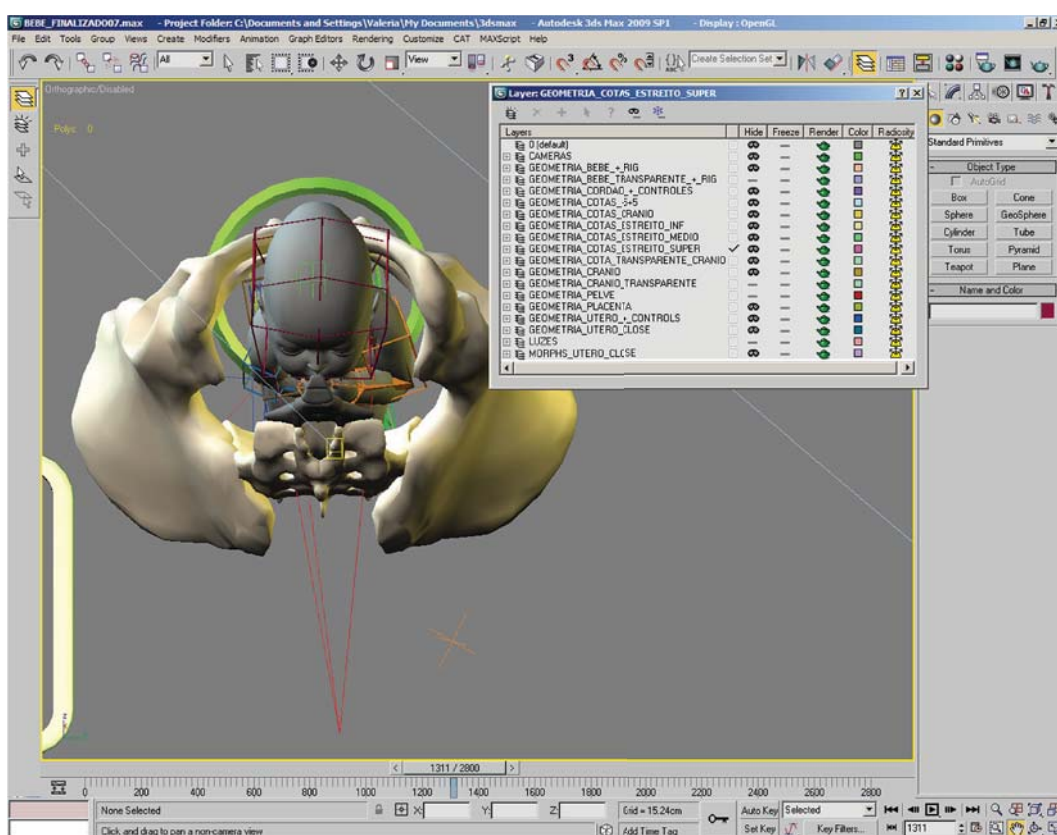


Fig. 162 - Viewport do software Autodesk 3DsMAX 2009®. Na tela menor, exibição dos 18 grupos.

A modelagem e a animação, etapas de maior complexidade, consumiram um período de 22 meses da concepção ao desenvolvimento e implementação. Foram identificadas aquelas layers de maior contribuição para a melhor compreensão do mecanismo do trabalho de parto com base nos requisitos, sendo posteriormente efetuados ajustes do ponto de vista de textura e comportamento dos objetos durante a animação, durante cinco meses a mais.

A geração do modelo foi efetuada de forma livre, com base em imagens 2D estáticas e dinâmicas de todos os objetos e supervisão direta da autora do estudo, e em conhecimentos da autora sobre anatomia, morfologia e fisiologia do parto.

Todos os objetos foram gerados utilizando a técnica de modelagem poligonal, que é definida como a representação ou aproximação das superfícies de objetos utilizando polígonos. Um grupo de polígonos conectados através de vértices compartilhados é denominado de “malha” ou “*mesh*”. É o processo de renderização que torna a malha atraente, graficamente.

Na modelagem da pelve, foi contemplada a representação dos três estreitos (superior, médio e inferior) e seus respectivos diâmetros, contudo optou-se pela não utilização de rótulos nominais ou medidas, assim como na identificação dos acidentes anatômicos da pelve ou das variedades de posição. O uso destes impõe uma considerável poluição visual da cena no dispositivo de visualização e potencial risco de perder o foco da atenção do usuário em relação ao evento principal e objetos envolvidos.

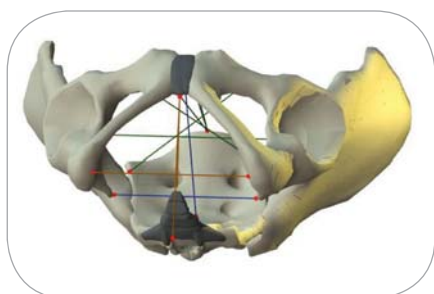


Fig. 163 - Vista em perspectiva esquerda inferior da pelve modelada com diâmetros, sem retropulsão do cóccix.

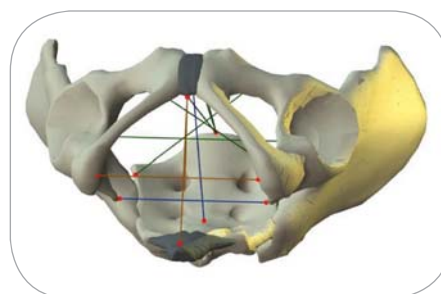


Fig. 164 - Vista em perspectiva esquerda inferior da pelve modelada com diâmetros, cóccix retropulsionado.

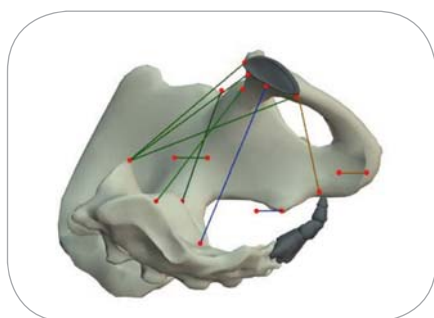


Fig. 165 - Vista lateral direita da M-pelve.

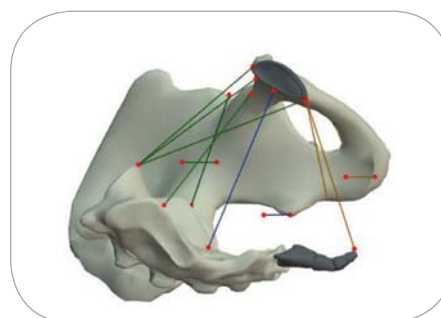


Fig. 166 - Vista lateral direita da M-pelve com cóccix retropulsionado.

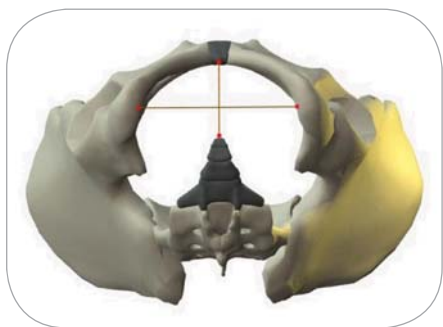


Fig. 167 - Vista inferior da pelve com diâmetro ânteroposterior do Estreito Inferior (cóccix em posição normal) e diâmetro transversal anterior.

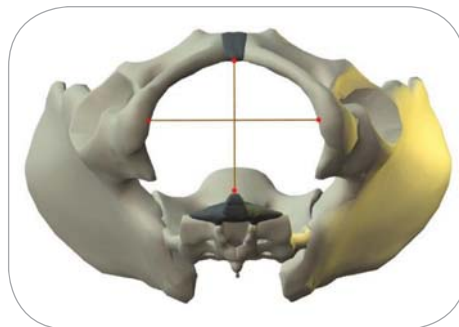


Fig. 168 - Vista inferior da pelve com diâmetro ântero-posterior do Estreito Inferior (cóccix em retropulsão) e diâmetro transversal anterior.

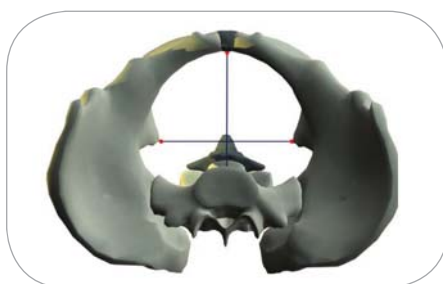


Fig. 169 - Vista de topo: Diâmetro bi-isquiático do Estreito Inferior e diâmetro ântero-posterior do Estreito Médio.

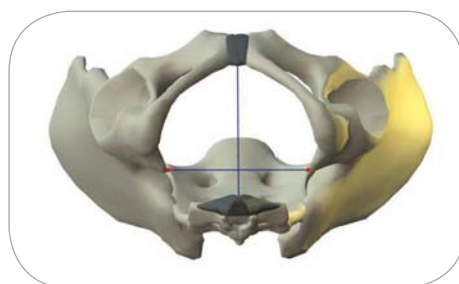


Fig. 170 - Vista inferior: Diâmetro bi-isquiático do Estreito Inferior e diâmetro ântero-posterior do Estreito Médio.

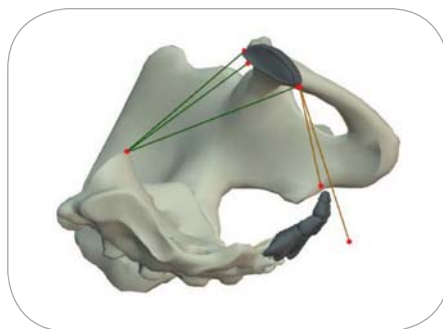


Fig. 171 - Vista lateral direita. No sentido descendente: *conjugata vera anatômica*, *conjugata vera obstétrica*, *conjugata diagonalis* e *conjugata exitus*(sem e com retropulsão do cóccix).

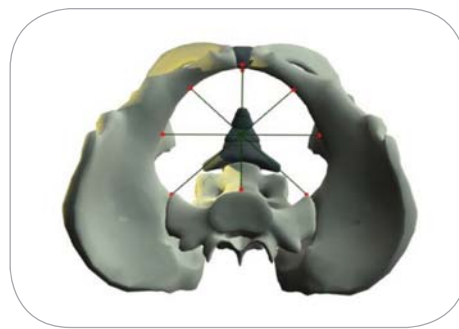


Fig. 172 - Vista de topo Estreito Superior, no sentido ântero-posterior (*Conjugata Vera Anatômica*); sentido transversal (Transverso Máximo) e primeiro e segundo diâmetro oblíquo do Estreito Superior

A representação dos diâmetros da bacia obstétrica ou pequena bacia são pertinentes a cada estreito e opcionalmente foram feitos através de linhas animadas, localizadas nos acidentes anatômicos pélvicos que lhes confere identificação, a exemplo do diâmetro bi-isquiático do estreito inferior. Do mesmo modo, a modelagem dos 11 planos que representam a altura da apresentação de acordo com DeLee (-5, -4, -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, +4, +5) seguiu a mesma lógica.

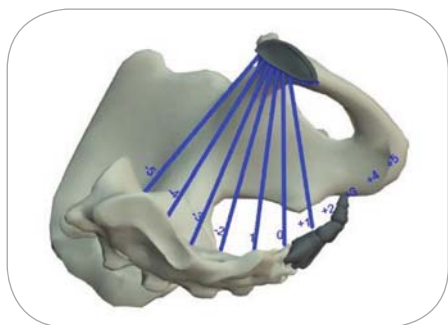


Fig. 173 - Vista lateral direita da M-pelve apresentando os planos de DeLee.

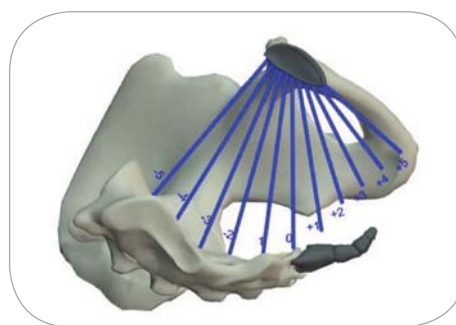


Fig. 174 - Vista lateral direita da M-pelve apresentando os planos de DeLee em início de retropulsão do cóccix.

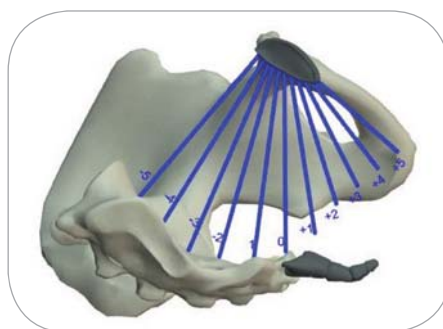


Fig. 175 - Vista lateral direita de M-pelve apresentando planos de DeLee e retropulsão final do cóccix.

Na concepção do modelo do feto foi necessária a apropriação de alguns padrões que resultassem no volume adequado, foram estes: comprimento cabeça-calcanhar e nádegas-calcanhar do feto; diâmetros da cabeça fetal e proporção feto-pelve materna. Os ossos do crânio fetal seguiram igualmente estudos de imagens 2D (Fig. 176), entretanto neste estudo foram modelados somente os ossos que compõem a abóboda craniana pelo seu valor no estudo da variedade de posição: dois ossos frontais, dois parietais e o osso occipital (Fig. 177 a 181).



Fig. 176 - Imagem 2D crânio fetal em três perspectivas.



Fig. 177 - Crânio fetal em 3D, visualização dos ossos frontais, parietais, sutura sagital e coronal, fontanela anterior em destaque.



Fig. 178 - Crânio fetal em 3D, visualização dos ossos frontais (bordas), parietais, sutura sagital e coronal, fontanela posterior em destaque.

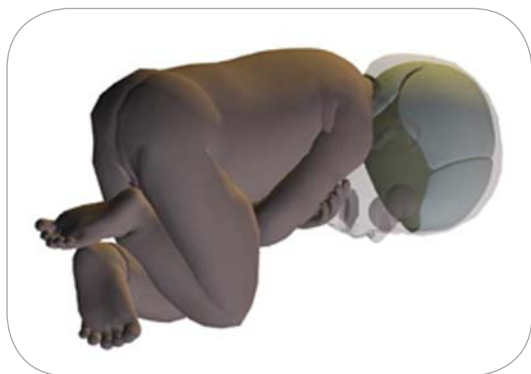


Fig. 179 - Vista lateral direita do crânio fetal em 3D.

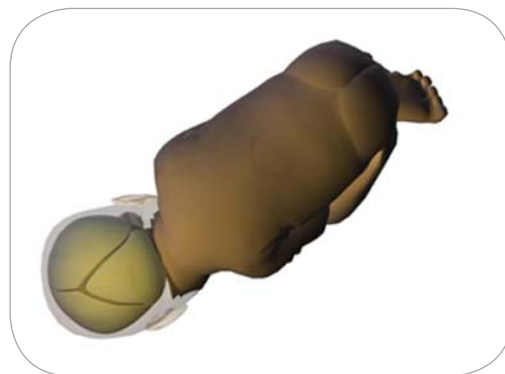


Fig. 180 - Vista posterior do crânio fetal em 3D.

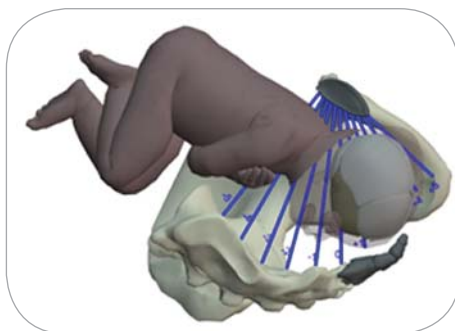


Fig. 181 - Vista lateral direita do feto, crânio fetal e altura da apresentação.

A estática fetal considerada para efeito deste estudo, foi aquela pertinente a variedade de posição eleita para a representação do mecanismo de parto. Em insinuações que ocorrem na variedade de posição OET (Occipito-Esquerda-Transversa), a estática fetal é de apresentação cefálica, situação longitudinal, posição esquerda, como representado nas Fig. 182 a Fig. 187.



Fig. 182 - Vista frontal da estática fetal, momento anterior a flexão do pólo cefálico.



Fig. 183 - Vista frontal da estática fetal, pólo cefálico fletido.



Fig. 184 - Vista lateral direita da estática fetal.



Fig. 185 - Atitude Fetal.



Fig. 186 - Atitude fetal, com flexão da cabeça.

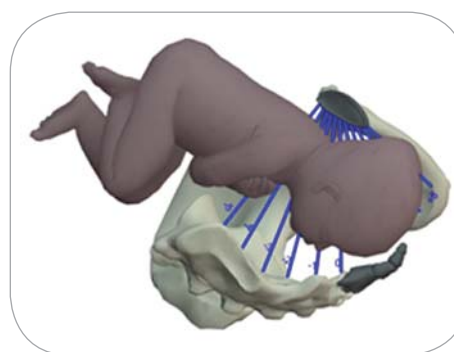


Fig. 187 - Vista lateral direita, início de extensão do pólo cefálico e altura da apresentação.

Os objetos que não estão diretamente envolvidos na mecânica do parto, e cuja incorporação era desejável, mas não obrigatória, foram modelados com o maior grau de proximidade possível a este momento do estudo, visto que não eram objetivos primordiais: útero, placenta e cordão umbilical (Fig. 188 a 191).

