

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ  
ESCOLA POLITÉCNICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS - PPGEPS**

**MARIA LUCIA MIYAKE OKUMURA**

**A ENGENHARIA SIMULTÂNEA APLICADA AO PROJETO DE  
DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTOS INCLUSIVOS:  
UMA PROPOSTA DE FRAMEWORK CONCEITUAL**

**CURITIBA  
2012**

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ  
ESCOLA POLITÉCNICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS - PPGEPS**

**MARIA LUCIA MIYAKE OKUMURA**

**A ENGENHARIA SIMULTÂNEA APLICADA AO PROJETO DE  
DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTOS INCLUSIVOS:  
UMA PROPOSTA DE FRAMEWORK CONCEITUAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Orientador: Prof. Osiris Canciglieri Junior, Ph.D.  
Coorientador: Prof. Marcelo Rudek, Dr.

**CURITIBA  
2012**

Dados da Catalogação na Publicação  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR  
Biblioteca Central

O41e  
2012

Okumura, Maria Lucia Miyake  
A engenharia simultânea aplicada ao projeto de desenvolvimento integrado de produtos inclusivos : uma proposta de framework conceitual / Maria Lucia Miyake Okumura ; orientador: Osiris Canciglieri Junior ; coorientador: Marcelo Rudek. – 2012.  
176 f. : il. 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2012  
Bibliografia: f. 162-176

1. Produtos novos - Desenvolvimento. 2. Acessibilidade. 3. Tecnologia assistiva. 4. Pessoas com deficiência. 5. Engenharia simultânea. I. Canciglieri Junior, Osiris. II. Rudek, Marcelo. III. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. IV. Título.

CDD 20. ed. – 658.575



Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia

## TERMO DE APROVAÇÃO

**MARIA LUCIA MIYAKE OKUMURA**

### **A ENGENHARIA SIMULTÂNEA APLICADA AO PROJETO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTOS INCLUSIVOS: UMA PROPOSTA DE FRAMEWORK CONCEITUAL.**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Osfris Cancigheri Júnior (PUCPR)  
Orientador

Prof. Dr. Marcelo Rudek (PUCPR)  
Membro Interno

Prof. Dr. Angelo Marcelo Oliveira Sant'Anna (PUCPR)  
Membro Interno

Prof. Dr. Flávio José Arns (Vice-Governadoria do Estado do Paraná e SEED/PR)  
Membro Externo

Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza (UNESP)  
Membro Externo

**Curitiba, 29 de março de 2012.**

*Dedico a minha pesquisa  
ao meu esposo Jorge Okumura e  
aos nossos filhos:  
Lucas e Iris.*

*Escutemos o nosso Eu profundo e auscultemos o chamado interior de nossa natureza e permitamos que o que lá se esconde, irrompa, se abra e desabroche totalmente. Esse evento bem-aventurado só se faz possível se nos sentirmos conectados com todos os seres, vivenciarmos, a partir do coração, o fato de que somos verdadeiramente irmãos e irmãs uns dos outros e que nos respeitamos, e nos veneramos e nos amamos assim como somos, botões que só tem sentido porque podem e querem ser como as flores e as rosas que despertam do sono e celebram com sua esplêndida beleza e o milagre da existência. Nascemos para desabrochar, para sorrir e para revelarmos uns aos outros a nossa irradiante beleza.*

(LEONARDO BOFF, “Florescer”, 2012)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram para realizar a minha pesquisa, sejam no momento de incentivo ou de colaboração. Em especial, meus sinceros agradecimentos:

- a Deus, meu Senhor, minha esperança, meu caminho;
- ao Jorge, meu companheiro de todos os momentos;
- ao Lucas e a Iris, meus queridos filhos, pelo apoio, pela tradução em inglês, pela paciência e compreensão da minha ausência;
- ao Professor Osiris Canciglieri Jr., meu orientador muito mestre e amigo, por expandir o horizonte da minha pesquisa, pela atenção exclusiva mesmo nos momentos mais complexos, e pelas palavras acolhedoras e incentivadoras que moveram para o meu crescimento no mundo acadêmico, e, sobretudo preencheram novos valores da vida;
- aos meus familiares Susumu, Fusako, Sueli, Julia, Hélio, Raul, Marina, Mikie, Akira, Miguel, Fábio, Carol e Gabi pelo carinho e incentivo;
- a Rosana, pela amizade e apoio, pela presteza sempre com sorriso estendendo a mão nas correções e traduções dos trabalhos;
- ao Professor e Coorientador Marcelo Rudek, Professor Ângelo Sant'Anna e Professor Teófilo M. Souza pela atenção, sugestões e contribuições valiosas;
- ao Professor Flávio Arns por disponibilizar seu tempo precioso atendendo em participar na minha banca de defesa e pela contribuição para dar a continuidade da pesquisa;
- a Ana e família Baruel pela amizade, apoio desde o início do pré-projeto e carinho;
- aos Professores Paulo Ricardo Ross e Aurélio Charão, pela amizade, pelo incentivo, por clarear a valorização individual e a essência das mesmas oportunidades na diversidade humana, e por nortear os possíveis caminhos para inclusão social;
- aos amigos e alunos com deficiência visual, minha inspiração;
- aos alunos de Iniciação Científica pela experiência e por compartilhar as suas pesquisas;
- aos professores e colegas do PPGEPS e do CCET, hoje Escola Politécnica;
- as Instituições Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro;
- aos amigos Flávio Hermany, Leomir Bill, Clodoaldo Oliveira, família Kawashima, Leondeniz Candido, Lylia Akurt, João Cascaes e Alzer Augusto dos Santos pelas dicas preciosas e carinho;
- e, ao final, à minha mãe, Emiko Miyake (*in memoriam*), quem me orientou para o caminho dos estudos e jamais parar com palavras sábias e serenas.

## RESUMO

A área de desenvolvimento de produto é fundamental para estar presente e integrada no mercado globalizado, pois busca alternativas estratégicas, desvendando inovações de recursos, métodos e tecnologias. Em vista do aumento absoluto e relativo da população idosa para os próximos anos, o processo de desenvolvimento integrado de produto proporciona proveito tornando-se um forte aliado para concepção de produtos inclusivos, ou seja, na área que envolve o atendimento às pessoas com necessidades especiais, no caso pessoas com deficiência, idosa ou com mobilidade reduzida. Desta forma, desperta o desafio de identificar as barreiras deste grupo e as especificidades dos usuários, cujas informações possibilitam configurar e elaborar projetos de produto baseados na tecnologia assistiva. O objetivo desta pesquisa é delinear o processo de desenvolvimento integrado de produtos no ambiente da engenharia simultânea para orientar um projeto que atenda o maior número possível de usuários. Apresenta-se uma proposta de framework conceitual e a validação empregando estudos de casos múltiplos, compreendendo projetos de produtos de uso: personalizado, individualizado, em grupo e em grupo na diversidade.

Palavras-chave: Desenvolvimento de produto. Engenharia simultânea. Produto inclusivo. Tecnologia assistiva. Pessoas com necessidades especiais.

## **ABSTRACT**

The area of product development is essential to be part of the globalized market, because it seeks for strategic alternatives, by innovating in resources, methods and technologies investigations. Due to the absolute and relative increase of the elderly population in the next few years, the process of integrated product development becomes a powerful ally for the conception of inclusive products. This process covers the area of people with special needs, such as people with disabilities, elders or people with reduced mobility. Therefore, there is an awakening challenge which is to identify those barriers on this group of people of such specificities to enable the configuration and elaboration of products' projects based on assistive technology. The objective of this research is to outline the process of integrated product development in the simultaneous engineering environment to orientate a project which serves the higher number of users. It is presented a conceptual framework proposition and its respective validation with multiple study cases about personalized, individualized, group and group in diversity products' projects.

**Keywords:** Product development. Simultaneous engineering. Inclusive product. Assistive technology. People with special needs.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Metodologia da Pesquisa .....	22
Figura 2	- O processo de desenvolvimento de produtos envolve o processo de planejamento estratégico e acompanha o processo de produção .....	26
Figura 3	- Engenharia Sequencial e Simultânea .....	32
Figura 4	- Modelo integrado para o projeto do produto .....	35
Figura 5	- Visão geral do modelo referência .....	36
Figura 6	- Representação gráfica genérica do modelo de referência .....	37
Figura 7	- Representação gráfica do modelo do processo de desenvolvimento integrado de produtos – PRODIP .....	38
Figura 8	- Modelo de gerenciamento do processo de projeto .....	40
Figura 9	- Fluxograma da fase de projeto informacional .....	41
Figura 10	- Fluxograma da fase de projeto conceitual .....	43
Figura 11	- Fluxograma da fase de projeto preliminar .....	47
Figura 12	- Fluxograma da fase de projeto detalhado .....	48
Figura 13	- Estrutura de Usabilidade .....	53
Figura 14	- Interdisciplinaridade da Ergonomia .....	57
Figura 15	- Proposta de Framework Conceitual .....	85
Figura 16	- Interdisciplinaridade da Ergonomia no projeto inclusivo .....	90
Figura 17	- Método e Condução do Estudo de Caso .....	93
Figura 18	- Desenho representando a evolução da prótese .....	98
Figura 19	- Desenho de prótese de perna do século XVI de Ambroise Paré .....	99
Figura 20	- Prótese de membro inferior – perna .....	99
Figura 21	- Tipos de órteses .....	100
Figura 22	- Sistema 3D Doctor .....	103
Figura 23	- Visão geral do método para modelagem de prótese.....	105
Figura 24	- Ajuste por meio de elipse para preencher o local a ser reparado .....	106
Figura 25	- Aplicação do Algoritmo Genético para encontrar a melhor elipse.....	107
Figura 26	- Construção da peça óssea com a melhor solução .....	107
Figura 27	- Superfície do crânio em 3D reconstruído com prótese ajustado .....	107
Figura 28	- Leitura tátil do Sistema Braille .....	113
Figura 29	- Impressora Braille com velocidade 1,2 mil páginas/hora.....	114
Figura 30	- Aparelhos celulares orientados para pessoas com deficiência visual e	