Neste momento, não foi prioridade prover maiores atributos de comportamento a estes objetos no sentido de corresponderem ao trabalho fidedigno de contratilidade uterina, dimensões da placenta ou inserção placentária. Note-se que a placenta não está inserida no endométrio e apresenta uma sensação de flutuação (Fig. 190). Não há prejuízo da composição da cena e pode ser pontuado verbalmente pelo (a) docente junto ao aluno, que se trata de uma ilustração de cena e não a simulação fisiológica da inserção placentária.

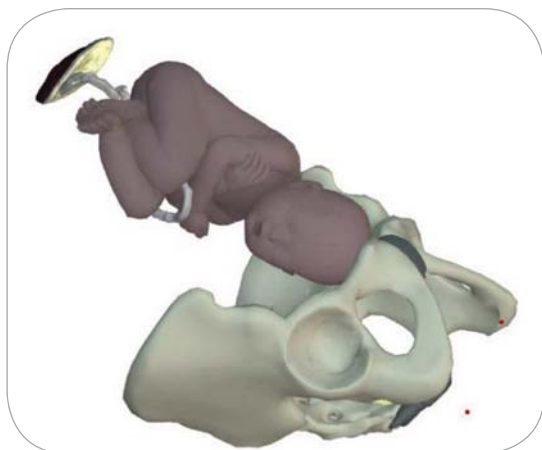


Fig. 188 - Visualização da pelve com feto em início de insinuação, cordão umbilical e placenta

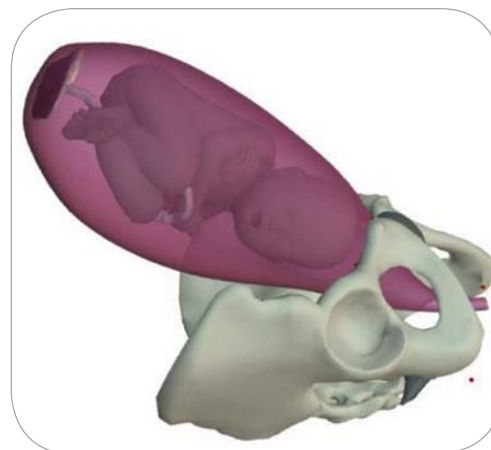


Fig. 189 - Visualização de pelve com feto, cordão umbilical, placenta e utero com transparência.

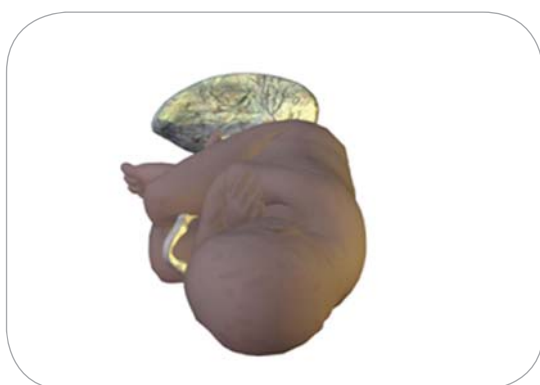


Fig. 190 - Visualização do feto, cordão umbilical e face fetal da placenta.



Fig. 191 - Visualização do feto, cordão umbilical e face materna da placenta.

6.4.2. TEXTURIZAÇÃO

Todas as texturas foram produzidas no Adobe Photoshop®, utilizando imagens 2D como referenciais. As texturas são então utilizadas pelo programa 3DS Max 2009®, onde é feita a configuração dos materiais que são aplicados à malha como: reflexos, transparência, cor e outros. Efetuada a configuração do material, a textura foi então aplicada aos objetos da cena.

6.4.3. ANIMAÇÃO

O processo de animação de personagens ou objetos 3D articulados requer, em primeiro tempo, o uso de controles e a especificação de uma estrutura interna, chamada de “bones” (ossos) ou “esqueleto”. Esta primeira etapa é denominada de sistema de *rigging* a fim de definir como o movimento das partes e do conjunto irá deformar a superfície do objeto.

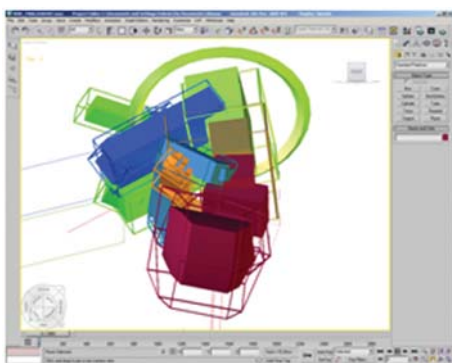


Fig. 192a - Viewport do 3DS MAX 2009, com sistema de *rigging* do feto. Fonte original

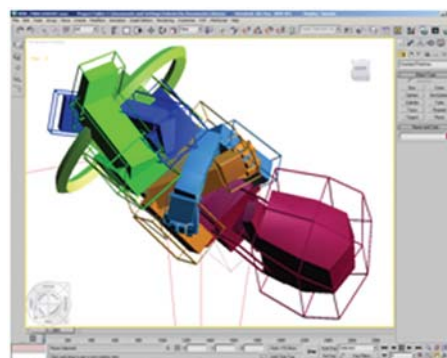


Fig. 192b - Viewport do 3DS MAX 2009, com sistema de *rigging* do feto. Fonte original

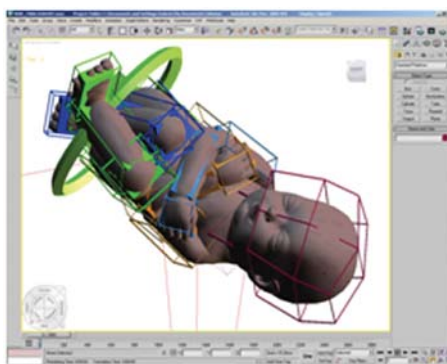


Fig. 192c -Viewport do 3DS MAX 2009, com sistema de *rigging* do feto e geometria, com textura. Fonte original

O processo de animação de todos os objetos utilizou o programa 3DS Max 2009® e para o sistema de “*rigging*” foi utilizado o SOFTIMAGE, um plug-in para o 3Ds Max. Foram utilizados objetos “*Dummy*”, que atuam como auxiliares em relação pai-filho, como suporte a animações complexas. Eles agem como alças ou pontos-pivô secundários para controlar objetos-filho a ele vinculados e modificadores “*Morpher*”.

Os processos de animação em cada objeto foram os seguintes:

- Pelve: utilizando-se das ferramentas de “*rigging*” com a finalidade de movimentar as partes necessárias, como por exemplo, a articulação sacro-coccigea a fim de assegurar a retropulsão do cóccix;
- Feto: utilizando-se das ferramentas de *rigging* (“ossos”) do plug-in SOFTIMAGE, com a finalidade de movimentar as partes do corpo;
- Útero: ferramentas de “*Morpher*” e “*Dummys*” que servem de controladores para alterar a malha do objeto.
- Placenta, cordão umbilical, Diâmetros da pelve e altura da apresentação: utilizando-se da ferramenta “*Dummys*” que serve de controlador para alterar a malha do objeto.

A comparação das imagens 2D provenientes da literatura obstétrica demonstrou um excelente grau de proximidade no decorrer da animação, o que permite uma correlação direta com cada um dos seis tempos do mecanismo de parto.

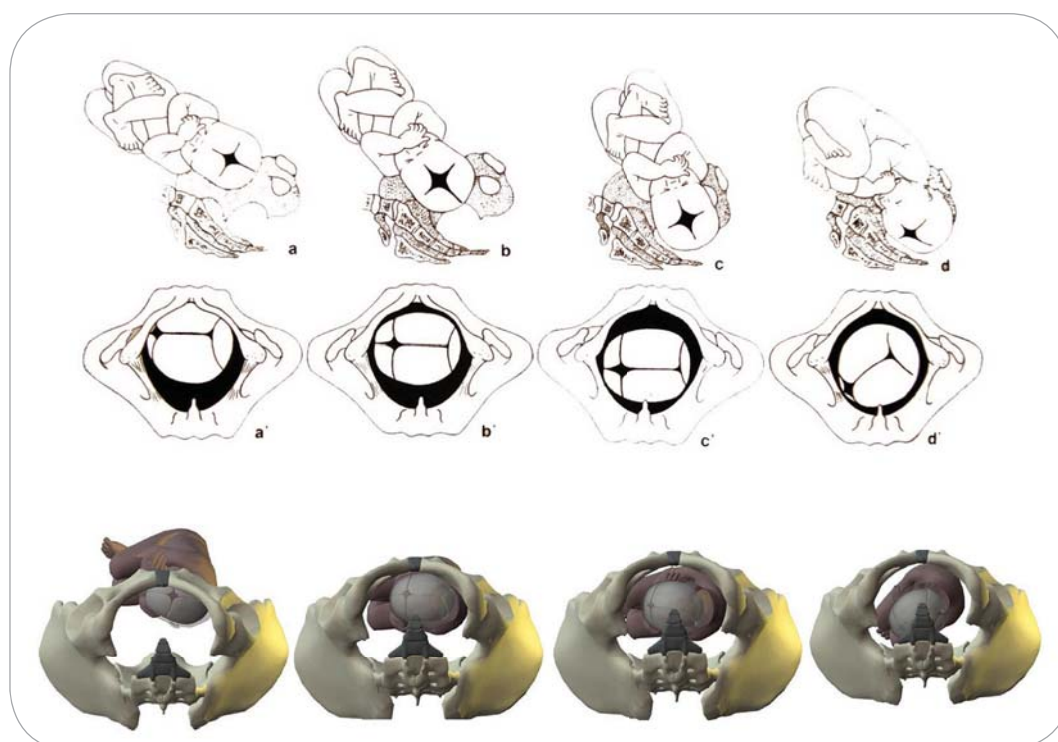


Fig. 193a - Comparação de imagens 2D (imagens preto e branco) com animação modelada em 3D (imagens coloridas).

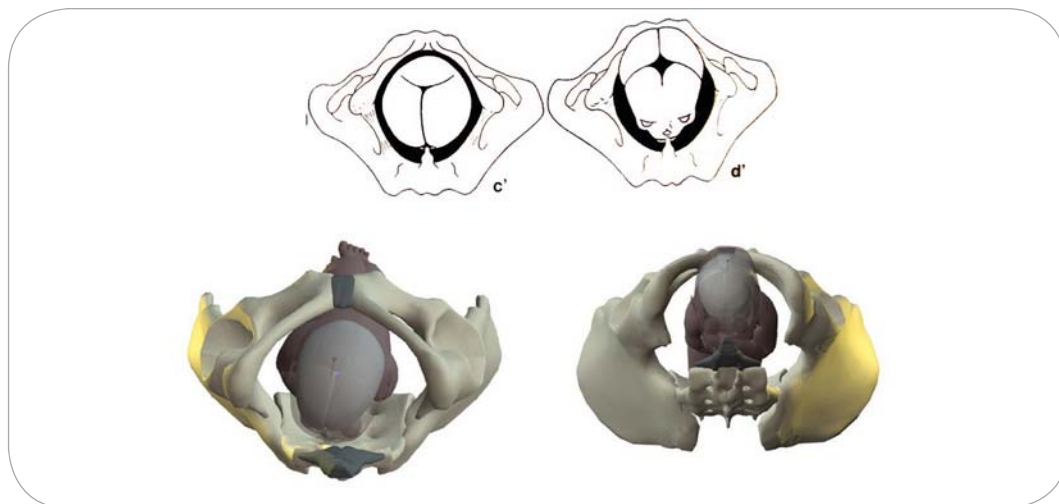


Fig. 193b – Comparação de imagens 2D (imagens preto e branco) com animação modelada em 3D (imagens preto e branco).

6.5. ARQUITETURA DO SISTEMA

A arquitetura do sistema se refere aos componentes do sistema de RA, suas funcionalidades e benefícios pautados na literatura para algumas opções efetuadas.

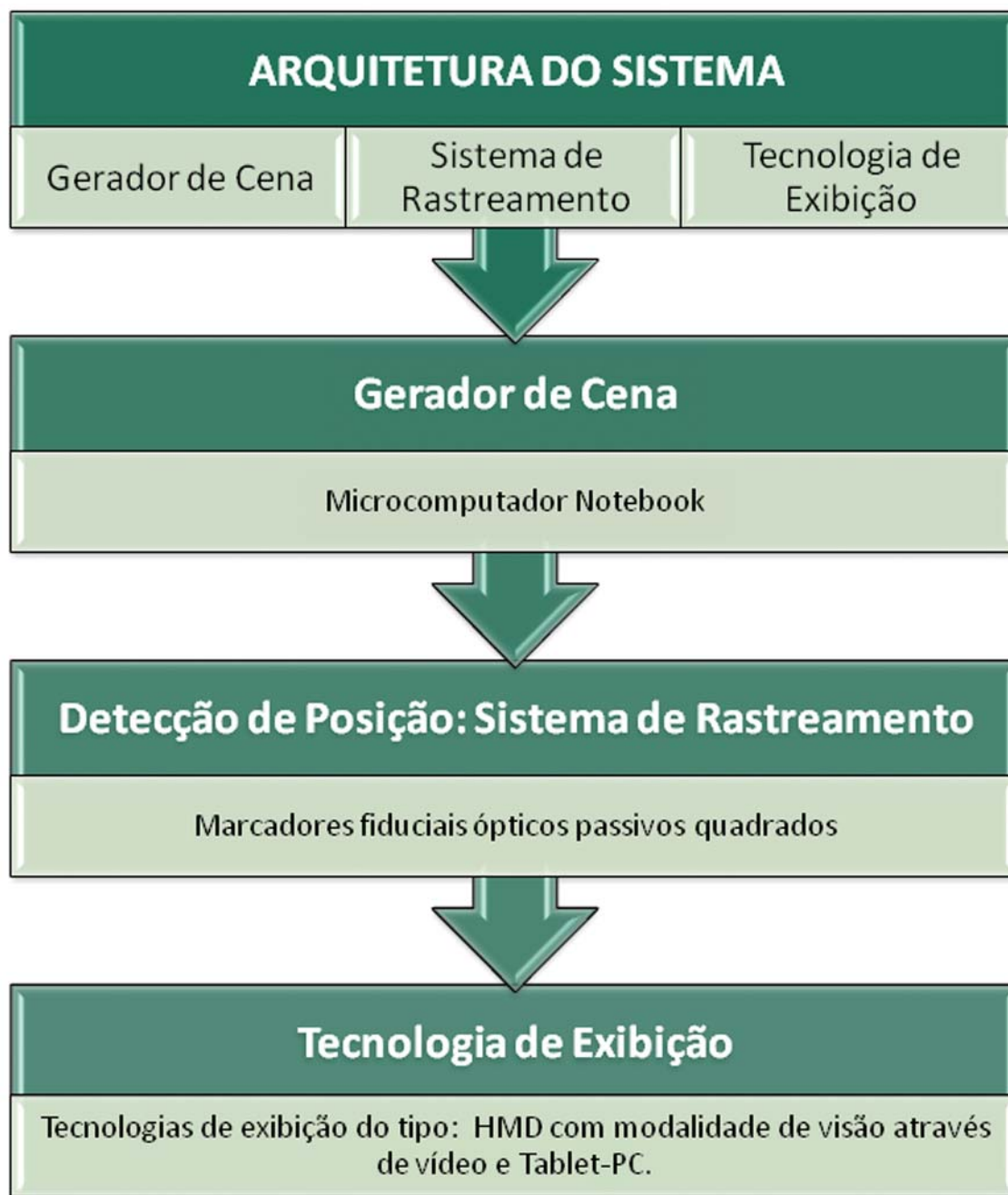


Fig. 194 - Componentes do sistema - Fonte original.

6.5.1. GERADOR DE CENA E RENDERIZAÇÃO

Na geração da cena foi utilizado Notebook com sistema operacional Windows XP®, com a seguinte configuração:

- 2 GB de memória RAM/DDR2, 2MB cache L2
- Disco rígido de 120 GB
- Tela 15.4” TFT High Definition Widescreen (1024 x 800)
- Processador Intel Core Duo T2050@1.60GHz
- Placa de vídeo ATI Mobility Radeon X1400
- DVD RW/CD
- Modem Conexant HDA d110 MDC V.92
- Adaptadores de Rede: Broadcom 440x 10/100 Integrated Controller Intel® PRO/Wireless 3945 ABG Network Connection
- 4 portas USB
- Webcam do tipo Firewire (IEEE1394) justificada por melhores padrões de resolução.

Quando utilizado o TABLET PC para a visualização do modelo, a geração da cena foi feita a partir deste mesmo dispositivo.

A visualização em tempo real (*real-time rendering*) diz respeito a produção de imagens rapidamente no computador. Este processo consome e requer capacidade de memória e processamento para que milhares de polígonos sejam transformados em um ambiente virtual. Plotar as linhas, colorir, prover sombra que representa o efeito próprio da luz e ajustar o tipo de tecnologia de exibição que está sendo utilizada são algumas das tarefas realizadas pelo computador. Em aplicações com visualização em tempo real, esta tarefa ocorre incessantemente: a cada movimento do usuário o computador deve “redesenhar” o ambiente sintético em frames por segundo.

O uso de pré-processadores, como placas gráficas e de som preparam o dado a ser computado. Renderizar, assim significa a conversão de símbolos gráficos em um arquivo visual, que pode ser estático ou animado, como demonstrado na Fig. 195 e Fig.196.

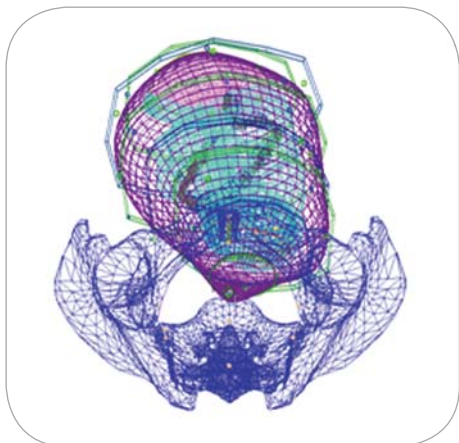


Fig. 195 - Malha do modelo: pelve, útero, feto, cordão, umbilical e placenta.

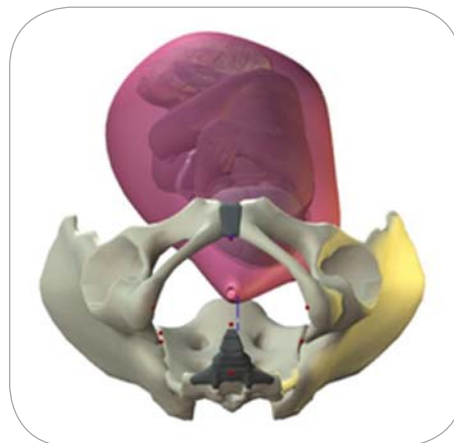


Fig. 196 - Modelo renderizado.

OpenGL é dos padrões mais populares de biblioteca gráfica, por três razões, em princípio: a portabilidade, porque trabalha com recursos de aceleração de hardware das placas de vídeo e trata-se de uma interface de programação de aplicativos – API (*Application Programming Interface*) livre, largamente utilizada em computação gráfica, como aplicativos, jogos e ambientes 3D.

O padrão OpenG - GL de “*graphics library*”, pode ser utilizado em plataformas Windows, Linux ou MacOSX. Sua primeira versão foi lançada em 1992, e a décima, a versão 3.2, lançada em agosto de 2009. O conselho gestor, composto por um pool de empresas de porte como IBM, Intel, NVIDIA e a *Silicon Graphics* tem se responsabilizado por manter a especificação e definir que recursos são adicionados nas próximas versões.

Em especial o fato de possuir suporte em *hardware* foi avaliado, como uma solução que agrega um desempenho ao sistema gráfico de excelente qualidade.

Considerou-se também, para evitar trabalho em baixa programação utilizar o sistema de grafos de cena²⁰ (*scene graphs*) do *OpenScenegraph* (OSG) que utiliza funções do OPENGL, mas evita a implementação de gráficos de nível baixo permitindo a geração de geometria e animações em um nível mais elevado de programação.^[148]

6.5.2. DETECÇÃO DE POSIÇÃO - SISTEMA DE RASTREAMENTO

Para a identificação de posição, optamos pelo uso de marcadores fiduciais ópticos passivos quadrados, uma vez que seu uso tem sido observado em grande escala para aplicações de Realidade Aumentada com excelentes resultados e baixo custo de investimento. A área de *tracking*, tem se mostrado como aquela que mais cresce no âmbito das pesquisas, em especial na área de marcadores ópticos com o desenvolvimento de algoritmos robustos e um padrão de acurácia que justifica seu uso considerando o objeto desse estudo.^[122, 184]

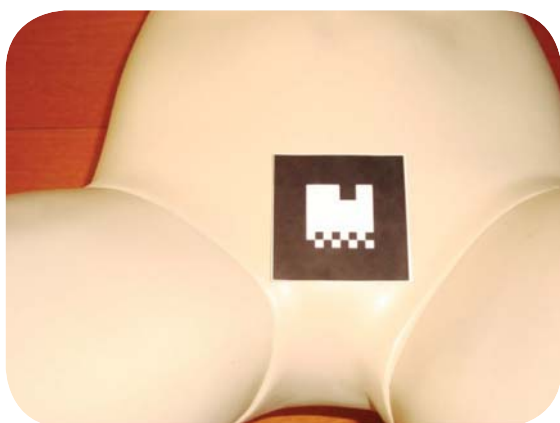


Fig. 197 - Manequim físico com marcador posicionado.

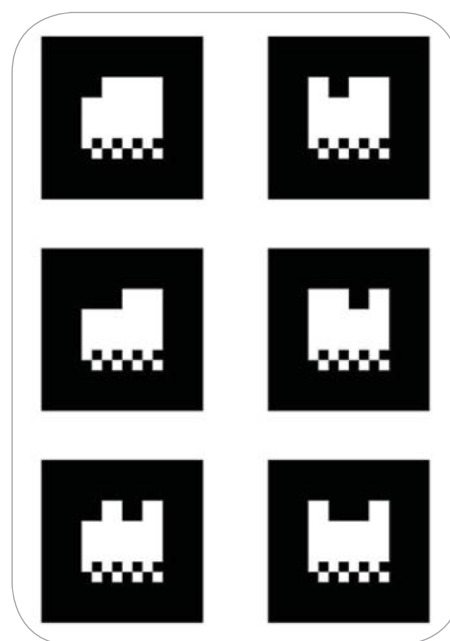


Fig. 198 - Marcador óptico passivo.

²⁰ Um grafo de cena é uma estrutura de dados que permite a organização hierárquica de objetos que constituem uma cena.

Na possibilidade do usuário, caminhar em torno do manequim e a posição ginecológica impedir que a webcam identifique o marcador, com prejuízo da detecção de posição, é possível a utilização de um cubo com os marcadores dispostos, como se observa nas Fig. 199 e Fig. 200.

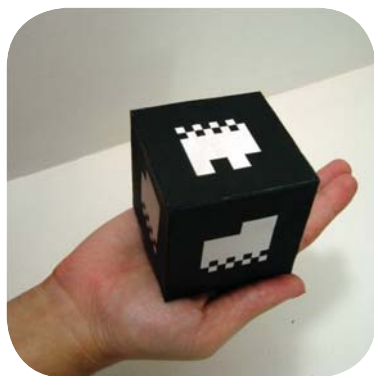


Fig. 199 - Marcador óptico passivo afixado em cubo.

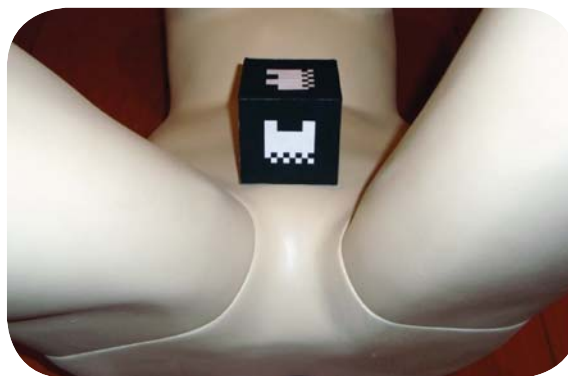


Fig. 200 - Marcador posicionado.

É freqüente o questionamento sobre qual é o melhor marcador fiducial,^[185] mas apesar dos vários estudos a literatura é sempre conclusiva a respeito do fato de que: não existe o melhor marcador isoladamente. Todos possuem vantagens e desvantagens, o fator preponderante a ser utilizado deve ser sempre o do tipo da aplicação^[140], e desta forma consideramos suficientes as vantagens e não prejudiciais as eventuais desvantagens já citadas anteriormente.

6.5.3. TECNOLOGIAS DE EXIBIÇÃO

A utilização de duas modalidades de tecnologias de exibição foram planejadas. Considerou-se que a possibilidade de utilização de uma tecnologia de exibição binocular com estereoscopia é muito adequada a este tipo de aplicação, e neste sentido adotou-se a tecnologia de exibição adaptada à cabeça do tipo “*video-see-trough*”. Outro tipo adotado foi a tecnologia de exibição móvel com um *Tablet PC*.

As justificativas de eleição do tipo de HMD já foram alvo de detalhamento no capítulo 4. O *Tablet-PC*, incluso na categoria dos *Hand-held displays*, combina processador, memória, *display* e tecnologia de interação em um mesmo dispositivo, além de suportarem conexão *wireless*. Sua adoção é considerada como uma possibilidade pela portabilidade, contudo não perdemos de vista o fato de que se mover na cena com um *display* fixo (*video see-through*) pode ser muito melhor do que se mover em cena com um *display* portátil, contudo isto será melhor definido na validação.

6.5.3.1. A INTERFACE GRÁFICA DO USUÁRIO

A interface gráfica do usuário será 2D poderá ser exibida em qualquer dos dois *displays* (HMD ou *tablet*) adotados para a visualização, de forma intuitiva e customizada, a interação será de feita de forma indireta. Foram previstas 9 (nove) funcionalidades que necessariamente devem estar implementadas no sistema a fim de favorecer uma ampla abordagem com benefício da aprendizagem. Todas as funcionalidades deverão estar disponíveis no display do usuário (Fig. 201).

As funcionalidades abaixo descritas permitirão ao usuário, através de interação indireta, a visualização de todos os objetos modelados em 3D e a eleição das formas de visualização abaixo descritas. O modelo será sobreposto à um manequim físico.

Selecionar Objeto	Define um dos objetos da cena para implementar outro <i>input</i> (a exemplo de transparência, ocultar, aparecer), como útero, placenta, cordão umbilical, feto, abóboda craniana fetal, conjunto da pelve ou parte (M-pelve direita, esquerda, sacro ou cóccix), diâmetros dos três estreitos (superior, médio e inferior) e referências anatómicas da altura de apresentação de DeLee. Os objetos em cena podem também ser selecionados em pausa para definir novo <i>input</i> no sistema
Transparência	Atributo de um objeto previamente selecionado, que permite usuário o gradiente de transparência desejado, para observar através daquela <i>layer</i> um outro evento de seu interesse, na mesma ou em outra perspectiva
Ocultar	Selecionado um ou mais objetos da cena, o usuário pode atribuir a função de "ocultação", caso deseje retirar o objeto da cena para outro interesse de estudo.
Aparecer	Aciona o objeto ou conjunto de objetos que devem retornar a cena.
Tocar	A ação é de " <i>play</i> ", que aciona a seqüência da animação em 3D.
Adiantar	Acelera a animação de forma que o usuário localize algum ponto de seu interesse adiante.
Retonar	Retorna ao início em qualquer momento ao a um ponto eleito pelo usuário.
Pausar	Permite ao usuário exami nar detalhes da cena em todos os
Parar	A visualização em 3D se

Fig. 201 - Funcionalidades da interface do usuário. Fonte original.

6.6. A VALIDAÇÃO DO SISTEMA

A última etapa apresenta a formulação de metodologia de validação para futuros trabalhos, e refino deste estudo de forma que possa ser incorporada como metodologia de visualização da mecânica do parto em processos de ensino-aprendizagem.

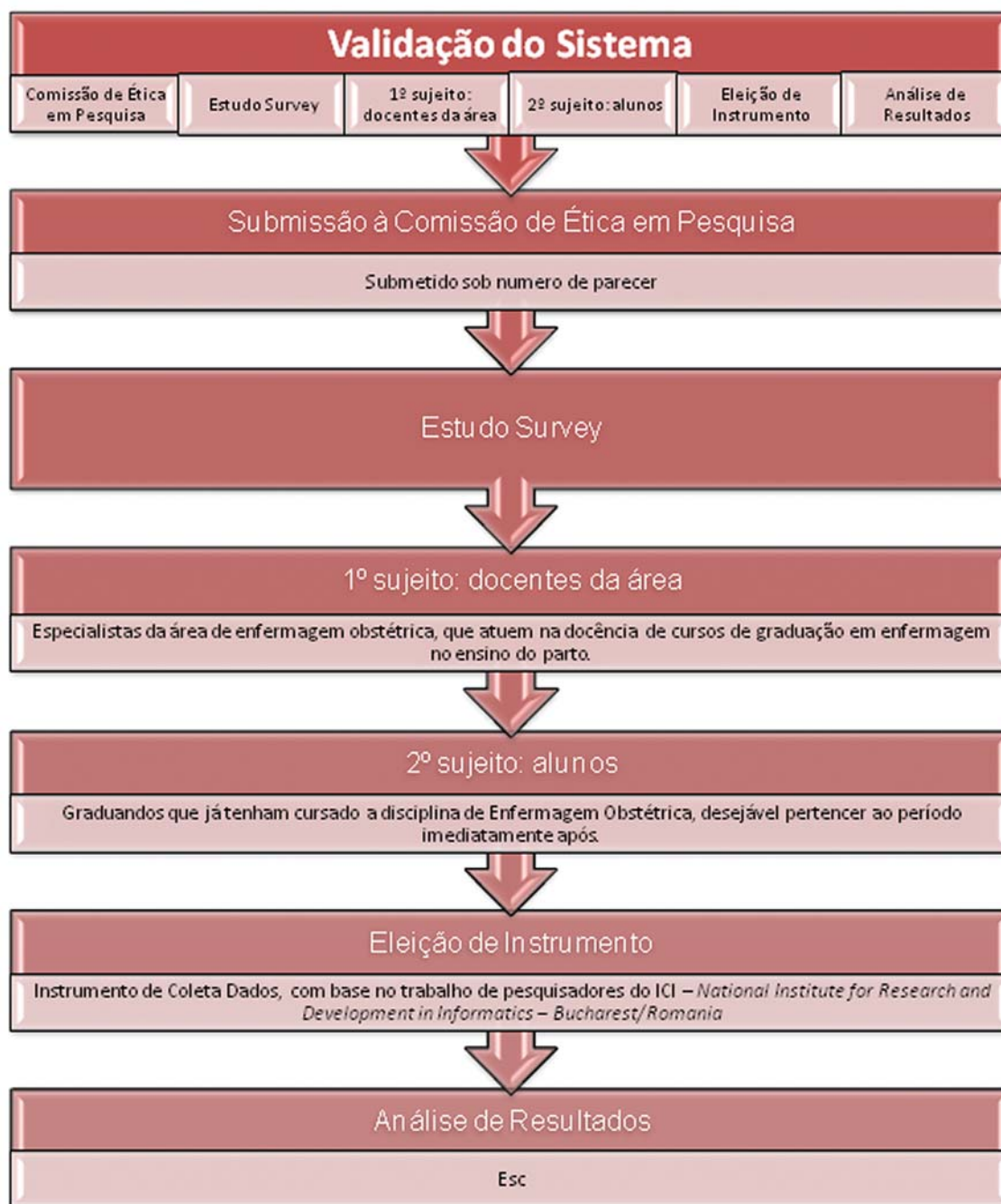


Fig. 202 - Etapas de Validação - Fonte original

6.6.1. SUBMISSÃO A COMITÊ DE ÈTICA EM PESQUISA

A resolução no196/96^[186], define que toda pesquisa “*envolvendo seres humanos, seja em caráter individual ou coletivamente, de forma direta ou indireta em sua totalidade ou partes dele, incluindo o manejo de informações ou materiais*”, deva ser submetida a um Comitê de Ética em Pesquisa.

Este estudo já foi submetido ao CEP, em 28/05/2009 sob o CAAE nº 0110.0.031.000-09, e aguarda como pendência para aprovação final a carta das IES que serão convidadas para o estudo *a posteriori*.

6.6.2. METODOLOGIA PROPOSTA PARA O SEGUIMENTO DO ESTUDO: PESQUISA SURVEY

Será desenvolvida como pesquisa descritiva do tipo *survey*. Pesquisas do tipo *survey*, podem ser descritas como a obtenção de dados ou informações sobre características, ações ou opiniões de determinado grupo de pessoas, indicado como representante de uma população alvo, por meio de um instrumento de pesquisa.^[185] Agrupam dados sobre um ponto particular de um determinado momento com a intenção de descrever a natureza de condições existentes ou identificando padrões contra os quais existam condições que podem ser comparadas ou determinando as relações que existem entre eventos específicos.^[187]

A pesquisa descritiva é aquela em que:

“condições ou relacionamento que existem; práticas predominantes; convicções, pontos de vistas, ou atitudes são asseguradas; processos vão acontecer; efeitos que estão sendo sentidos ou tendências que estão se desenvolvendo. Às vezes, a pesquisa descritiva está preocupada com o “como o que é” ou o que existe relacionado a algum evento precedente que influenciou ou afetou a presente condição ou evento.”^[188]

A amostra será do tipo não-probabilística e por conveniência que consiste no uso de pessoas ou objetos mais prontamente acessíveis como sujeitos de pesquisa. ^[187, 188]

A escolha por este tipo de amostragem é justificada pelo desconhecimento das chances de que todos os sujeitos, cujos perfis são compatíveis com o desenho desta pesquisa, e que estejam acessíveis, assim como pelo desconhecimento da real quantidade de docentes na área de saúde da mulher diretamente envolvidos com o ensino da atenção ao parto nas instituições de ensino superior. A amostragem por conveniência consiste no uso de pessoas ou objetos mais prontamente acessíveis como sujeitos de pesquisa.^[189]

Utilizar-se-á da escala de *Likert* estruturada em 05(cinco) níveis para mensuração de atitudes humanas frente ao uso do protótipo será uma escala de *Likert*. Apesar de ser um método de uso expressivo em pesquisas da área de ciências sociais ^[189, 190] pode-se observar uma forte tendência de seu uso em estudos no campo das ciências exatas com enfoque para avaliação de usabilidade técnica, pedagógica ou de realismo em aplicações desenvolvidas a partir de técnicas de Realidade Virtual e Aumentada. O contexto de uso da escala considerou sua confecção com base na potência: *discordo fortemente, discordo, indeciso, concordo fortemente, concordo*.^[191]

A escala ordinal não se vale de classificação somente, mas introduz também uma ordem nos dados, que não significa que haja uma métrica ou intervalos iguais, por exemplo, não se pode assumir que em uma escala de *Likert* de 1- : 1 (*discordo fortemente*), 2 (*discordo*), 3 (*indeciso*), 4 (*concordo*), 5 (*concordo fortemente*), que o ponto 4 (*concordo*) é duas vezes mais unânime ou manifesta a concordância do que o item 2 (*discordo*).^[192]

Para assegurar a consistência e confiança da escala de *Likert*, não será feita nenhuma análise com base na suposição de equivalência entre as diferenças de “*score*” da escala, como exemplificado acima.^[191]

6.6.2.1. PERFIL DOS SUJEITOS

Ao finalizar o modelo, já em fase de protótipo, este será submetido à avaliação de especialistas da área de enfermagem obstétrica, cujo perfil de inclusão será de

profissionais portadores de título de especialização em enfermagem obstétrica, que atuem na docência de cursos de graduação em enfermagem, independentemente do gênero ou idade, com um mínimo de 05 (cinco) anos de prática no ensino específico da atenção ao parto.