	diversos tipos de tecla do aparelho celular disponibilizado no mercado	115
Figura 31	- Aparelho celular com aplicativo Talks .....	117
Figura 32	- Aparelho Celular e captura do código QR.....	118
Figura 33	- Gerador de código QR .....	119
Figura 34	- Programa leitor de código QR disponível .....	119
Figura 35	- Protótipo do Cardápio inclusivo .....	120
Figura 36	- Codificação do Código QR em texto normal, ampliado e cor invertida..	121
Figura 37	- Quadra Oficial de Goalball .....	128
Figura 38	- Posição de lançamento de bola pelos paraatletas de goalball .....	128
Figura 39	- Posição dos paraatletas de goalball defender a bola – feminino .....	129
Figura 40	- Posição dos paraatletas de goalball defender a bola – masculino .....	129
Figura 41	- Marcas em relevo na quadra de goalball.....	130
Figura 42	- Domínio da bola no jogo de futebol de cinco de cegos .....	130
Figura 43	- Foto da bola de goalball .....	131
Figura 44	- Foto da bola de futebol .....	132
Figura 45	- Protótipo da bola para atividade aquática .....	133
Figura 46	- Relação da Física com as áreas de conhecimento .....	137
Figura 47	- Problematização do processo para recepção de informação .....	139
Figura 48	- Impressão na chapa em Braille .....	140
Figura 49	- Material pedagógico multiplano.....	142
Figura 50	- Reglete de bolso e mesa .....	145
Figura 51	- Capa do livro Audiodescrição .....	147
Figura 52	- Gráfico de uma função de 2º grau .....	149
Figura 53	- Questão de Física do Enem de 2003.....	150
Figura 54	- Questão de Física com adaptações .....	151
Figura 55	- Notação dos símbolos matemáticos em Braille da questão abordada.....	152
Figura 56	- A força de atravessar materiais das radiações.....	152
Figura 57	- Protótipo descrição de imagem .....	153
Gráfico 1	- Composição etária da população com pelo menos uma deficiência e Proporção de pessoas com pelo menos uma das deficiências investigadas por idade no Brasil no ano de 2000 .....	74
Gráfico 2	- Composição da população residente, por sexo, segundo os grupos de idade no Brasil- entre os anos de 1999 a 2009.....	75

Gráfico 3	- Estimativas e projeção da esperança de vida ao nascer – Brasil 1940/2100	75
Gráfico 4	- Percentual das pessoas que tinham telefone móvel celular para uso pessoal na população de 10 anos ou mais de idade, por Regiões Metropolitanas – 2005	111
Quadro 1	- Fases do processo de desenvolvimento de produtos segundo a visão de diversos autores	27
Quadro 2	- Metodologias de Projeto	29
Quadro 3	- Estrutura detalhada do modelo NeDIP/UFSC do projeto informacional	42
Quadro 4	- Métodos e Ferramenta para criatividade e inovação	45
Quadro 5	- Componente da Usabilidade	52
Quadro 6	- Construção de ambiente e objetos em países desenvolvidos	60
Quadro 7	- Classificação dos recursos da Tecnologia Assistiva	62
Quadro 8	- Trajetória dos termos utilizados ao longo da história às PcD no Brasil	69
Quadro 9	- Proporção de pessoas com deficiência em diversos países	72
Quadro 10	- Resultado preliminar da amostra do Censo demográfico de 2010 por tipo de deficiência	73
Quadro 11	- Processo de envelhecimento	77
Quadro 12	- Táticas do estudo de caso para quatro testes de projeto	81
Quadro 13	- Estruturas ilustrativas para a composição dos estudos de casos	83
Quadro 14	- Perfil das pessoas com deficiência visual para aplicação da pesquisa	122

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	- Três dimensões
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADA	- American with Disabilities Act
ADEVIPAR	- Associação de Deficientes Visuais do Paraná
ANSI	- American National Standard Institute
APEC	- Associação Promotora de Estudos de Cegos
ATACP	- Programa de Certificação em Aplicações da Tecnologia Assistiva
BV	- Pessoa com Baixa Visão
CAD	- Computer Aided Design
CAE	- Computer Aided Engineering
CAM	- Computer Aided Manufacturing
CAP	- Centro de Apoio Pedagógico
CAT	- Comitê de Ajudas Técnicas
CBDC	- Confederação Brasileira de Desportos para Cegos
CD	- Compact Disc
CE	- Concurrent Engineering
CEN	- European Committee for Standardization
CENELEC	- European Committee for Electrotechnical Standardization
CMU	- Código Matemático Unificado
CNAT	- Catálogo Nacional de Ajudas Técnicas de Portugal
CORDE	- Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência
DFA	- Design for Assembly
DFC	- Design for Cost/Profit
DFE	- Design for Environment
DFLC	- Design for Life Cycle
DFM	- Design for Manufacturing
DFQ	- Design for Quality
DFR	- Design for Reliability
DFS	- Design for Safety/Liability
DICOM	- Digital Imaging Communications on Medicine (Comunicação por imagem digital na medicina)
DV	- Deficiência Visual
ES	- Engenharia Simultânea
FDN	- Fundação Dorina Nowill para Cegos
FEBRABAN	- Federação Brasileira de Bancos
FMEA	- Failure Mode and Effect Analysis
GA	- Genetic Algorithm
HCI	- Human-Computer Interaction
HS	- Harmony Search
IBC	- Instituto Benjamin Constant
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBSA	- International Blind Sports Federation

IEA	- International Ergonomics Association
IPEA	- Instituto de Pesquisas Econômica Aplicada
ISO	- International Organization for Standardization
ITS	- Instituto de Tecnologia Social
MEC	- Ministério da Educação e Cultura
MESCRAI	- Modifique, Elimine, Substitua, Combine, Rearranje, Adapte, Inverta
NBR	- Normas Técnicas Brasileira
NVDA	- NonVisual Desktop Access
OCR	- Optical Character Recognition
OMS	- Organização Mundial de Saúde
ONU	- Organização das Nações Unidas
PcD	- Pessoa com Deficiência
PcDV	- Pessoa com Deficiência Visual
PDIP	- Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos
PDP	- Processo de Desenvolvimento de Produto
PMBOK	- Project Management Body of Knowledge
PMI	- Project Management Institute
PNAD	- Pesquisa Nacional por Amostragem por Domicílio
PNE	- Pessoas com necessidades especiais
PSO	- Particle Swarm Optimization
QFD	- Quality Function Deployment
QR-Code	- Code Bar Quick Response
SACI	- Solidariedade, Apoio, Comunicação e Informação (Rede SACI/USP)
SEDH	- Secretaria Especial de Direitos Humanos
SEED-SP	- Secretaria Municipal da Pessoa com Deficiência e Mobilidade Reduzida de São Paulo
SHRBSJF	- Sindicato de Hotéis, Restaurantes, Bares e Similares de Juiz de Fora e 114 Municípios de Minas Gerais
SINDOTEL	- Sindicato de hotéis, restaurantes, bares e similares de Curitiba
SEESP	- Secretaria de Educação Especial
TA	- Tecnologia Assistiva
TIC	- Tecnologias de Informação e de Comunicação
TRIZ	- Theory Rechenia Izobretatelskih Zadatchi (Teoria da Solução Inventiva de Problemas)
UNICEF	- Fundo das Nações Unidas para a Infância
UNIT	- Norma Técnica Internacional
USB	- Universal Serial Bus
WEBAIM	- Web Accebility in Mind
WHO	- World Health Organization

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	16
1.2 MOTIVAÇÃO.....	19
1.3 JUSTIFICATIVA.....	20
1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	21
1.5 OBJETIVO GERAL.....	22
1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	23
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>25</b>
2.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO.....	25
<b>2.1.1 Escolha de ferramenta de Desenvolvimento de Produto .....</b>	<b>27</b>
<b>2.1.2 Definição de Projeto .....</b>	<b>28</b>
<b>2.1.3 Engenharia Simultânea.....</b>	<b>31</b>
<b>2.1.4 Desenvolvimento de Projeto Integrado de Produtos.....</b>	<b>33</b>
2.1.4.1 Modelo de Desenvolvimento Integrado de Produtos .....	36
2.1.4.2 Fase: Planejamento do Projeto .....	38
2.1.4.3 Fase: Projeto Informacional .....	40
2.1.4.4 Fase: Projeto Conceitual.....	43
2.1.4.5 Fase: Projeto Preliminar .....	46
2.1.4.6 Fase: Projeto Detalhado.....	48
<b>2.1.5 Projeto Orientado para a Montagem – DFA .....</b>	<b>49</b>
<b>2.1.6 Usabilidade.....</b>	<b>51</b>
<b>2.1.7 Ergonomia do Produto.....</b>	<b>54</b>
2.2 TECNOLOGIA ASSISTIVA.....	59
<b>2.2.1 Acessibilidade.....</b>	<b>63</b>
<b>2.2.2 Desenho Universal .....</b>	<b>65</b>
2.3 PESSOAS COM NECESSIDADES ESPECIAIS.....	68
<b>2.3.1 Pessoas com deficiência: Trajetória e Terminologia sobre deficiência .....</b>	<b>69</b>
<b>2.3.2 Estatística de pessoas com deficiência e pessoas idosas.....</b>	<b>72</b>
<b>2.3.3 Processo de Envelhecimento .....</b>	<b>76</b>
<b>2.3.4 Tipos de Deficiências .....</b>	<b>77</b>
<b>2.3.5 Inclusão Social: pessoas com deficiência e pessoas idosas .....</b>	<b>78</b>
2.4 METODOLOGIA CIENTÍFICA ESTUDO DE CASO.....	79
<b>3 PROPOSTA DO FRAMEWORK CONCEITUAL .....</b>	<b>85</b>
3.1 DEFINIÇÃO DA PROPOSTA DO FRAMEWORK CONCEITUAL.....	85
<b>3.1.1 Planejamento do Projeto.....</b>	<b>87</b>
<b>3.1.2 Elaboração do Projeto do Produto .....</b>	<b>88</b>
<b>3.1.3 Implementação.....</b>	<b>91</b>