Em um segundo momento, após validação pelos docentes, será submetido aos discentes das mesmas instituições, objetivando o refino da coleta de informação sobre a contribuição do protótipo para a aprendizagem do aluno, segundo sua própria percepção. Para este perfil de sujeito, ainda se requer submissão a análise de Comitê de Ética em Pesquisa, o que ocorrerá após a finalização do primeiro grupo de validadores.

Os indivíduos serão localizados nas universidades públicas federais e/ou estaduais dos municípios do Rio de Janeiro e São Paulo, sendo-lhes assegurada a condição de anonimato e privacidade no fornecimento dos dados.

Em razão das características da seleção e em se tratando de amostra por conveniência, a análise estatística que será implementada permitirá descrever os resultados, sem pretensão de realizar inferências para outras realidades.

Todos serão apresentados, ao protótipo e receberão explicações iniciais do seu funcionamento, manuseio e navegabilidade uma vez que não existe ainda nas universidades brasileiras o uso de aplicações como a que está sendo desenvolvida. Somente serão submetidos ao instrumento de coleta de dados após finalizarem a utilização do protótipo. Não será estipulado tempo para manuseio da simulação, somente que se cumpra o roteiro de navegação sendo permitida a repetição de ações de acordo com a necessidade do validador.

6.6.2.2. INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

O Instrumento de Coleta de Dados – ICD (ANEXO 1) fornecerá dados em quatro categorias de análise: dados de identificação do validador, ergonomia, usabilidade da aplicação, percepção de uso, atitudes para com o sistema e intenção de uso. Adotou-se para efeito do estudo uma metodologia de avaliação já empregada em trabalhos sobre Interação Humano Computador e usabilidade para a educação, com mínimas modificações para efeito de alinhar junto à temática desta pesquisa.

O Instrumento adotado foi extraído dos estudos de avaliação efetuados por outros pesquisadores^[121, 193, 194] cuja temática também focava o desenvolvimento e avaliação de protótipos em Realidade Aumentada, e que foram devidamente consultados por e-mail quanto à utilização do instrumento de avaliação tendo autorizado seu uso.

No âmbito da avaliação de um objeto de aprendizagem é possível diferenciar-se o teor pedagógico do técnico. Quando avalia-se como é fácil utilizar um sistema e/ou plataforma a conotação é de uma avaliação técnica e quando avalia-se o tipo de aprendizagem que o aquele objeto utilizado é capaz de estimular e/ou produzir nos usuários, neste caso, então, está se avaliando a usabilidade pedagógica.^[195, 196]

A usabilidade pedagógica pode ser compreendida como o suporte para a organização do ensino e do estudo, suporte para os processos de tutoria e aprendizagem e realização dos objetivos da aprendizagem, e suporte para o desenvolvimento de competências através da interação com outros atores e auto-crescimento do aprendiz em busca de sua autonomia no campo de conhecimento.^[195, 197]

Os sujeitos da pesquisa deverão responder 23 (vinte e três) questões fechadas de acordo com a escala de *Likert* e duas perguntas abertas, além de dados de identificação como idade, sexo e experiência com simuladores.

6.6.2.3. ASPÉCTOS ÉTICOS

A validação tem por base a adoção dos preceitos recomendados na Resolução nº196/96^[186] sobre pesquisa com seres humanos e disponibilizará aos sujeitos da pesquisa o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO 2).

Para a utilização do Instrumento de Coleta Dados, com base no trabalho de pesquisadores do ICI – *National Institute for Research and Development in Informatics – Bucharest/Romania*, foi efetuada consulta aos autores por e-mail, solicitando a autorização de uso e adaptação, concedida em maio de 2009 e disponível para consulta. (ANEXO 3)

6.7. DIAGRAMA DO CENÁRIO

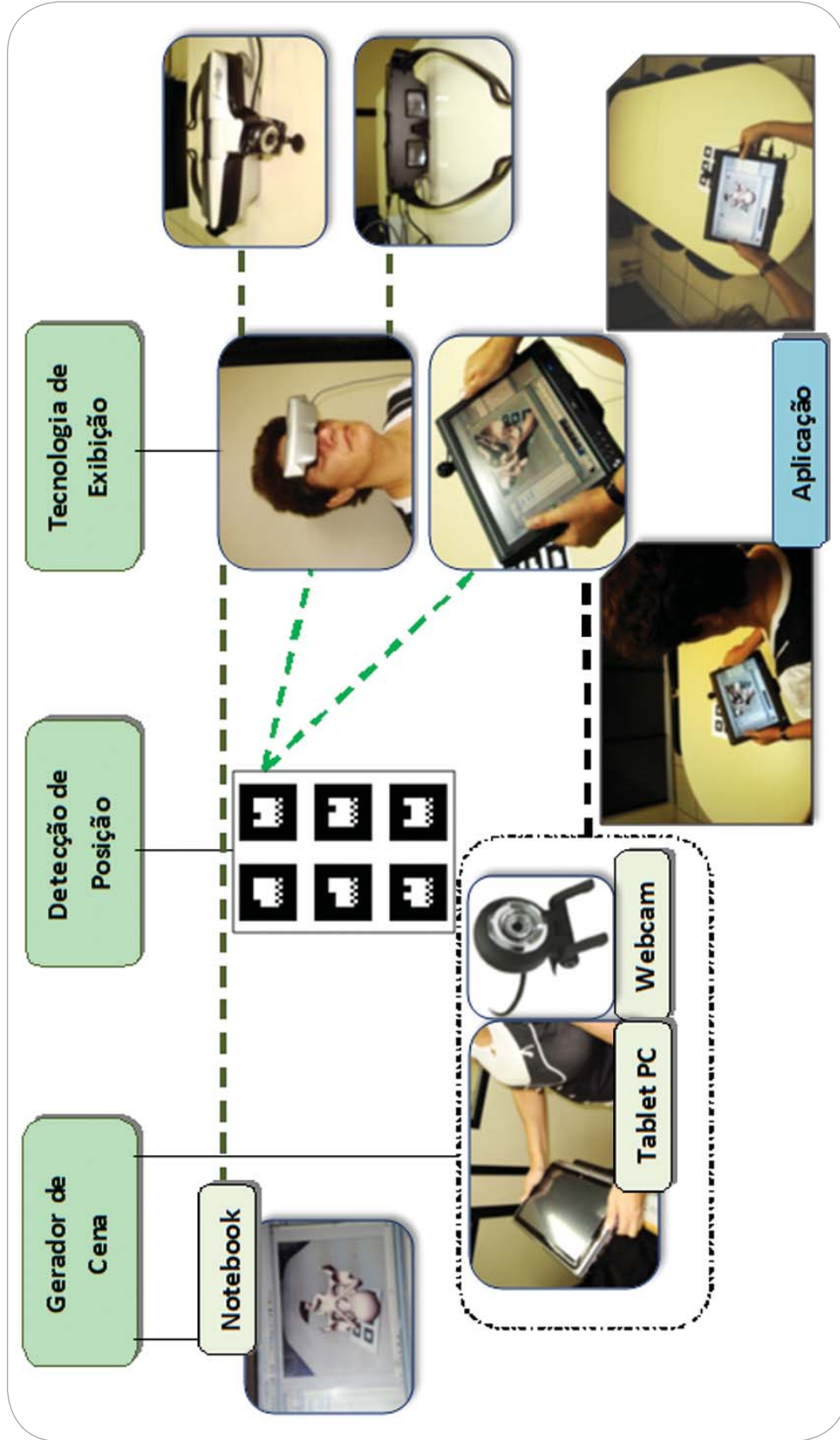


Fig. 203 - Diagrama de Cenário

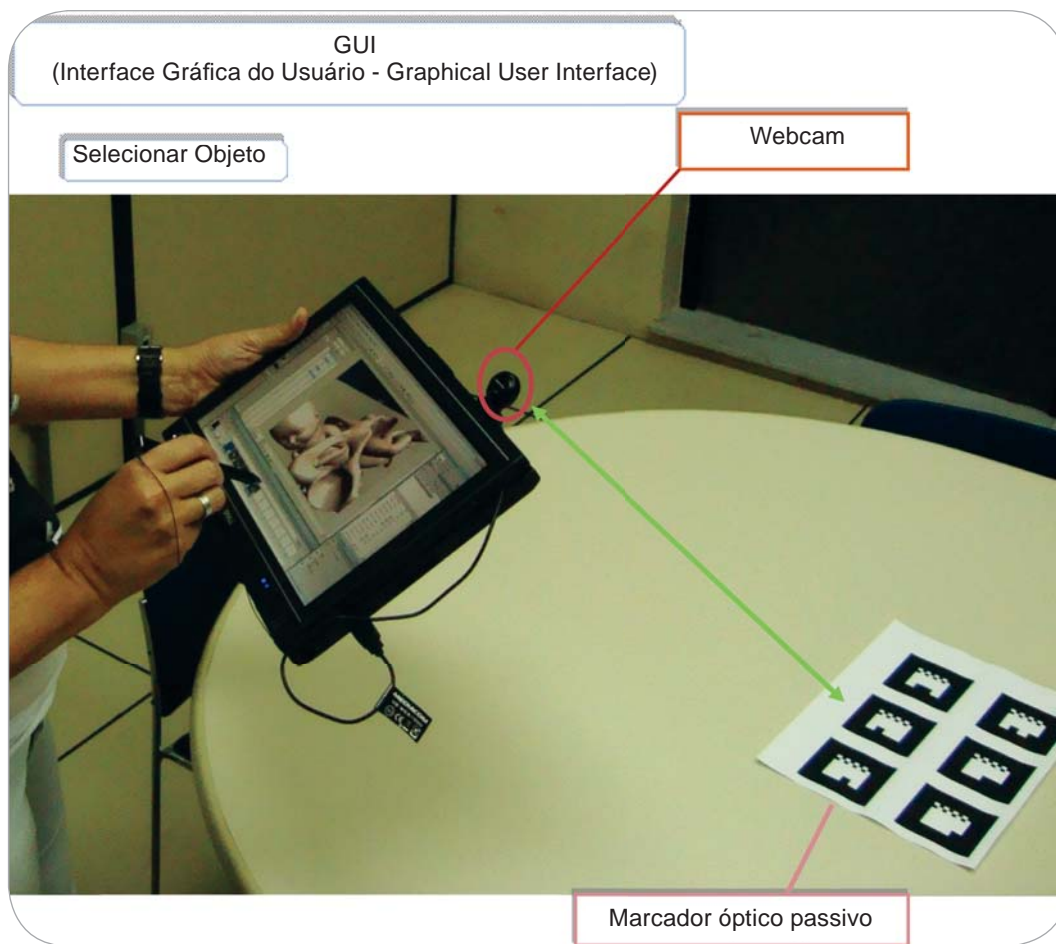


Fig. 204 - Geração do objeto sintético.

6.8. ESTADO ATUAL DO SISTEMA E DIFICULDADES ENCONTRADAS

O desenvolvimento não foi finalizado, em função de limitações técnicas do sistema de RIG utilizado. A modelagem foi realizada no 3DSMAX 2009®, mas utilizou-se um sistemas de *rigging* que vinha oferecendo excelentes resultados para animações 3D como *plug-in* do 3DS MAX: o *Charater Animation Toolkit* – CAT.

O SOFTIMAGE®/CAT é um *plug-in* para o Autodesk 3Ds Max, muito utilizado por animadores pela facilidades, agilidade e qualidade de resultado final provendo *rigging* de caracteres, animação não linear, animação por *layer*, importação de captura de movimento, simulação de músculos e outros benefícios. Contudo se mostrou inapropriado para aplicações em tempo real.

A arquitetura do sistema está definida e funcionalidades especificadas e em fase de nova implementação do sistema de *rigging* utilizando o *default* (padrão) do 3Ds Max 2009®.

O modelo, na fase atual aguarda somente a implementação do novo sistema de *rigging*, já que a modelagem e animação demonstraram, em comparação bibliográfica, um grau de aproximação muito bom. Refeito o sistema de *rigging*, o novo processo de animação seguirá replicando o modelo atual.

A escassez de bibliografia específica que tratasse do desenvolvimento de técnicas de animação para aplicações em tempo real, como em Realidade Aumentada e suas limitações foi um dos fatores de dificuldade que ocasionaram a dificuldade técnica vivenciada. De forma que as dificuldades encontradas no desenvolvimento do sistema são inerentes a projetos que trabalham no limiar da tecnologia, portanto se constituem em intenso aprendizado e estimulam novas pesquisas.

Capítulo 7

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1. CONCLUSÃO

Apesar de não se constituir em escopo deste estudo, a leitura dos mais recentes artigos permitiu compreender que o ensino do parto, no Brasil permanece sendo estruturado considerando a experiência adquirida em sala de parto sob supervisão.

A absoluta inexistência de quaisquer estudos que problematizem a prática profissional da atenção ao parto e ao nascimento com base também nos processos de ensino aprendizagem, nas metodologias pedagógicas e recursos existentes nas instituições formadoras são alarmantes, quando se considera que esta especialidade, segundo levantamentos dos conselhos de classe, foi na década passada responsável pelo maior número de processos éticos, em alguns dos principais estados brasileiros.

É notório, que as mudanças na história social da mulher brasileira seguem o fluxo das demais alterações que se deram em outros países. Isto lhe conferiu autonomia de escolha e maior poder de participação na sociedade, em face do que alguns discursos tendenciosos se valem do fato de que parto normal caiu em desuso na medida em que a mulher, de posse de uma instrução qualificada e com poder aquisitivo de maior patamar, pôde escolher como ter sua prole. Se por um lado, isto pode ser real, de outro lado também se deve considerar que as relações estabelecidas pelo profissional de saúde com a gestante ou parturiente, podem ou não contribuir para uma adesão consciente ao parto eutócico e, portanto normal.

A métrica aplicada à avaliação de ensino, que se estabeleceu entre as instituições formadoras de saúde, tanto faz se enfermagem ou medicina, tem por base habitualmente o desempenho teórico e a destreza adquirida em campo prático, portanto parte da lógica da execução do procedimento. Assim sendo, é o contato direto junto à gestante, parturiente ou puérpera a matriz de estudos que alimenta seu conhecimento prático.

Os laboratórios de práticas instalados nas universidades, que em tese devem ser destinados a aquisição de competências cognitivas e sensório-motoras não tem servido de base à pesquisas sobre a forma pela qual são absorvidos no processo de ensino-aprendizagem. Provavelmente são sub-utilizados na prática diária junto ao aluno, uma vez que não existem estudos nacionais sobre o uso e resultados observados na prática clínica decorrentes de seu uso.

O raciocínio clínico, as atitudes frente a parturiente e família, a destreza manual, a agilidade e execução de ações e protocolos clínicos demandam, antes de tudo, que o conhecimento e a forma pela qual o aluno é exposto e estimulado a aprender possa ser dar da forma mais intuitiva e realística possível, com o menor risco para si e para a parturiente. A incorporação desta premissa é do que valeu a história da simulação em obstetrícia e demais especialidades a fim de que o risco possa ser minimizado para a paciente.

A contribuição da área de Realidade Aumentada em processos de estímulo à cognição através da visão computacional é com certeza uma alternativa de primeira ordem de qualidade. Com as limitações que lhe são peculiares, é ainda assim um benefício sem igual no campo da visão computacional e interação, em um campo incipiente de ferramentas educacionais imersivas.

A viabilidade de aplicações de Realidade Aumentada para a visualização de informações se apresentou como uma alternativa imensamente rica e com benefícios atraentes para a área do ensino em obstetrícia. A associação imediata entre ações

desempenhadas por profissionais e o conhecimento para tal, é de tal maneira relacionada ao processo de “execução”, que os processos cognitivos merecem pouca atenção, ao que indica a revisão teórica a o longo deste estudo.

O modelo desenvolvido partiu do princípio que a ineficiência dos simuladores físicos pode ser melhorada, ou complementada através de outra ferramenta: a visão computacional como método interativo entre o sujeito e o objeto da aprendizagem sintético.

A especialidade obstétrica, comprovadamente no Brasil é a primeira no *ranking* de erros cometidos e registrados, muito pouco se tem feito para mudar este panorama. Aprender o ato de partejar tem se tornado um aprendizado em extinção, em um país com elevadas taxas de cesariana e elevadas taxas de mortalidade materna.

O objetivo deste estudo foi de desenvolver um sistema que possa apoiar o ensino do mecanismo do parto, sem com isto descartar outras estratégias. Em verdade, o produto final deste estudo pode e deve ser incorporado como uma ferramenta ao ensino.