3.2 VALIDAÇÃO DA PROPOSTA DO FRAMEWORK CONCEITUAL.....	92
<b>4 APLICAÇÃO DA PROPOSTA DE FRAMEWORK ATRAVÉS DE ESTUDOS DE CASOS MÚLTIPLOS.....</b>	<b>94</b>
4.1 ESTUDO DE CASO: PRÓTESE -UM PROJETO DE PRODUTO PERSONALIZADO	95
<b>4.1.1 Planejamento do Projeto de Produto para caso personalizado.....</b>	<b>96</b>
<b>4.1.2 Elaboração do Projeto de Produto para caso personalizado de prótese .....</b>	<b>97</b>
4.1.2.1 Projeto Informacional para caso personalizado.....	97
4.1.2.2 Projeto Conceitual para caso personalizado .....	101
4.1.2.3 Projeto Preliminar para caso personalizado.....	105
4.1.2.4 Projeto Detalhado para caso personalizado .....	106
<b>4.1.3 Implementação para caso personalizado de prótese .....</b>	<b>108</b>
<b>4.1.4 Discussão dos Resultados Obtidos para caso personalizado .....</b>	<b>108</b>
4.2 ESTUDO DE CASO: TECNOLOGIA DE COMUNICAÇÃO E INTERAÇÃO, UM PROJETO DE PRODUTO INDIVIDUALIZADO.....	109
<b>4.2.1 Planejamento do Projeto de Produto para caso individual do cardápio de pizzaria .....</b>	<b>110</b>
<b>4.2.2 Elaboração do Projeto de Produto para caso individual do cardápio de pizzaria .....</b>	<b>113</b>
4.2.2.1 Projeto Informacional para caso individual.....	113
4.2.2.2 Projeto Conceitual para caso individual .....	116
4.2.2.3 Projeto Preliminar para caso individual .....	118
4.2.2.4 Projeto Detalhado para caso individual.....	120
<b>4.2.3 Implementação para caso individual do cardápio de pizzaria.....</b>	<b>121</b>
<b>4.2.4 Discussão dos resultados obtidos para caso individual.....</b>	<b>123</b>
4.3 ESTUDO DE CASO: ESPORTE EM EQUIPE DE PARAATLETAS, UM PROJETO DE PRODUTO PARA USO EM GRUPO .....	124
<b>4.3.1 Planejamento do Projeto de Produto para caso em grupo de bola aquática .</b>	<b>125</b>
<b>4.3.2 Elaboração do Projeto de Produto para caso em grupo de bola aquática .....</b>	<b>126</b>
4.3.2.1 Projeto Informacional para caso em grupo.....	126
4.3.2.2 Projeto Conceitual para caso em grupo .....	131
4.3.2.3 Projeto Preliminar para caso em grupo .....	132
4.3.2.4 Projeto Detalhado para caso em grupo.....	133
<b>4.3.3 Implementação para caso em grupo de bola aquática .....</b>	<b>134</b>
<b>4.3.4 Discussão dos resultados obtidos para caso em grupo .....</b>	<b>134</b>
4.4 ESTUDO DE CASO: MATERIAL DIDÁTICO, UM PROJETO DE PRODUTO NA DIVERSIDADE .....	135
<b>4.4.1 Planejamento do Projeto de Produto para caso de recepção de informação .</b>	<b>137</b>
<b>4.4.2 Elaboração do Projeto de Produto para caso de recepção de informação na disciplina de Fisica.....</b>	<b>140</b>
4.4.2.1 Projeto Informacional para caso de recepção de informação .....	140
4.4.2.2 Projeto Conceitual para caso de recepção de informação .....	145
4.4.2.3 Projeto Preliminar para caso de recepção de informação .....	150
4.4.2.4 Projeto Detalhado para caso de recepção de informação .....	153
<b>4.4.3 Implementação para caso de recepção de informação - disciplina de Fisica .</b>	<b>154</b>
<b>4.4.4 Discussão dos resultados obtidos para caso de recepção de informação.....</b>	<b>156</b>

<b>5 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS E CONCLUSÃO .....</b>	<b>157</b>
5.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	157
5.2 CONCLUSÃO.....	159
5.3 RECOMENDAÇÃO PARA PESQUISAS FUTURAS .....	161
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>162</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O processo de globalização evidencia um cenário competitivo com lançamentos de novos produtos diversificados e de ciclo de vida cada vez mais reduzido, onde o desenvolvimento de produto é uma das áreas fundamentais para estar presente e integrado no mercado. Por conseguinte, buscam-se alternativas estratégicas, desvendando inovações de recursos, métodos e tecnologias no processo de desenvolvimento do produto, e assim, orientados para atender os requisitos do usuário e a demanda do mercado, que exigem novidade, qualidade e preço atrativo.

Entre os produtos encontram-se aqueles com função de utensílios ou ferramentas que auxiliam e facilitam a execução de tarefa. Esta relação, entre o usuário e sua ferramenta, converge à história da evolução humana, pois o homem sempre elaborou e vem aperfeiçoando os seus utensílios de apoio e ferramentas de trabalho, inclusive instrumentos para sua sobrevivência. Para tal evolução, Back (1983) menciona que:

a força revolucionária da engenharia [...] enquanto que a revolução industrial tem eliminado o trabalho pesado, a nova revolução vem eliminando o trabalho de rotina, [e] a automação está também reduzindo o trabalho mental, uma vez que computadores têm aliviado o homem de intermináveis cálculos.

Contudo, nos dias de hoje agregam-se outras funções ao produto além da funcionalidade, atribuindo-se os conceitos de usabilidade, segurança e ergonomia, com perspectivas de oferecer conforto ao usuário, que por sua vez, torna-se também em vantagem competitiva ao mercado.

Deste modo, concebe-se o aumento da complexidade no processo de desenvolvimento dos produtos, os quais requerem conhecimentos multidisciplinares somados com a melhoria de qualidade e a necessidade de reduzir o custo e o tempo de lançamento no mercado. Diante disso, Back *et al.* (2008) orientam para abordar as metodologias de desenvolvimento de projetos em ambientes de engenharia simultânea ou de equipes integradas, ou seja, abarcar as principais definições e princípios da engenharia simultânea, e assim, visando uma filosofia de cooperação multifuncional, considerar os aspectos de gerenciamento do ciclo de vida do produto, incluindo integração do planejamento, projeto, produção e fases relacionadas (PRASAD *et al.*, 1998; SMITH, 1997).

Neste contexto, ao estender para outro segmento, com demandas semelhantes do mercado, percebe-se que os conceitos e os processos integrados de desenvolvimento de produto podem proporcionar proveito, tornando-se um forte aliado para concepção de produtos inclusivos, isto é, na área que envolve o atendimento de pessoas com necessidades especiais, no caso pessoas com deficiência, idosas ou com mobilidade reduzida.