Trata-se de um novo instrumento, viável, rico em aspectos interativos e visuais, que não descarta a necessidade de um docente disposto a mudar suas práticas, rever seu comportamento e se colocar como facilitador e mediador para o seu aluno.

7.2. TRABALHOS FUTUROS

Em levantamento citado neste estudo, se observa que uma das áreas em Realidade Aumentada de menor aporte teórico é o de validação de sistemas. Os processos de validação são exatamente o *feedback* da qualidade e adequação de um sistema desenvolvido, de fundamental valor para a consolidação e ampliação das aplicações de Realidade Aumentada.

Este estudo conta com uma estrutura de processo de validação já encaminhada para trabalhos futuros, submetido à avaliação do Conselho de Ética em Pesquisa e devidamente cadastrado junto ao SISNEP – Sistema Nacional de Informações sobre Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos. Já tendo obtido aprovação parcial para seu encaminhamento, aguardando carta de aceite das Instituições de Ensino Superior que deverão participar da validação através dos docentes envolvidos na área do ensino da atenção ao parto.

Finalizado o sistema de *bones*, a primeira iniciativa é de validação junto aos docentes, buscando identificar a fidedignidade de reprodução do evento, padrões de usabilidade e ergonomia e interesse em adoção da ferramenta como colaboradora do processo de aprendizagem do mecanismo do trabalho de parto. Em um segundo momento, e após validação pelos docentes, efetuados os ajustes porventura necessários, será replicado, ao corpo discente destas mesmas instituições.

Já se encontra em fase de planejamento agregar áudio ao sistema, para estimular a compreensão do evento de bradicardia fisiológica do período expulsivo fetal, adequar a malha que constitui o útero e avançar na modelagem da placenta. Estudos posteriores, em médio prazo incluem a simulação de distócias fetais.

Ainda no contexto da educação, a produção de livros interativos utilizando marcadores ópticos passivos é de muito interesse, como nova estratégia em material didático utilizado em Educação a Distância para programas de formação permanente voltado para profissionais de saúde do Sistema Único de Saúde/SUS, âmbito no qual trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] LÉVY, P., *Educação e Cybercultura: A nova relação com o saber*. Tradução livre. Cyberculture. Paris: Odile Jacob, 1997. Disponível em:
<<http://empresa.portoweb.com.br/pierrelevy/educaecyber.html>>
Acesso em: 10 de set. 2002.
- [2] HANNAH, K.J, BALL, MJ, EDWARDS, M.J.A., *Introduction to Nursing Informatics*. 2nd New York, Springer-Verlag, pp147. 1999
- [3] CATAPAN, A.H., FIALHO, F.A.P., “Pedagogia e Tecnologia: A Comunicação Digital no Processo Pedagógico”. Disponível em:
<<http://www.abed.org.br/publicue/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=131&UserActiveTemplate=4abed&sid=117>> Acesso em: 4 de mar. 2002.
- [4] HERNÁNDEZ, D., “Políticas de certificación de competencias em América Latina”. In: *CINTEFOR. Competência Laboral y valorización del aprendizaje*. Montevideo: Cintefor/OIT. Boletín Técnico Interamericano de Formación Profesional, nº. 152, 2002.
- [5] RIBEIRO, E., *Representações de alunos e docentes sobre as práticas de cuidado e formação: uma avaliação de experiência de mudança em escolas médicas*. Tese de D.Sc.,IMS/UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2003.
- [6] HAGER, P., “Competency Standards - a Help or a Hindrance? An Australian Perspective”, *Journal of Vocational Education & Training*,47:2,141- 15. DOI: 10.1080/0305787950470203. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1080/0305787950470203>>
Acesso em 12 de ago. 2009.
- [7] LIMA, W. Avaliação de competência nos cursos médicos. In: Marins JJN, Rego, S, Lampert, JB et al(org). *Educação Médica em transformação: instrumentos para a construção de novas realidades*. ABEM. Ed Hucitec. São Paulo, 2006.
- [8] KAESTNER, C., EBERSPÄCHER, H., “Arquitetura de um Sistema de Autoria para Construção de Tutores Inteligentes Hipermédia”. *Proceedings of the VIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, nov 18-20. São José dos Campos. São José dos Campos: ITA, pp. 163-180, 1997.

- [9] BRASIL, Ministério da Educação. Parecer nº CNE/CES 1.133/2001. Diretrizes Nacionais Curriculares de Graduação em Enfermagem, Medicina e Nutrição. Conselho Nacional de Educação/Câmara Superior de Educação. Aprovado em 07/08/2001.
- [10] PETERSON, M., “Skills to Enhance problem-based Learning”. *Med Educ Online [serial online]*. 1997; 2-3. Disponível em < <http://www.utmb.edu/meo/> > Acesso em 17 de ago. 2002.
- [11] BJÖRCK, U. “Communication Patterns in on-line Problem-Based Learning.” Paper presented in a *Symposium on Time and coordination in virtual communities of learning at the 8th EARLI conference*. 1999, August. Göteborg, Sweden. Disponível na Internet via WWW. URL: < <http://www.ped.gu.se/ulric/earli.pdf> > . Acesso em: 04 de dez. 2001.
- [12] ITO, E.E. et al ., “O ensino de enfermagem e as diretrizes curriculares nacionais: utopia x realidade”. *Rev. esc. enferm. USP*, São Paulo, v. 40, n. 4, Dec. 2006 . doi: 10.1590/S0080-62342006000400017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S008062342006000400017&lng=en&nrm=iso> . Acesso em 12 ago. 2009.
- [13] RODRIGUES, R.M., ZANETTI, M. L., “Teoria e prática assistencial na enfermagem: o ensino e o mercado de trabalho”. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*, Ribeirão Preto, v. 8, n. 6, dez. 2000. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-11692000000600015&lng=pt&nrm=iso > . Acesso em: 15 mai. 2009.
- [14] URBANO, L.A., “As reformulações na saúde e o novo perfil do profissional requerido”. *Rev Esc Enferm UERJ*. 10(2): 142-5. 2002.
- [15] SABA, V.K. MCCORMICK, K.A., *Essentials of Computers for Nurse*. 2nd United States of America, McGraw-Hill Companies, Inc, 1996. pp. 534.
- [16] CHOU, B., HANDA, V.L., “Simulators and Virtual Reality in Surgical Education”. *Obstetrics and Gynecology Clinics of North America*.v.33, n2, pages 283-296 DOI: 10.1016/j.ogc.2006.01.007. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.ogc.2006.01.007> > Acesso em 02 mai. 2008.
- [17] VALLINO, J.R., *Interactive Augmented Reality*. Thesis D.Sc..Department of Computer Science The College Arts and Sciences/ University of Rochester/Rochester. New York, USA, 1998.

- [18] NOELLE FAMILY. Gaumard Simulators of Health Care Simulations. Disponível em < <http://www.gaumard.com/subproducts.asp?id=14> > Acesso em 01 dez. 2008.
- [19] OBSTETRIC SUSIE. Gaumard Simulators of Health Care Simulations. Disponível em:
<<http://www.gaumard.com/viewproducts.asp?idproduct=31&idcategorie=0&idsubcategorie=60> > Acesso em: 01 dez. 2008.
- [20] REYNOLDS, A., AYRES-DE-CAMPOS, D., BASTOS, L.F. et al. “Impact of Labor and Delivery Simulation Classes in Undergraduate Medical Learning”. *Med Educ Online* [serial online] 2008;13:14 doi;10.3885/meo. 2008. Res00285 Disponível em: < <http://www.med-ed-online.org> > Acesso em: 02 mar. 2009.
- [21] SIELHORST, T., OBST, T., BURGKART, R. et al., “An Augmented Reality Delivery Simulator for Medical Training”. *International Workshop on Augmented Environments for Medical Imaging - MICCAI Satellite Workshop*, 2004. Disponível em: < <http://ami2004.loria.fr/PAPERS/26obetoebiel.pdf> > Acesso em: 06 mar. 2007.
- [22] LAPEER, R., CHEN, M.S., VILLAGRANA, J., “An augmented Reality based Simulation of Obstetric Forceps Delivery “.In *Proceedings of the 3rd IEEE/ACM international Symposium on Mixed and Augmented Reality* (November 02 - 05, 2004). Symposium on Mixed and Augmented Reality. IEEE Computer Society, Washington, DC, 274-275. Disponível em:
< <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1033733#> > Acesso em: 06 jan.2007.
- [23] DUPUIS, O, MOREAU, M, PHAM M.T. et al. “Assessment of forceps blade orientations during their placement using an instrumented childbirth simulator“. *BJOG An International Journal of Obstetrics and Gynaecology*. VL: 116 NO: 2 PG: 327-333 DOI: 10.1111/j.1471-0528.02004.x, Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1111/j.1471-0528.2008.02004.x> > Acesso em: 06 mar. 2009.
- [24] A Critical History of Computer Graphics and Animation. Section 13: Flight simulators. Disponível em:
< <http://design.osu.edu/carlson/history/lesson13.html> > Acesso em: 03 abr. 2009.

- [25] ASME INTERNATIONAL. “The Link Flight Trainer- a Historic Mechanical Engineering Landmark.” Robertson Museum and Science Center, Binghamton, New York. June 10, 2000. Disponível em:
< <http://web.mit.edu/digitalapollo/Documents/Chapter2/linktrainer.pdf> > Acesso em: 04 mar. 2009.
- [26] NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING. “*Memorial Tributes: National Academy of Engineering*”. Volume 2. The National Academies Press. 1984.
- [27] ROSEN, K R., “The history of medical simulation”. *Journal of Critical Care* v. 23, 157–166. 2008. Disponível em:
< <http://www.sciencedirect.com/science/article/B7590-4SNPY8G-5/2/9da4bb773f1f286c6585e675926ee06d> > Acesso em: 03 jan. 2009.
- [28] HELMREICH, R.L., MERRITT, A.C., WILHELM, J.A., “The evolution of crew resource management training in commercial aviation”. *Int J of Aviation Psychol* .9:19-32. 1999. Disponível em:
< <http://homepage.psy.utexas.edu/homepage/group/HelmreichLAB/Publications/pubfiles/Pub235.pdf> > Acesso em: 04 nov. 2007.
- [29] JOHNSON SPACE CENTER DIGITAL IMAGE COLLECTION. Photo S65-27492 and S67-15794. Disponível em: < <http://images.jsc.nasa.gov/index.html> > Acesso em: 27 ago. 2009.
- [30] UNITED STATES REGULATORY COMMISSION. Fact Sheet on the Three Mile Island Accident. Disponível em: <<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/3mile-isle.html> > Acesso em: 04 fev. 2009.
- [31] BRINDLEY, P.G., “Medical simulation: No longer “why” but “how”. *Journal of Critical Care* (2009) xx, xxx–xxx doi:10.1016/j.jcrc.2008.08.013. Disponível em < <http://www.sciencedirect.com/science/article/B7590-4VD81KJ-K/2/8376f671063b2ba7dcccde8bdf167dbb> > Acesso em: 08 abr. 2009.
- [32] COOPER, J. B., TAQUETI, V.R., “A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training”. *Qual. Saf. Health Care*, v13;i11-i18. 2004. doi:10.1136/qshc.2004.009886. Disponível em:
< http://qshc.bmj.com/cgi/reprint/13/suppl_1/i11 > Acesso em: 08 jun. 2009.
- [33] BRADLEY, P., “The history of simulation in medical education and possible future directions”. Blackwell Publishing Ltd *.Medical education*. v.40(3):254-62 ,Mar. 2006.

- [34] SINZ, E.H. Anesthesiology National CME Program and ASA Activities in Simulation, *Anesthesiology Clinics*, Volume 25, Issue 2, *New Vistas in Patient Safety and Simulation*, June 2007, Pages 209-223, ISSN 1932-2275, DOI: 10.1016/j.anclin.2007.03.012. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/B8JBD-4NYXRXX-5/2/9941344a434d6c18255a5abbda01c52b> > Acesso em: 02 abr. 2009.
- [35] PIERCE, B ., “Sim City” . *Miami - The University of Miami Magazine*. Spring Volume 14 Number 2, 2007.. Disponível em: < <http://www6.miami.edu/miami-magazine/spring2007/featurestory2.html> > Acesso em: 27 set. 2008.
- [36] LEAPE, L., LAWTHERS, A.G., BRENNAN, T.A. et al.. “Preventing Medical Injury”. *Qual Rev Bull.* 19(5):144–149, 1993. Disponível em: < <http://journals.lww.com/academicmedicine/toc/2003/08000>> Acesso em: 03 dez. 2008.
- [37] SHAPING THE FUTURE FOR HEALTH. *To Err is Human: Building a Safer Health System*. November 1999.
- [38] KOHN L.T., CORRIGAN, J.M., DONALDSON, M.S.(eds). *To Err Is Human: Building a Safer Health System*. Committee on Quality of Health Care in America, Institute of Medicine ISBN: 0-309-51563-7, 312 pages, 6 x 9, (2000) Disponível em: < <http://www.nap.edu/catalog/9728.html>> Acesso em: 17 abr. 2006.
- [39] DILLON, G.F., BOULET, J.R., HAWKINS, R.E. et al.. “Simulations in the United States Medical Licensing Examination™ (USMLE™)”. *Qual Saf Health Care*;13(Suppl 1):i41–i45. 2004. doi: 10.1136/qshc.2004.010025. Disponível em: < http://qshc.bmj.com/cgi/reprint/13/suppl_1/i41 > Acesso em: 07 nov.2008.
- [40] GARDNER, R., “Simulation and Simulator technology in obstetrics: past, present and future”. *Expert Rev. Obstet. Gynecol.* 2(6), nov. 2007. (doi: 10.1586/17474108.2.6.775). Disponível em: < <http://www.expert-reviews.com/doi/pdf/10.1586/17474108.2.6.775> > Acesso em: 05 jan. 2009.
- [41] GABA, D.M. “The future vision of simulation in health care”. *Qual Saf Health Care* 2004;13(Suppl 1):i2–i10. doi: 10.1136/qshc.2004.009878. Disponível em: < http://qshc.bmj.com/cgi/reprint/13/suppl_1/i2 > Acesso em: 04 fev. 2008.

- [42] WASHINGTON POST JOURNAL. “Medical Errors Costing U.S. Billions”. Wednesday, April 9, 2008 . Disponível em <<http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2008/04/08/AR2008040800957.html> > Acesso em: 07 mai. 2009.
- [43] PENNSTATE HERSHEY- Milton S. Hershey Medical Center. Instructor-driven Simulators Disponível em: <<http://pennstatehershey.org/web/simlab/home/available/ids> > Acesso em: 10 abr. 2009.
- [44] NASCO, Lifeform® Male Catheterization Simulator. Disponível em: <https://www.enasco.com/product/LF00855U?ref=rel_item > Acesso em: 09 abr. 2009.
- [45] GAUMARD Simulators of Health Care Simulations. Brochure of Hal®3000. p.6. Disponível em : <<http://www.gaumard.com/viewproducts.asp?idproduct=129&idcategorie=53> > Acesso em: 01 dez. 2008.
- [46] LAERDAL Patient Simulators. SimMan® Disponível em < <http://www.laerdal.com/document.asp?docid=1022609> > Acesso em 01/12/2008.
- [47] METIman Nursing Factsheet. The World’s First Simulator Built by Nurses. 2009 METI 291-0309. Disponível em: < http://www.meti.com/products_ps_metiman.htm#> Acesso em: 07 mai. 2009.
- [48] EUROPE’S FIRST HUMAN SIMULATOR AT GLAMORGAN, News Centre. June19, 2008. Disponível em: < <http://news.glam.ac.uk/news/en/2008/jun/19/europes-first-human-simulator-glamorgan/> >Acesso em: 07 mai. 2009.
- [49] GAS MAN. The unique computer tool for teaching, simulating and experimenting with anesthesia uptake and distribution. Disponível em: < <http://www.gasmanweb.com/index.html> > Acesso em: 01 dez. 2008.
- [50] ACLS Simulator and Training Software. Code Team – Free Trial Disponível em: < <http://www.madscientistsoftware.com/download.html> > Acesso em: 03 mai. 2009.

- [51] STANFORD MEDICINE. Stanford School of Medicine. Centre for Immersive and Simulation-based Learning. Disponível em:
< http://cisl.stanford.edu/what_is/sim_modalities/phys_trainers.html > Acesso em: 09 abr. 2008.
- [52] GUREWITSCH, E.D., KIM, E.J., YANG, J.H et. al. “Comparing McRoberts’ and Rubin’s maneuvers for initial management of shoulder dystocia: an objective evaluation”. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 192 (1), 153-160, 2005. Disponível em:
< <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajog.2004.05.055> > Acesso em: 26 mar. 2009.
- [53] GARDNER, R., RAEMER, D.B., “Simulation in Obstetrics and Gynecology”. *Obstet Gynecol Clin N Am* 35 (2008) 97–127. Disponível em:
< <http://www.sciencedirect.com/science/article/B75JH-4RYK70D-D/2/7f75a776dffbab57a9bc8805421d1172> > Acesso em: 24 jan. 2008.
- [54] SIMULAIDS. MUSCLEMATE. Disponível em:
< <http://www.simulaids.com/SB40261.htm> > Acesso em 01/09/2007.
- [55] VITALSIM CONTROL UNIT. Laerdal. Disponível em:
< <http://www.laerdal.com/document.asp?docID=3456528> > Acesso em 09/02/2008.
- [56] iStan. Medical Education Technologies. Inc. Brochure. Disponível em:
< http://www.meti.com/products_ps_istan.htm > Acesso em: 09 fev. 2008.
- [57] SOCIETY FOR SIMULATION IN HEALTH CARE. “What is Healthcare Simulation?” Disponível em:
< http://www.ssih.org/public/website_pages/pagr_downloads/What_Is_Healthcare_Simulation. > Acesso em: 21 fev. 2008.
- [58] GELBART, N.R., *The king’s midwife: a history and mystery of Madame du Coudray*. Berkeley and London, University of California Press, 1998, pp. xi, 347, illus. <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1044340>
- [59] MADAME DU COUDRAY’S «MACHINE». Musées em Haute Normandie. Disponível em < http://www.musees-haute-normandie.fr/dossier_imprim.php3?lang=en&idrub=72 > Acesso em: 21 set. 2008.

- [60] DONOGHUE, G.D., “Women’s Health: A Catalyst for Reform of Medical Education”. *Academic Medicine*, vol. 75(11):1046-1047, November 2000. Disponível em < <http://journals.lww.com/academicmedicine/toc/2000/11000> > Acesso em: 19 set. 2007.
- [61] SCHIRMER, J., Formação de recursos humanos versus o direito das mulheres à atenção qualificada na saúde reprodutiva. *Rev. Gaúcha Enferm*, Porto Alegre (RS) 2006 set; 27(3):331-5. Disponível em < <http://www.seer.ufrgs.br/index.php/RevistaGauchadeEnfermagem/issue/view/422> > Acesso em: 25 mar. 2008.
- [62] JUDE, D.C., GILBERT, G.G., MAGRANE, D., “Simulation training in the obstetrics and gynecology clerkship”. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* (2006) 195, 1489–92. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajog.2006.05.003> > Acesso em: 02 mar. 2008.
- [63] HUHN, K.A., BROST, B.C., “Accuracy of simulated cervical dilatation and effacement measurements among practitioners”. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* (2004) 191, 1797–9. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajog.2004.07.062> > Acesso em: 17 out. 2006.
- [64] TUFFNELL, D.J., JOHNSON, N., BRYCE F. et al., “Simulation of Cervical Changes in Labour: Reproducibility of Expert Assessment”. *The Lancet*, November 4, 1989, pg 1089.
- [65] DUPUIS, O., SILVEIRA, R., ZENTNER, A. et al. “Birth Simulator: Reliability of transvaginal assessment of fetal head station as defined by the American College of Obstetricians and Gynecologists classification”. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* (2005) 192, 868–74. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajog.2004.09.028> > Acesso em: 03 nov. 2007.
- [66] WILFORD, A., DOYLE, T.J., “Integrating simulation training into nursing curriculum”. *British Journal of Nursing*, 2006, Vol 15, No 11. Disponível em < http://www.meti.com/mymeti/data_files/downloads/research/Integratingsimulationtraining.pdf > Acesso em: 03 ago. 2009.

- [67] CARVALHO, V.T., CASSIANI, S.H.B., CHIERICATO, C. “Erros mais comuns e fatores de risco na administração de medicamentos em unidades básicas de saúde”. *Rev. latino-am. enfermagem*, Ribeirão Preto, v. 7, n. 5, p. 67-75, dezembro 1999. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/rlae/v7n5/13506.pdf> > Acesso em: 13 nov. 2003.
- [68] COSTA, L.A., VALLI, C., ALVARENGA, A.P., “Medication dispensing errors at a public pediatric hospital”. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*, Ribeirão Preto, v. 16, n. 5, Oct. 2008. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-11692008000500003&lng=en&nrm=iso >. Acesso em: 16 jun. 2009.
- [69] MIASSO, A.I. et al., “Prescription errors in Brazilian hospitals: a multi-centre exploratory survey”. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, Feb. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2009000200009&lng=en&nrm=iso >. Acesso em: 16 June 2009.
- [70] SILVA, A. E., CASSIANI, S.H.D.B., “ Erros de medicação em hospital universitário: tipo, causas, sugestões e providências”. *Rev. bras. enferm.* [online]. 2004, v. 57, n. 6. ISSN 0034-7167. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/reben/v57n6/a07.pdf> >. Acesso em: 02 mar. 2007.
- [71] MIASSO, A.I. et al. “Erros de medicação: tipos, fatores causais e providências tomadas em quatro hospitais brasileiros”. *Rev. esc. enferm. USP*, São Paulo, v. 40, n. 4, Dec. 2006. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0080-62342006000400011&lng=en&nrm=iso - >. Acesso em: 16 mai. 2007.
- [72] MIASSO, A.I. et al. “O processo de preparo e administração de medicamentos: identificação de problemas para propor melhorias e prevenir erros de medicação”. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*, Ribeirão Preto, v. 14, n. 3, June 2006. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-11692006000300008&lng=en&nrm=iso >. Acesso em: 02 Jun. 2008.
- [73] PEDREIRA, M.L.G., MARIN, H.F., “Patient safety initiatives in Brazil: a nursing perspective”. *International Journal of Medical Informatics* (2004) 73, 563—567. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2004.05.001> > Acesso em: 03 fev. 2008.

- [74] LERNER, R.B.M.E., CARVALHO, M. VIEIRA, A.A. et al. “Erros medicamentosos em unidade de terapia intensiva neonatal”. *J. Pediatr. (Rio J.)*, Porto Alegre, v. 84, n. 2, Apr. 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0021-75572008000200013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 13 jan. 2009.
- [75] COSTA, L. A., LOUREIRO, S., OLIVEIRA, M.G., “Errores de medicación de dos hospitales de Brasil”. 1130-6343/2006/30/4/235. *Farmacia Hospitalaria*. Vol. 30. N.º 4, pp. 235-239, 2006.
- [76] SINGH, H., THOMAS, E.J., PETERSEN, L.A. et al. “Medical Errors Involving Trainees- A Study of Closed Malpractice Claims From 5 Insurers”. *Arch/ Intern Med* /vol 167 (NO. 19), OCT 22, 2007. Disponível em <<http://archinte.ama-assn.org/cgi/reprint/167/19/2030.pdf>> Acesso 21 de maio de 2008.
- [77] BITENCOURT, A.G.V. et al., “Análise do erro médico em processos ético-profissionais: implicações na educação médica”. *Rev. bras. educ. med.*, Rio de Janeiro, v. 31, n. 3, Dec. 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-55022007000300004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 11 ago. 2008.
- [78] GOMES, J.C.M., DRUMOND, J.G.F., FRANÇA. G.V., *Erro médico*. 3 ed. Montes Claros, MG: Unimontes; 2001.
- [79] ROSA, M.B. et al., “Erros na prescrição hospitalar de medicamentos potencialmente perigosos”. *Rev. Saúde Pública*, São Paulo, v. 43, n. 3, June 2009. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102009000300013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 02 jun. 2009. Epub Apr 17, 2009.
- [80] CASSIANI, S.H.B., FREIRE, C.C., GIMENES, F.R.E., “A prescrição médica eletrônica em um hospital universitário: falhas de redação e opiniões de usuários”. *Rev. esc. enferm. USP*, São Paulo, v. 37, n. 4, Dec. 2003. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0080-62342003000400006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 jun. 2009.
- [81] MASLOVITZ, S., BARKAI, G., LESSING, J.B et al. “Recurrent obstetric management mistakes identified by simulation”. *Obstetrics & Gynecology*. June 2007, v.109 pp1295–1300. doi: 10.1097/01.AOG.0000265208.16659.c9.

- [82] RODRIGUES, M.A.F., SILVA, W.B., BARBOSA, M.E.N. et al., “An interactive simulation system for training and treatment planning in orthodontics”. *Computers & Graphics* 31 (2007) 688–697]. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1016/j.cag.2007.04.010> > Acesso em: 02 out. 2009.
- [83] SOUZA, D.F.L.; CUNHA, I.L.L.; SOUZA, L.C.; et al. “Development of a VR Simulator for Medical Training Using Free Tools: A Case Study”. In: *Proc. of Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR2007)*, pp. 100-105. SBC. Disponível em <http://www.de.ufpb.br/~labteve/portugues/publicacoes.html> Acesso em: 08 nov. 2008.
- [84] RODRIGUES, M.A.F., SILVA; W.B., BARBOSA, R.G. et al. J-Ortho: An Open-Source Orthodontic Treatment Simulator. Disponível em < andreaia.formico.googlepages.com/mafrodrigues-sac05-orthodontics-heal.pdf > Acesso em 04 dez.2008.
- [85] MACHADO, L.S. *A Realidade Virtual no Modelamento e Simulação de Procedimentos Invasivos em Oncologia Pediátrica: Um Estudo de Caso no Transplante de Medula Óssea*. Tese de D.Sc. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo/USP, São Paulo, SP, Brasil, 2003.
- [86] MONTEIRO, B.S., VALDEK, M.C.O., CUNHA, Í. L. L. et al. “AnatomI 3D: Um Atlas Digital Baseado em Realidade Virtual para Ensino de Medicina”. Disponível em < http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2006_svr1.pdf > Acesso em: 06 abr.2008.
- [87] NOGUEIRA, K.L., *O uso de Técnicas de Realidade Virtual a Aumentada na Simulação de Prótese de Membros Superiores*. Dissertação de M. Sc.. Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. MG, Brasil, Julho 2007.
- [88] MURRAY, C., GRANT M.J., HOWARTH, M.L. et al. “The use of simulation as a teaching and learning approach to support practice learning”. *Nurse Education in Practice* v.08, Issue 1, January 2008. 5-8. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1016/j.nepr.2007.08.001> > Acesso em: 05 mai. 2009.
- [89] JEFFRIES, P.R., “A framework for designing, implementing, and evaluating simulations used as teaching strategies in nursing”. *Nursing Education Perspectives*, 26, 96-103.

- [90] JEFFRIES, P.R., “Technology Trends in Nursing Education: Next Steps”. *J Nurs Educ.* v. 44 no1 January 2005 WN: 0500102224001. Disponível em <<http://www.journalofnursingeducation.com/showFree.asp?thing=34946>> Acesso em: 23 mai. 2007.
- [91] RYSTEDT, H., BERNER, L., “Introducing simulation technologies in nurse education: a nursing practice perspective”. *Nurse Education in Practice* .v. 1, 134–141. 2001
- [92] BRILL, J.M., PARK, Y. “Facilitating Engaged Learning in the Interaction Age Taking a Pedagogically-Disciplined Approach to Innovation with Emergent Technologies”. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*. 2008, Volume 20, Number 1, 70-78. Disponível em <<http://www.isetl.org/ijtlhe/>> Acesso em: 01 jul. 2009.
- [93] CACIQUE, A., “A construção do conhecimento em ambientes virtuais: uma abordagem sobre ambientes interativos de aprendizagem”. Disponível em <http://www.unibh.br/cacique/Mural_artigo_1.html>. Acesso em 09/02/2007
- [94] KOLB, D.A., FRY, R., Toward an applied theory of experiential learning, in C. Cooper (ed.) *Theories of Group Process*, London: John Wiley. 1975.
- [95] PIMENTEL, A., “A teoria da aprendizagem experiencial como alicerce de estudos sobre desenvolvimento profissional”. *Estud. psicol.* (Natal), Natal, v. 12, n. 2, Aug. 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-294X2007000200008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 jun. 2009.
- [96] GABA, D.M., HOWARD, K.S., FISH, K.J. “ Simulation-based training in anesthesia crisis resource management (ACRM): A decade of experience.” *Simulation Gaming.* v.132; 175. 2001. Disponível em <<http://sag.sagepub.com/cgi/content/abstract/32/2/175>> Acesso em: 06 out. 2006.
- [97] KNIGHTS, S., *Reflection and learning: The importance of a listener.* In D. Boud, R. Keogh, & D. Walker (Eds.), *Reflection: Turning experience into learning* (pp. 85-90). London: Kogan Page. 1985.
- [98] JARVIS, P., *Adult Learning in the Social Context*, London: Croom Helm. 220 pages. 1987.
- [99] TENNANT, M., *Psychology and Adult Learning.* 2e, London: Routledge. 1997.

- [100] KOLB, A.Y., KOLB, D.A., “The Learning Way: Meta-cognitive Aspects of Experiential Learning”. *Simulation & Gaming*. Volume 40 Number 3 June 2009 297- 327, 2009 SAGE Publications. DOI: 10.1177/1046878108325713.
Disponível em < <http://sag.sagepub.com/cgi/reprint/40/3/297>> Acesso em 06 abr.2009.
- [101] OLIVEIRA-FORMOSINHO, J., O desenvolvimento profissional das educadoras de infância: entre os saberes e os afetos, entre a sala e o mundo. In Machado, M.L.A. (Org.), *Encontros e desencontros em educação infantil* p. 46 São Paulo: Cortez. 2002.
- [102] GRANLUND, H.M., "Experiential Learning in Computer Based Simulation Training - Experiences from Research on Team Decision Making," vol. 5, pp.52-55, 2008 *International Conference on Computer Science and Software Engineering*, 2008.
- [103] MORGAN, P.J., CLEAVE-HOGG, D., MCILROY, J. et al., “Simulation Technology. A Comparison of Experiential and Visual Learning for Undergraduate Medical Students”. *Anesthesiology*. 96(1):10-16, January 2002.
Disponível em < <http://journals.lww.com/anesthesiology/toc/2002/01000> >
Acesso em: 24 abr. 2008.
- [104] MURPHY, J.G., TORSHER, L.C., DUNN, W.F., “Simulation medicine in intensive care and coronary care education”. *Journal of Critical Care* v.22, 51–55, 2007. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrc.2007.01.003> > Acesso em: 03 jan. 2009.
- [105] Fundação Museu do Homem Americano – Piauí, Brasil. Disponível em:
<http://www.fumdham.org.br/pinturas_rupestres.html> Acesso em: 13 dez.2008.
- [106] EDGERTON, S.Y., “Brunelleschi's mirror, Alberti's window, and Galileo's 'perspective tube’”. *Hist. cienc. saude-Manguinhos*, Rio de Janeiro, 2009 .
Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702006000500010&lng=en&nrm=iso >. Acesso em: 15 jul. 2009.
- [107] BLUNDELL, B.G., *An Introduction to Computer Graphics and Creative 3-D Environments*. Springer-Verlag London, 2008 p.16.
- [108] RÖHRL, B., *History and bibliography of artistic anatomy*. Hildesheim: Georg Olms Verlag, 2000.

- [109] DUNN, P., “Leonardo Da Vinci (1452-1519) and the reproductive anatomy”.
PERINATAL LESSONS FROM THE PAST. *Archives of Disease in Childhood*.
V.77:F249–F251,1997. Disponível em <
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/picrender.fcgi?artid=1720714&blobtype=pdf>
> Acesso em: 30 abr. 2009.
- [110] YOUNT, L., *Virtual reality*. The Lucent library of science and technology. USA.
Thomson Gale, 2005.
- [111] TORI, R., KIRNER, C. Fundamentos de Tecnologia de Realidade Virtual e
Aumentada. Pré-Simpósio *VIII Symposium on Virtual Reality*. Belém – PA, 02 de
Maio de 2006. Disponível em < [www.pcs.usp.br/~interlab/Sumario-Livro-
RV2006.pdf](http://www.pcs.usp.br/~interlab/Sumario-Livro-RV2006.pdf) > Acesso em: 09 set. 2008.
- [112] STAMER, T, MANN S, RHODES B. et al. “Augmented reality through wearable
computing”. *Presence* 6. pp. 386–398, 1997. Disponível em <
[http://www.cc.gatech.edu/~thad/p/journal/augmented-reality-through-wearable-
computing.pdf](http://www.cc.gatech.edu/~thad/p/journal/augmented-reality-through-wearable-computing.pdf) > Acesso em: 02 mar. 2006.
- [113] MILGRAM, P., KISHINO, F., “A Taxonomy of Mixed Reality Virtual Displays”.
IEICE Transactions on Information and Systems v. E77-D, 9, 1321-1329.
September 1994. Disponível em <
http://web.cs.wpi.edu/~gogo/hive/papers/Milgram_IEICE_1994.pdf > Acesso em:
06 ago. 2004.
- [114] AZUMA, R., BAILLOT, Y., BEHRINGER, R., et al. "Recent Advances in
Augmented Reality," *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 21, no. 6,
pp. 34-47, November/December, 2001. Disponível em <
<http://www.cs.unc.edu/~azuma/cga2001.pdf>> Acesso em: 17 jul. 2006.
- [115] AZUMA, R.T., “A Survey of Augmented Reality.” In *Presence: Teleoperators
and Virtual Environments* 6, 4 (August 1997), 355-385. Disponível em <
<http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf> > Acesso em: 04 jan. 2004.
- [116] HALLER, M., BILLINGHURST, M., THOMAS, B., *Emerging Technologies of
Augmented Reality – Interfaces and Design*. Idea Group. 2007, p vii. 399p.
- [117] PIEKARSKI, W., THOMAS, B., ARQuake: the outdoor augmented reality
gaming system. *Commun. ACM* 45, 1 (Jan. 2002), 36-38. Disponível em <
<http://doi.acm.org/10.1145/502269.502291> > Acesso em: 12 jul. 2006.