Paralelamente, Iida (2005, p.318) com intenção de ampliar os horizontes dos projetistas relata que “há uma incorporação cada vez maior de certas minorias ao mercado de consumo”, ao referir aos canhotos, idosos e pessoas com deficiência, e recomenda no projeto, considerar a ampla variação das características dos seus usuários no mercado globalizado.

Da mesma forma, Rocha e Castiglioni (2005) revelam que “gradativamente são feitos investimentos na direção de produzir e aplicar conhecimentos em produtos específicos para essa população”, pois este contexto é pouco explorado e começa a ser enunciado na sociedade como a força de leis promovidas para eliminar barreiras e favorecendo a inclusão social através dos conceitos de acessibilidades.

Mediante segmento denominado de inclusivo encontram-se variedades de terminologias correlacionadas na definição destes produtos conforme a área que está inserido, seja na saúde, educação, engenharia ou terapia de reabilitação, assim, são denominados como recursos tecnológicos, tecnologia assistiva, tecnologia de assistência, tecnologia de apoio e ajudas técnicas para pessoas com necessidades especiais. No entanto, o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT) (2007) juntamente com a Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência/Secretaria Especial de Direitos Humanos (CORDE/SEDH) definiram a conceituação e nos estudos de normas de tecnologia assistiva, estabelecendo:

tecnologia assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social.

Tendo em vista a abrangência do conceito, compreende-se que os produtos da tecnologia assistiva (TA) ampliam-se de tal forma para atender quaisquer circunstâncias do usuário e contribuir na sua integração social. Logo, para a concepção do produto da TA, exige-se profunda investigação, pois além da função do produto, existem outros requisitos como regras de acessibilidades, princípios de desenho universal, informações quanto à limitação do usuário e o ambiente de uso.

No entanto, percebe-se que os produtos da TA são direcionados a usuários específicos

e para abranger o conceito de produto inclusivo, ou seja, para que esteja ao alcance da maioria dos usuários consistindo em projetar o produto de forma que possa atender, inclusive a maioria das pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. Neste contexto, Alvarenga (2006) exprime que é um projeto “para alcançar a menor exclusão de usuários para um produto em desenvolvimento, incluindo crianças, jovens, idosos, pessoas com deficiência, pessoas com necessidades especiais”. Ainda Alvarenga (2006) complementa, justificando a importância do projeto inclusivo que “estimula a criação de novos produtos mais competitivos, conquista novos mercados de consumidores, que antes eram excluídos, e aumenta significativamente as vendas na indústria”. Nesta perspectiva, Sasaki (1999) afirma a atuação do processo bilateral para inclusão, dos quais todas as pessoas se beneficiam, por meio da diversidade de experiências, enriquecendo o cotidiano e oportunizando variadas situações, e conceitua pormenores da a inclusão social:

como o processo pelo qual a sociedade se adapta para poder incluir, em seus sistemas sociais gerais, pessoas com necessidades especiais e, simultaneamente, estas se preparam para assumir seus papéis na sociedade. A inclusão social constitui, então, um processo bilateral no qual, as pessoas, ainda excluídas e a sociedade buscam, em parceria equacionar problemas, decidir sobre soluções e efetivar a equiparação de oportunidades para todos.

Neste sentido, concordando com Blanco *et al.* (2010) que a deficiência é concebida como um fenômeno complexo e multidimensional, que surge da interação entre os fatores inerentes da pessoa com deficiência ou algum tipo de limitação e os fatores do contexto físico e social, cujas barreiras colocam as pessoas em situação de desvantagem, e assim, afirma que “quanto menores as barreiras e maiores os apoios, mais capazes serão as pessoas de participarem nas diferentes áreas da vida social, embora continuem tendo uma deficiência”. Para tais apoios, visto como produto, com o propósito de delineá-lo no projeto, envolve-se atributos diversificados para identificar todas as especificidades do usuário. Contudo, Baxter (2001) argumenta que o desenvolvimento de novos produtos é uma atividade de interesses e habilidades, sendo “necessariamente uma solução de compromisso”, o qual, no mínimo, deve-se concentrar para agregar valor ao produto, como aumento na funcionalidade ou melhoria na qualidade.

Diante do contexto, esta pesquisa explora os conceitos e ferramentas de desenvolvimento integrado de produto, dentro do ambiente da engenharia simultânea, abarcando a tecnologia assistiva e as normas de acessibilidade, para uma proposta de *Framework* conceitual acerca de produtos inclusivos.

## 1.2 MOTIVAÇÃO

Atualmente, diversos tipos de dispositivos de acessibilidade são encontrados nos ambientes urbanos, principalmente nos estabelecimentos de atendimento público apresentando cenários sem as barreiras arquitetônicas, e assim, proporcionando o acesso das pessoas com deficiência, com mobilidade reduzida e dos idosos, cujas iniciativas são decorrentes de conscientização da sociedade que determinam como cumprimento legal e, também para favorecer a inclusão social. Porém, Torres *et al.* (2002) afirmam que “as barreiras arquitetônicas não são o maior obstáculo” para a inclusão social, e que “[...] está no acesso à informação e, conseqüentemente, nos aspectos importantes relacionados à informação, como a educação, o trabalho e o lazer”. Todavia, a CORDE (2007) preconizou a conversão sobre os direitos de pessoas com deficiência de “assegurar e promover o pleno exercício de todos os direitos humanos e liberdades fundamentais por todas as pessoas com deficiência, sem qualquer tipo de discriminação”, e entre os tópicos realçados encontram-se os propósitos de realizar ou promover pesquisa e desenvolvimento, os quais dispõem de:

- [...] produtos, serviços, equipamentos e instalações com desenho universal, [...] que exijam o mínimo possível de adaptação e cujo custo seja o menor possível, destinados a atender às necessidades específicas de pessoas com deficiência, a promover sua disponibilidade e seu uso e a promover o desenho universal quando da elaboração de normas e diretrizes;
- [...] bem como a disponibilidade e o emprego de novas tecnologias, inclusive as tecnologias da informação e comunicação, ajudas técnicas para locomoção, dispositivos da tecnologia assistiva, adequados às pessoas com deficiência, dando prioridade a tecnologias de custo acessível.

Em vista da diversidade concernente às pessoas com necessidades especiais, abarca-se o desafio de identificar as barreiras deste grupo, e inclusive, desvendar as especificidades dos usuários, cujas informações possibilitam configurar e elaborar um projeto de produto orientado aos conceitos de tecnologia assistiva, contribuindo-lhes na autonomia, qualidade de vida e exercício da cidadania. Bem como, delinear juntamente ao projeto, as tendências e inovações do mercado visando a competitividade, e dentro da conformidade das exigências de legislações estabelecidas quanto a acessibilidade. Sendo assim, descortina-se a perspectiva de agregar nos projetos de produtos, as mais possíveis características para poder atender o maior número de pessoas inseridas neste nicho de grupos especiais. Destarte, Radabaugh (1993) enfatiza que “para as pessoas sem deficiência, a tecnologia torna as coisas mais fáceis. Para as pessoas com deficiência, no entanto, a tecnologia torna as coisas possíveis”.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

A esperança média de vida vem aumentando mundialmente. No Brasil, conforme os estudos e pesquisas divulgados na análise de condições de vida do IBGE (2010), a esperança média de vida alcançou os 73 anos de idade, e associando a queda do nível geral da fecundidade resulta no aumento absoluto e relativo da população idosa para os próximos anos. Também aumenta a expectativa de vida das pessoas com deficiência ou daqueles com alguma mobilidade reduzida. A este fato relaciona-se o controle e a redução de várias enfermidades, o restabelecimento a saúde de doenças que anteriormente eram fatais ou o resgate de acidentes graves, contando-se com os avanços obtidos no sistema de saúde pública, na infraestrutura urbana, da medicina, dos novos medicamentos e de aparelhos com tecnologias (IPEA, 1999).

No entanto, o aumento da expectativa de vida da população eleva os gastos com saúde per capita, pois, segundo Passarelli (1997), a fragilidade orgânica aumenta nas pessoas da terceira idade, em geral, tendendo às doenças crônicas e degenerativas devido o desgaste fisiológico natural que faz diminuir as percepções sensoriais e as funções motoras, sendo necessário em muitos casos, o uso constante de medicamentos e depender de produtos de apoio para executar suas atividades.

Neste cenário, conforme o Censo do ano 2000 do IBGE, 23,06% da população brasileira era composta de pessoas idosas e de pessoas com deficiência. Entre os 14,5% de pessoas com deficiências, mais de 52% são consideradas inativas, e mais de 78% não ultrapassaram os nove anos de educação formal (UNICEF, 2009). Desta forma, decorrem problemas neste grupo que se refletem na baixa escolaridade, dificuldade de inserção social e profissional e na constituição familiar. Cabe-se ainda, aqueles com mobilidade reduzida temporária ou outros fatores, como pessoas no estado de gravidez, obesa, fora da estatura média, que são parcela significativa da população com dificuldade ou impedida de participar plenamente das atividades na comunidade.

Diante disso, Back (1983) já argumentava que no papel da engenharia deve estar envolvidos as habilidades teóricas, práticas e sociais, e que muitas das soluções devem estar nos novos projetos de produtos e processos, os quais devem considerar os aspectos sociais, políticos e econômicos, além dos fatores biológicos, psicológicos e outros. Assim, Morin (2000) salienta que a unidade humana traz em si os princípios de suas múltiplas diversidades, onde “a complexidade humana não poderia ser compreendida dissociada dos elementos que a constituem: todo desenvolvimento verdadeiramente humano significa o desenvolvimento

conjunto das autonomias individuais, das participações comunitárias e do sentimento de pertencer à espécie humana”. Para tanto, Back (1983) enfatiza a necessidade de conhecer as funções específicas e os requisitos detalhados para que o projeto deva “ser executado para satisfazer uma necessidade humana” somada à condição mais econômica possível, a fim de constituir um produto que esteja ao alcance da maioria das pessoas.