- [118] WAGNER, D., PINTARIC, T., SCHMALSTIEG, D., Invisible train - A Multiplayer Handheld Augmented Reality Game. Disponível em < http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/invisible_train/ > Acesso em: 31 fev. 2009.
- [119] LIMA, J.P.S.M., NETO, S.P.G., BUENO, M.A.S. et al. “Applications in Engineering Using Augmented Reality Technology”. In: *XXIX Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering*, Maceió, AL, Brasil, Nov. 2008. Disponível em < https://www.gprt.ufpe.br/2009v1/index.php?option=com_content&view=article&id=64&Itemid=75 > Acesso em: 03 mai. 2009.
- [120] CAVALCANTI, A. S., BREYER, F. B., TEIXEIRA, J. M. et al. Um Dispositivo Portátil e Vestível para Aplicações de RA para Suporte à Inspeção Termal de Equipamentos. In: *V Workshop de Realidade Virtual e Aumentada*, Bauru, SP, Brasil, Novembro 2008. Disponível em < https://www.gprt.ufpe.br/2009v1/index.php?option=com_content&view=article&id=64&Itemid=75 > Acesso em: 04 mai. 2009.
- [121] PRIBEANU, C., BALOG, A., IORDACHE, D.D., “Formative user-centered usability evaluation of an augmented reality educational system”. *Proc. of International Conference on Software and Data Technologies – ICSOFT 2008*. pp.65-72, INSTICCPress (2008).
- [122] FENG, Z., DUH, H.B.L., BILLINGHURST, M., “Trends in Augmented Reality Tracking, Interaction and Display: A Review of Ten Years of ISMAR”. *Mixed and Augmented Reality*, 2008. *ISMAR 2008*. 7th IEEE/ACM International Symposium on Volume, Issue, 15-18 Sept. 2008 Page(s):193 - 202 Digital Object Identifier 10.1109/ISMAR.2008.4637362. Disponível em < <http://www.hitlabnz.org/publications/2008-Trend-inAugmentedRealityTrackingInteractionandDisplayAReviewofTenYearsofISMA R.pdf> > Acesso em: 19 mar. 2009.
- [123] AZUMA, R.T., “Tracking Requirements for Augmented Reality”. *Communications of the ACM*, 36(7):50-51, July 1993. Disponível em < <http://doi.acm.org/10.1145/159544.159581> > Acesso em: 14 abr. 2004.

- [124] BAJURA, M. NEUMANN, U. "Dynamic Registration Correction in Video-Based Augmented Reality Systems". *Virtual Reality Annual Symposium Proceedings*. IEEE Computer Graphics&Applications, v.15, n.5.p.52-60.1995. DOI: 10.1109/VRAIS.1995.512495. Disponível em < <http://graphics.usc.edu/cgit/pdf/papers/cga.pdf> > Acesso em: 09 mai. 2006.
- [125] BOMAN, D.K., "International Survey: Virtual-Environment Research," *Computer Reviews*, 28(6): 57-65, 1995, June 1995, doi:10.1109/2.386986. Acesso em: 19 jun. 2006.
- [126] RAPOSO, A.B., SZENBERG , F., GATTASS, M. et al. Visão Estereoscópica, Realidade Virtual, Realidade Aumentada e Colaboração. Tecgraf - Grupo de Tecnologias em Computação Gráfica, Departamento de Informática, PUC-Rio. Disponível em < http://www.tecgraf.puc-rio.br/publications/artigo_2004_visao_estereoscopica_realidade_virtual.pdf > Acesso em: 02 set. 2008.
- [127] BURDEA, G., SASTRY, S.K., COIFFET, P., *Virtual Reality Technology* [with Cdrom] (Hardcover), 2003.
- [128] BIMBER, O. RASKAR, R., "Spatial Augmented Reality: Merging Virtual and Real Worlds". *Siggraph 2007*, San Diego USA. Disponível em < <http://www.uni-weimar.de/medien/ar/SpatialAR/Siggraph07.htm> > Acesso em: 15 mai. 2009.
- [129] ZHOU, H., HU, H., "A Survey-Human Movement Tracking and Stroke Rehabilitation". *Technical Report: CSM-420*, Department of Computer Sciences, University of Essex. Essex, England, Dec. 2004. 32 p. Disponível em < <http://cswww.essex.ac.uk/staff/hhu/Papers/CSM-420.pdf> > Acesso em: 31 mar. 2006.
- [130] SANTOS, P.A. *2D to 3D Geometric Interpolation Algorithm for Marker-based Single camera Tracking*. Master Thesis - Instituto Superior Técnico, Technical University of Lisbon, Lisbon, Portugal, 168 p, 2005.
- [131] SANTOS, P., STORK, A., JORGE, J.A. et al., " PTrack: Introducing a Novel Iterative Geometric Pose Estimation for a Marker-based Single Camera Tracking System". In: *IEEE VIRTUAL REALITY CONFERENCE Proceedings*. Alexandria, USA, 2006. p. 143-150. Disponível em < http://vimmi.inesc-id.pt/publication.php?publication_id=129 > Acesso em: 09 jul. 2008.
- [132] SILVA, R. L.S.S., "Um Modelo de Redes Bayesianas Aplicado a Sistemas de Realidade Aumentada". Tese de D.Sc.. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.

- [133] FIALA, M., “Webtag: A World Wide Internet Based AR System”. *ISMAR '07: Proceedings of the 2007 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality - Volume 00*. November. 2007. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1109/ISMAR.2007.4538858> > Acesso em: 03 out. 2008.
- [134] REKIMOTO, J., AYATSUKA, Y., “CyberCode: Designing Augmented Reality Environments with Visual Tags”. *DARE '00: Proceedings of DARE 2000 on Designing augmented reality environments*.2000.(p1-10). Elsinore, Denmark. Disponível em < <http://doi.acm.org/10.1145/354666.354667> > Acesso em: 28 set. 2007.
- [135] FIALA, M., “ARTag, a Fiducial Marker System Using Digital Techniques”. *Proceedings of the 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05) - Volume 2 - Volume 02*. Pages: 590 - 596, 2005.
- [136] MOLINEROS, J., SHARMA, R., “Real-Time Tracking of Multiple Objects Using Fiducials for Augmented Reality”. *Real-Time Imaging*, Volume 7, Issue 6, December2001, Pages 495-506, ISSN 1077-2014, DOI: 10.1006/rtim.2001.0242. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1006/rtim.2001.0242> > Acesso em: 04 mai. 2009.
- [137] CHO, Y. NEUMANN, U., Multiring Fiducial Systems for Scalable Fiducial-Tracking Augmented Reality. *Presence: Teleoper. Virtual Environ.* 10, 6 (Dec. 2001), 599-612. DOI <<http://dx.doi.org/10.1162/105474601753272853>> Acesso em: 07 jun. 2007.
- [138] NAIMARK, L., FOXLIN, E., “Circular Data Matrix Fiducial System and Robust ImageProcessing for a Wearable Vision-Inertial Self-Tracker”. *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2002)*, Darmstadt, Germany. Disponível em < <http://delivery.acm.org/10.1145/860000/854961/17810027.pdf?key1=854961&key2=1290010521&coll=GUIDE&dl=GUIDE&CFID=47238361&CFTOKEN=32765624> > Acesso em: 01 mar. 2006.

- [139] ABABSA, F., MALLEM, M. , “A Robust Circular Fiducial Detection Technique and Real Time 3D camera Tracking. *Journal of Multimedia*. Vol.3, No.4, October 2008. Disponível em < <http://www.academypublisher.com/jmm/vol03/no04/jmm03043441.pdf> > Acesso em: 04 mai. 2009.
- [140] DICK, A., TORR, P., CIPOLLA, R., “Automatic 3d modelling of architecture”. In *Proc. 11th British Machine Vision Conference (BMVC)*, Bristol (2000), pp. 372-381. Disponível em < <http://www.bmva.ac.uk/bmvc/2000/papers/p38.pdf> > Acesso em: 24 mar. 2004.
- [141] BARTOLI, A., STURM,P., “Structure From Motion Using Lines: Representation, Triangulation and Bundle Adjustment”, *Computer Vision and Image Understanding*. (2005) Vol. 100, pp. 416-441. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1016/j.cviu.2005.06.001> > Acesso em: 19 mar. 2007.
- [142] SZENBERG, F., “Acompanhamento de Cenas com Calibração Automática de Câmeras”, Tese de D.Sc. Departamento de Informática da PUC/Rio de Janeiro, Brasil, 2001.
- [143] STRICKER, D., “Tracking with reference images: a real-time and markerless tracking solution for out-door augmented reality applications”. In *Proceedings of the 2001 Conference on Virtual Reality, Archeology, and Cultural Heritage (Glyfada, Greece, November 28 - 30, 2001)*. VAST '01. ACM, New York, NY, 77-82. Disponível em <<http://doi.acm.org/10.1145/584993.585006> > Acesso em: 05 mai. 2005.
- [144] FUA, P., LEPETIT, V., “Vision Based 3D Tracking and Pose Estimation for Mixed Reality”. In: *Emerging Technologies of Augmented Reality- Interfaces and Design*.
- [145] GUYTON, A.C, HALL, J.E. *Tratado de Fisiologia Médica*. 10ed. Guanabara Koogan. 2002, 973 p.
- [146] BICAS H.E.A., “Fisiologia da visão binocular”. *Arq. Bras. Oftalmol.* [serial on the Internet]. 2004 Feb [cited 2009 Aug 03] ; 67(1): 172-180. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-27492004000100032&lng=en. doi: 10.1590/S0004-27492004000100032 Acesso em: 04 jan. 2009.

- [147] SILVA, J.A. et al., “Acerca da métrica da percepção do espaço visual”. *Arq. Bras. Oftalmol.*, São Paulo, v. 69, n. 1, Feb. 2006 . Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-27492006000100025&lng=en&nrm=iso >. Acesso em: 01 ago. 2008.
- [148] CUNHA, G.G., *Ambiente de Visualização Via Realidade Virtual para Simulação de Sistemas Flutuantes de Produção de Petróleo*. Tese de Doutorado defendida em 2004. Engenharia Civil. Rio de Janeiro, XV, 183 p.
- [149] LEIGH, J., JOHNSON, A., RENAMBOT, L., Chapter 2 Advances in Computer Displays, In: Marvin V. Zelkowitz, Editor(s), *Advances in Computers*, Elsevier, 2009, Volume 77, Pages 57-77, ISSN 0065-2458, ISBN 9780123748126, DOI: 10.1016/S0065-2458(09)01202 < <http://www.sciencedirect.com/science/article/B7RNF-4WCSX6F-5/2/a8f69959fccbd9d5e8a0318b14108604> > Acesso em 14 mar.2009.
- [150] KIYOKAWA, K., An Introduction to Head Mounted Displays in Augmented Reality In: *Emerging Technologies of Augmented Reality- Interfaces and Design*.
- [151] HALLER, M., BILLINGHURST, M., THOMAS, B., Idea Group. 2007, p vii. 399p.
- [152] SHIBATA, T., “Head mounted display”. *Displays* Volume, 23 Issues 1-2, April 2002, pages 57-64. Disponível em < [http://dx.doi.org/10.1016/S0141-9382\(02\)00010-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0141-9382(02)00010-0) > Acesso em: 19 fev. 2006.
- [153] KAZUHIKO, U., AKIRA, K., “Counterroll torsional eye movement in users of head-mounted displays”. *Vision Research*, Volume 39, Issue 25, December 1999, pages 4192-4199. Disponível em < [http://dx.doi.org/10.1016/S0141-9382\(03\)00014-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0141-9382(03)00014-3) > Acesso em: 13 fev. 2007.
- [154] DELGADO-GARCÍA, J. M., “Why move the eyes if we can move the head”. *Brain Research Bulletin*, Vol. 52, No. 6, pp. 475–482, 2000. Disponível em < <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6SYT-414N6S1-4/2/d6375d462bdef936f7b8b04d3a898645> > Acesso em: 17 mai. 2006.

- [155] KIYOKAMA, K., KURATA, Y., OHNO, H., “An Optical See-Through Display for Mutual Occlusion of Real and Virtual Enviroments”. *Augmented Reality, 2000. (ISAR2000). Proceedings. IEEE and ACM International Symposium on Volume, Issue, 2000 Page(s):60 - 67* Digital Object Identifier 10.1109/ISAR.2000.880924. Disponível em <<http://graphics.cs.columbia.edu/courses/mobwear/resources/kiyokawa-isar00.pdf>> Acesso em: 28 mai. 2005.
- [156] BIMBER, O., RASKAR, R., “Modern approaches to augmented reality.” In *ACM SIGGRAPH 2006 Courses* (Boston, Massachusetts, July 30 - August 03, 2006). SIGGRAPH '06. ACM, New York, NY, 1. Disponível em <<http://doi.acm.org/10.1145/1185657.1185796>> Acesso em: 27 abr. 2007.
- [157] CAPIN, T., PULLI, K., AKENINE-MÖLLER, T., “The State of the Art in Mobile Graphics Research”. *IEEE Comput. Graph. Appl.* 28, 4 (Jul. 2008), 74-84. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1109/MCG.2008.83>> Acesso em: 25 mai. 2009.
- [158] BAUDISCH, P., ROSENHOLTZ, R., “Halo: a technique for visualizing off-screenobjects.” In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Ft. Lauderdale, Florida, USA, April 05 - 10, 2003). CHI '03. ACM, New York, NY, 481-488. Disponível em <<http://doi.acm.org/10.1145/642611.642695>> Acesso em: 09 abr. 2009.
- [159] GUSTAFSON, S., BAUDISCH, P., GUTWIN, C. et al. “Wedge: clutter-free visualization of off-screen locations”. In *Proceeding of the Twenty-Sixth Annual SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Florence, Italy, April 05 - 10, 2008). CHI '08. ACM, New York, NY, 787-796. <<http://doi.acm.org/10.1145/1357054.1357179>> Acesso em: 05 jan.2009.
- [160] HENRYSSON, A.,BILLINGHURST, M. 2007. “Using a mobile phone for 6 DOF mesh editing”. In *Proceedings of the 7th ACM SIGCHI New Zealand Chapter's international Conference on Computer-Human interaction: Design Centered HCI* (Hamilton, New Zealand, July 02 - 04, 2007). CHINZ '07, vol. 254. ACM, New York, NY, 9-16. Disponível em <<http://doi.acm.org/10.1145/1278960.1278962>> Acesso em: 08 jun. 2009.
- [161] TREADWAY, C., “Translating experience”. *Interact. Comput.* 21, 1-2 (Jan. 2009), 88-94. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.intcom.2008.10.008>> Acesso em 09 demarço de 2009.

- [162] HORNECKER, E., DÜNSER, A., "Of pages and paddles: Children's expectations and mistaken interactions with physical tools". *Interacting with Computers*. < <http://dx.doi.org/10.1016/j.intcom.2008.10.007> > Acesso em: 01 fev. 2009.
- [163] HITLabNZ. 3D Magicbook display at UC library. Human Interface Technology Laboratory New Zeland. Disponível em < http://www.hitlabnz.org/wiki/3D_Magicbook_display_at_UC_library > Acesso em: 01 ago. 2009.
- [164] SCHMALSTIEQ, D., MENDEZ, E., KALKOFEN, D., Context Sensitive Magic Lenses. Institute for Computer Graphics and Vision. < <http://www.icg.tugraz.at/Members/mendez/html/csml/> > Acesso em: 01 ago. 2009.
- [165] LEE, G.A., BILLINGHURST, M., *Interaction Design for Tangible Augmented Reality Applications*. Disponível em < http://archlab.gmu.edu/people/mkozhevn/liter_hti/lee_kim2000.pdf > Acesso em: 19 dez. 2008.
- [166] SIELHORST, T., *New Methods for Medical Augmented Reality*. Dissertation. Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Informatik der Technischen Universität. Vorsitzende: G.J. Klinker. Prüfer der Dissertation: N. Navab, H. Fuchs. University of North Carolina, Chapel Hill, USA. 25.10.2007 . Disponível em < <http://campar.in.tum.de/Main/TobiasSielhorst> > Acesso em: 03 jun. 2009.
- [167] MARESCAUX, J., RUBINO, F., ARENAS, M. et al. "Augmented Reality-Assisted Laparoscopic Adrenalectomy" . *Jama*, 292(18): 2214-2215. 2004. Doi:10.1001/jama.292/18/2214-b Disponível em < <http://jama.ama-assn.org/cgi/content/full/292/18/2214-b> > Acesso em: 08 jul. 2006.
- [168] SCHARVER, C., EVENHOUSE, R., JOHNSON, A. et al. "Pre-surgical Cranial Implant Design using the PARIS™ Prototype," vr, pp.199, *IEEE Virtual Reality Conference 2004 (VR 2004)*, 2004.
- [169] CARRIJO, R.S., LAMOUNIER Jr, E., CARDOSO, A. et al. SVR2004, São Paulo.

- [170] PATEL, H.R.H., RIBAL, M.J., ARYA, M. et al. "Is it Worth Revisiting Laparoscopic Three-Dimensional Visualization? A Validated Assessment". *Adult Urology* 70:47-49. 2007. doi:10.1016/j.urology.2007.03.014. Disponível em < <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VJW-4P89WX3-J/2/0b8bce1e6aedc5edf367b04858bdc432> > Acesso em : 28 mai. 2009.
- [171] REZENDE, Jorge. *Obstetricia*. 9ª Ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2002. 1513 p.
- [172] SCHIRMER, J., BARBIERI, M., GABRIELLONI, M. C., et al.. *Incentivando o Parto Normal in Enfermagem Obstétrica e Ginecológica – Guia para a prática assistencial* Org. Barros, Sonia Maria de Oliveira, Marin, Heimar de Fátima, Abrão, Ana Cristina Freitas de Vilhena. São Paulo: Roca, 2002.
- [173] CUNNINGHAM, F.G., LEVENO, K.L., BLOOM, S.L. et al., "Chapter 17. Normal Labor and Delivery" (Chapter). Cunningham FG, Leveno KL, Bloom SL, Hauth JC, Gilstrap LC III, Wenstrom KD: *Williams Obstetrics*, 22e: < <http://www.accessmedicine.com/content.aspx?aID=723688> >. Acesso em: 26 abr. 2009.
- [174] Essencials Competencies for Basic Midwifery Practice 2002. International Confederation of Midwives. Disponível em < http://www.internationalmidwives.org/Portals/5/Documentation/Essential%20Compsenglish_2002-JF_2007%20FINAL.pdf > Acesso em: 10 out. 2006.
- [175] BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. Área Técnica de Saúde da Mulher. Comitê de Especialistas em Enfermagem Obstétrica: Diretrizes para elaboração de projetos de cursos de especialização em enfermagem obstétrica. Brasília:Ministério da Saúde, 2004.
- [176] BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº. 569, de 1º de junho de 2000. Institui o Programa de Humanização no Pré-natal e Nascimento, no âmbito do Sistema Único de Saúde. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília. (DF); 2000 Jun 8.
- [177] BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº. 985/GM, de 5 de agosto de 1999. Dispõe sobre Criar o Centro de Parto Normal - CPN, no âmbito do Sistema Único de Saúde/SUS, para o atendimento à mulher no período gravídico-puerperal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília (DF); 1999 Ago 6.

- [178] COSTA, A.A.N.M., “Formação da enfermeira obstetra na Universidade de Pernambuco, Brasil: 35 anos de história”. *Acta paul. enferm.*, São Paulo, v. 21, n. 2, 2008 . Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-21002008000200021&lng=pt&nrm=iso >. Acesso em: 01 ago. 2009.
- [179] MARTINS-COSTA, S., RAMOS, J. G.L., “A questão das cesarianas”. *Rev. Bras. Ginecol. Obstet.*, Rio de Janeiro, v. 27, n. 10, Oct. 2005 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-72032005001000001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 02 de Agosto de 2009.
- [180] MAMEDE, M.V., DOTTO, L.M.G., Oliveira, M. E. et al. Minuta do Concurso para certificação e titulação em Enfermagem Obstétrica e Neonatal pela ABENFO. Disponível em < http://abenfo.redesindical.com.br/arqs/outros/minuta_concurso_certificacao_titulacao.pdf > Acesso em: 04 jul. 2009.
- [181] ALBERT EINSTEIN QUOTES. Disponível em < <http://einstein.biz/quotes> > Acesso em: 25 set.2009.
- [182] LIM, Y.-K., STOLTERMAN, E., TENENBERG, J. 2008. “The anatomy of prototypes: Prototypes as filters, prototypes as manifestations of design ideas.” *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 15, 2, Article 7 (July 2008), 27 pages. Disponível em < <http://doi.acm.org/10.1145/1375761.1375762> > Acesso em: 02 fev.2008.
- [183] PRESSMAN, R.S. *Engenharia de Software*. MC Graw – Hill do Brasil Ltda. 6 ed, 2005.
- [184] ABAWI, D. F., BIENWALD, J., DORNER, R. 2004. “Accuracy in Optical Tracking with Fiducial Markers: An Accuracy Function for ARToolKit”. In *Proceedings of the 3rd IEEE/ACM international Symposium on Mixed and Augmented Reality* (November 02 - 05, 2004). Symposium on Mixed and Augmented Reality. IEEE Computer Society, Washington, DC, 260-261. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1109/ISMAR.2004>> Acesso em 09 set.2007.
- [185] OWEN, C.B. XIAO, F. MIDDLELIN, P., “What is the Best fiducial?”, *Augmented Reality Toolkit, The First IEEE International Workshop*. Volume , Issue , 2002 Page(s): 8 pp. – Disponível em < <http://metlab.cse.msu.edu/tracking-prepared/charles-owen-art02.pdf> > Acesso em: 15 mai. 2006.

- [186] BRASIL, CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. Resolução CNS 196 Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisas envolvendo Seres Humanos. Disponível em < <http://conselho.saude.gov.br/comissao/conep/resolucao.html> > Acesso em: 20 mai. 2009.
- [187] PINSONNEAULT, A., KRAEMER, KL. “Survey Research in Management Information Systems: An Assesment”. *Journal of MIS*, v. 10, n. 2, p. 75-105, 1993.
- [188] COHEN, L., MANION, L., MORRISON, K., *Research Methods in Education*, 6th ed. Routledge Farmer, London. 2008 pp 638.
- [189] BEST, J.W., *Research in Education*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 1970.
- [190] LOBIONDO-WOOD, G., H.J., *Pesquisa em Enfermagem: Métodos, Avaliação Crítica e Utilização*. 4ed, Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, p.143. 2001.
- [191] MCVEIGH, H., “Factors influencing the utilization of e-learning in post-registration nursing students”, *Nurse Education Today*, Volume 29, Issue 1, January 2009, Pages 91-99, ISSN 0260-6917, DOI: 10.1016/j.nedt.2008.07.004. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6WNX-4TCPMY7-1/2/44253a9efccbf7c386d83d952e7246e>> Acesso em: 12 mai. 2009.
- [192] LI-JEN, W., CHUNG-PING, C., “Effects of Response Order on Likert-Type Scales”. *Educational and Psychological Measurement* 60; 908. DOI: 10.1177/00131640021970989, 2000 Disponível em <<http://epm.sagepub.com/cgi/reprint/60/6/908>> Acesso em: 03 fev. 2009.
- [193] PRIBEANU, C., IORDACHE, D.D. “Evaluating the motivational value of an Augmented Reality System for Learning Chemistry”. *HCI and Usability for Education and Work*, Volume 5298, , 31-42. DOI 10.1007/978-3-540-89350-9_3, 2008.
- [194] BALOG A., PRIBEANU C., IORDACHE, D.D. “Augmented Reality in Schools: Preliminary Evaluation Results from a Summer School”. *PROCEEDINGS OF WORLD ACADEMY OF SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY*. Volume 24 october. Waset 2007. Disponível em<<http://www.waset.org/pwaset/v24/v24-21.pdf>> Acesso em: 14 abr. 2009.
- [195] NOKELAINEN, P. “An empirical assessment of pedagogical usability criteria for digital learning material with elementary school students”. *Educational Technology & Society*, 9 (2), pp178-197, 2006.

- [196] NIELSEN, J. Usability Engineering. Academic Press. 1993.
- [197] SILIUS, K., TERVAKARI, AM. “The usefulness of web-based learning environments. The Evaluation Tool into the Portal of Finnish Virtual University”. *International Conference on Network Universities and e-Learning*. 8-9 May 2003. Valencia. Spain.

ANEXO 1 - INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

O presente instrumento foi construído levando em consideração 05 categorias: dados de identificação do validador, ergonomia, usabilidade da aplicação, percepção de uso, atitudes para com o sistema e intenção de uso.

Após a identificação serão respondidas 05 questões de ergonomia (item 1-5), 09 questões de usabilidade da aplicação (item 6-14), 03 questões de percepção de uso (item 15-17), 03 questões de atitudes para com o sistema (item 18-20) e 03 questões de intenção de uso (item 21-23) e duas questões abertas.

ERGONOMIA	1	Ajustar-se ao uso do dispositivo de <i>Video see-through</i> é fácil
	2	Ajustar-se ao uso do <i>Tablet PC</i> é fácil
	3	O ambiente de uso do protótipo é confortável
	4	Observa-se através dos óculos com nitidez
	5	Os dispositivos de interação 2D são de fácil manuseio
USABILIDADE DA APLICAÇÃO	6	Compreender como manusear o sistema é fácil
	7	A superposição entre a projeção e o objeto real é equilibrada

USABILIDADE DA APLICAÇÃO (Continuação)	8	Aprender como manusear o protótipo é fácil
	9	Relembrar como manusear o protótipo é fácil
	10	Compreender as explicações para manuseio do protótipo é fácil
	11	Ler a informação na tela é fácil
	12	Selecionar o item do menu é fácil
	13	Ajustar a transparência é fácil
	14	Os efeitos das ações têm fácil visibilidade
PERCEPÇÃO DE USO	15	A utilização do protótipo oferece suporte para explorar com mais realismo o mecanismo do parto
	16	Permite o ensino a partir da experiência.
	17	A composição da cena é adequada para representar o mecanismo de parto
ATITUDES PARA COM O SISTEMA	18	O sistema torna o processo ensino-aprendizagem mais interessante
	19	A experiência de interagir com os objetos reais e virtuais é muito boa e enriquecedora
	20	O desempenho da simulação é cativante

INTENÇÃO DE USO	21	Eu gostaria de ter este sistema na minha instituição de trabalho
	22	Eu tenho a intenção de usar este sistema no processo ensino-aprendizagem
	23	Eu vou recomendar a outros colegas que o utilizem

INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Este instrumento é composto de três partes: a identificação, um questionário fechado com 23 itens e duas perguntas abertas. Preencha com cuidado e legibilidade.

1. Identificação

Idade:		Sexo:	
Experiência com simulações com auxílio de computador (Sublinhe abaixo a opção que corresponde ao seu padrão de experiência):			
Ausente:	Média:	Avançada:	

Padrão Ausente: nenhuma experiência com simulações computadorizadas

Padrão Médio: experiência com simulações web

Padrão Avançada: Experiência com simulações web e algumas simulações em Realidade Virtual e/ou Aumentada

2. Questionário

Marque com X em cada critério (linha), na coluna correspondente a seu grau de concordância ou discordância (1, 2, 3, 4, 5).

1(discordo fortemente), 2(discordo), 3(indeciso), 4(concordo), 5(concordo fortemente).

	1	2	3	4	5
Ajustar-se ao uso do dispositivo de <i>Video see-through</i> é fácil					
Ajustar-se ao uso do <i>Tablet PC</i> é fácil					
O ambiente de uso do protótipo é confortável					
Observa-se através dos óculos com nitidez					
Os dispositivos de interação 2D são de fácil manuseio					
Compreender como manusear o sistema é fácil					
A superposição entre a projeção e o objeto real é equilibrada					
Aprender como manusear o protótipo é fácil					
Relembrar como manusear o protótipo é fácil					
Compreender as explicações para manuseio do protótipo é fácil					
Ler a informação na tela é fácil					
Selecionar o item de menu é fácil					
Ajustar a transparência é fácil					
Os efeitos das ações selecionadas são de fácil visibilidade					
A utilização do protótipo oferece suporte para explorar com mais realismo o mecanismo do parto.					
Permite o ensino a partir da experiência.					
A composição da cena é adequada para representar o mecanismo de parto					
O protótipo torna o processo ensino-aprendizagem mais interessante					
A experiência de interagir com os objetos reais e virtuais é muito boa e					
O desempenho da simulação é cativante					
Eu gostaria de ter este sistema na minha instituição de trabalho					
Eu tenho a intenção de usar este sistema no processo ensino-aprendizagem					
Eu vou recomendar a outros colegas que o utilizem					

3. Cite:

03(três) aspectos positivos do protótipo:
a.
b.
c.

03(três) aspectos negativos do protótipo:
a.
b.
c.

ANEXO 2 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Caro (a) Professor (a)

Você está sendo convidado (a) para participar da pesquisa **Protótipo de Visualização em Realidade Aumentada no contexto obstétrico – Mecanismo do Trabalho de parto em apresentações de vértice.**

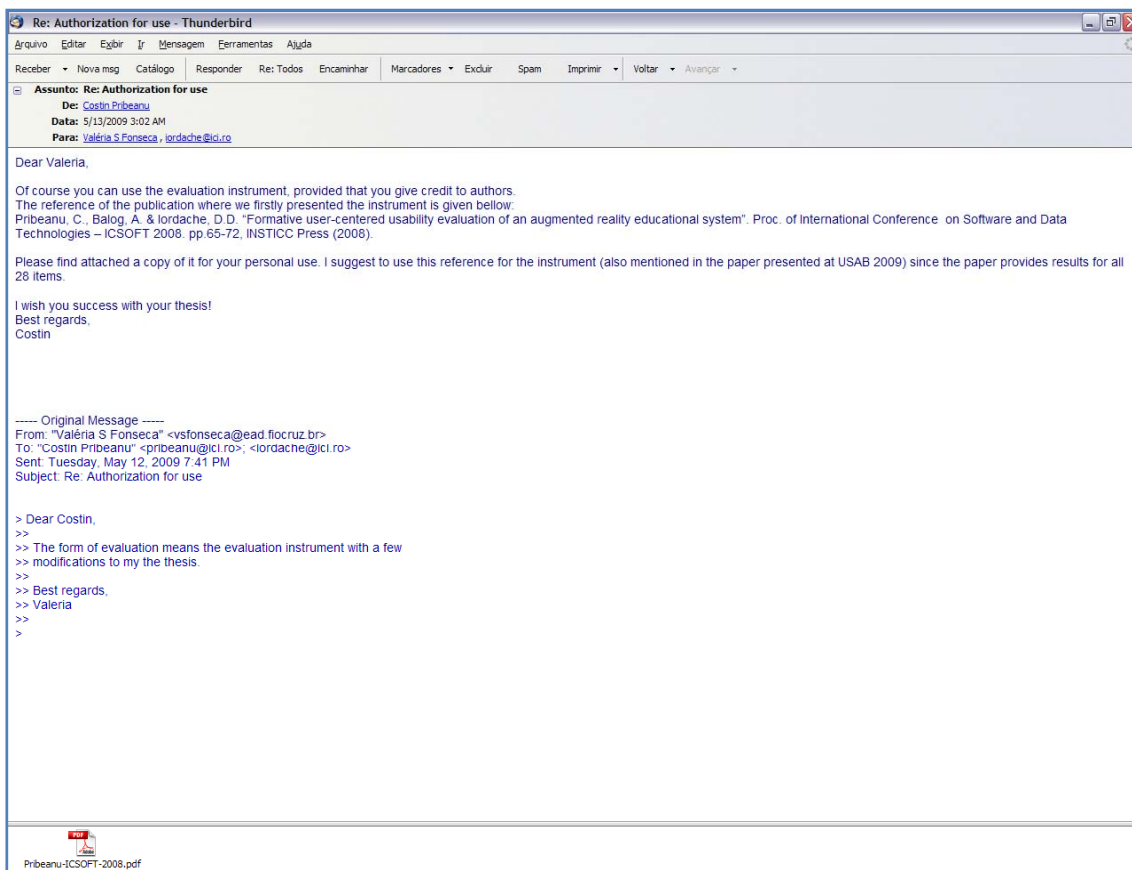
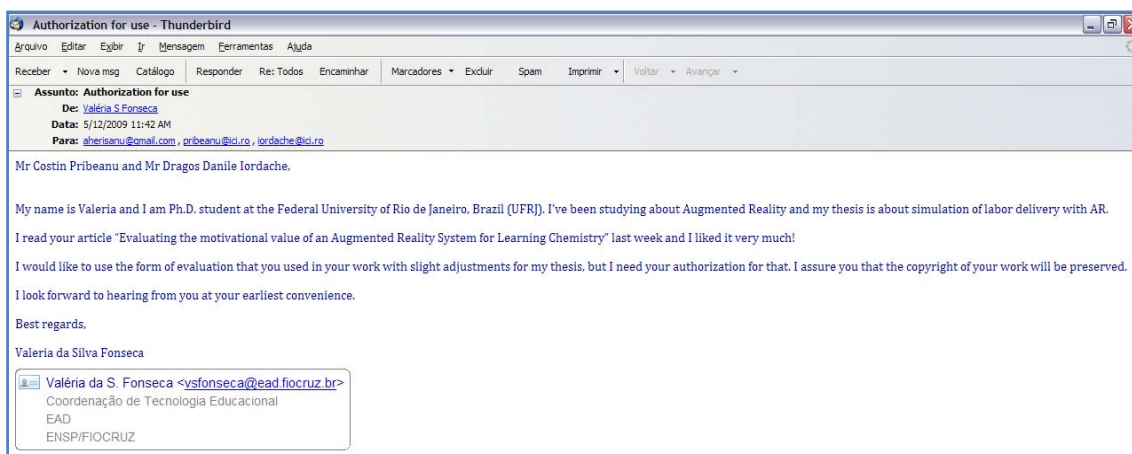
Como pesquisadora da (instituição), solicito a você que participe desta pesquisa que estou desenvolvendo.

Você foi selecionado (a) através do método de amostra por conveniência e sua participação não é obrigatória. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com a pesquisadora ou com a instituição na qual está sendo desenvolvida a pesquisa. O objetivo desta pesquisa é:

- Avaliar um protótipo de Visualização 3D do mecanismo de parto;
- Identificar a compatibilidade do modelo gerado com os requisitos de ensino, ergonomia e usabilidade técnica e pedagógica.

Sua participação como voluntário (a) nesta pesquisa, consistirá em participar do teste na qualidade de usuário, e emitir uma avaliação do protótipo segundo formulário próprio e com base no seu conhecimento sobre o mecanismo do trabalho de parto e os recursos didático-pedagógicos que vem utilizando para o ensino deste evento. Antes de participar, você receberá instruções claras e objetivas sobre o seu funcionamento e lógica de utilização, de forma a compreender claramente como deve utilizar. Será apresentado aos dispositivos de interação e visualização que utilizará na

ANEXO 3 - AUTORIZAÇÃO PARA USO DE INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS



Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)