#### 1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA

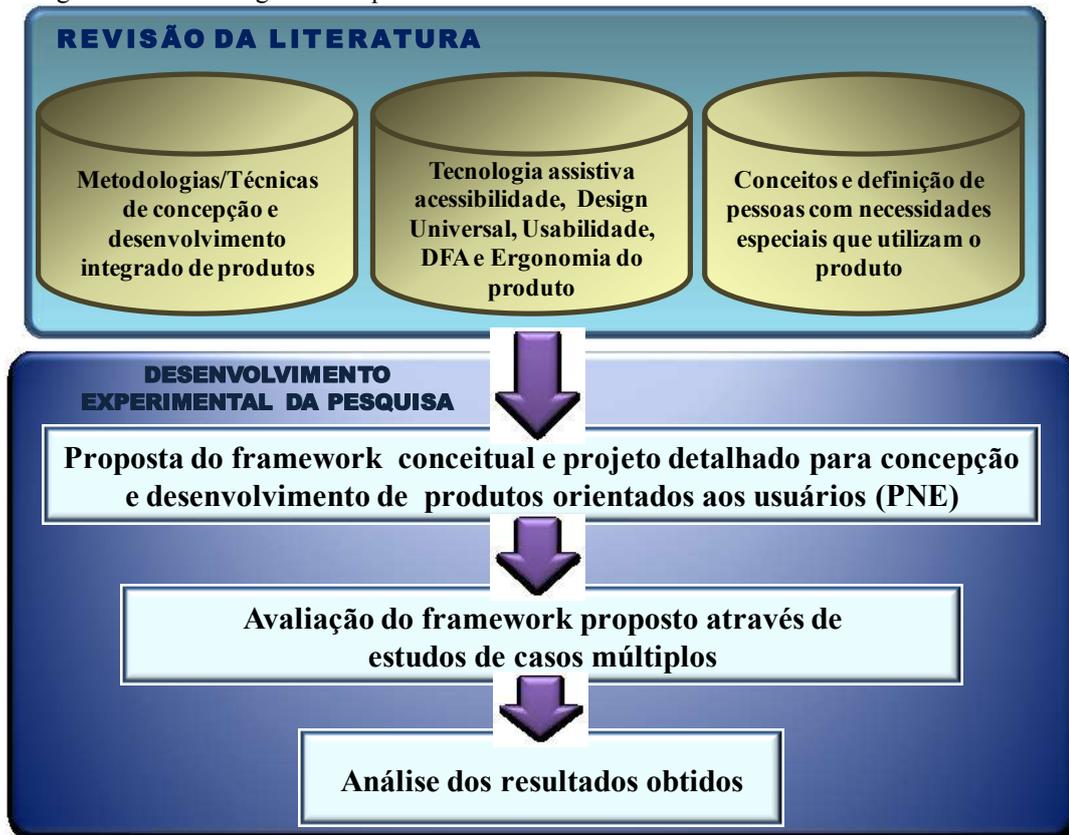
Esta pesquisa é de natureza aplicada devido partir da fundamentação teórica como orientação para restringir a amplitude dos fatos a serem estudados, e segue-se para um referencial de análise dos dados, dentro de uma metodologia que abrange os objetivos de pesquisa e o contexto de investigação (NUNAN,1997; MARCONI E LAKATOS, 2010).

O objetivo científico da pesquisa é exploratório com abordagem qualitativa pelas múltiplas fontes de evidências, onde a pesquisa busca uma profunda compreensão do contexto da situação dando ênfase na perspectiva do indivíduo que está sendo estudado (BRYMAN, 1989).

O procedimento técnico da pesquisa iniciou-se com a revisão bibliográfica para sustentar a estrutura exploratória da metodologia de estudo de caso, conforme ilustrado na Figura 1, pois “investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real” para esclarecer o motivo pelo qual as decisões foram tomadas, como foram implementados e com quais resultados (YIN, 2005). Desta forma, a metodologia de estudo de caso foi o instrumento adequado, que se constituiu o caminho, e deu suporte a esta pesquisa abordando os conceitos e definições para projeto integrado de desenvolvimento de produto inclusivo. Esclarece-se também, o propósito de investigar e identificar conceitos ou variáveis relacionados ao comportamento humano proporcionando a formação de ideias para entendimento do conjunto de problemas (MALHOTRA, 1993).

A Figura 1 é composta de duas partes: a revisão de literatura e o desenvolvimento experimental da pesquisa. Na revisão de literatura buscou-se a aquisição de conhecimento para concepção da pesquisa. Na parte de desenvolvimento experimental da pesquisa apresentou-se uma proposta de *framework* conceitual e a sua avaliação aplicando-se estudos de casos múltiplos, e finalizado com a análise dos resultados obtidos para cada estudo abordado.

Figura 1 – Metodologia de Pesquisa



Fonte: a autora (2011).

## 1.5 OBJETIVO

O objetivo deste projeto foi empregar o estudo teórico-conceitual da engenharia simultânea no processo de desenvolvimento integrado de produtos inclusivos, isto é, atribuir os conceitos da tecnologia assistiva, acessibilidade, desenho universal, usabilidade, *Design for Assembly* (DFA) e ergonomia dos produtos, os quais concernem um controle de gerenciamento concorrente durante o ciclo do produto, fortalecendo-os desde início do projeto de desenvolvimento com foco nas necessidades dos usuários. Deste modo, pretendeu-se identificar a especificidade do usuário na execução de suas atividades, que envolvem ação e tarefas concernentes ao projeto, para configurar um produto que pudesse ser mais acessível ao maior número de usuários. Esta pesquisa também apresenta uma proposta de *framework* conceitual, com o propósito de unir os conceitos aplicados em engenharia simultânea no desenvolvimento integrado de produtos, baseado na tecnologia assistiva. Empregou-se o método de estudos de casos múltiplos para validação da proposta do *framework* conceitual, abordando casos de produtos de uso personalizado, individualizado, em grupo e em grupo na diversidade.

Para alcançar o objetivo esta pesquisa foi dividida em duas partes, que são:

a) Revisão da literatura de:

- Conceitos e definição de desenvolvimento integrado de produto;
- Fundamentação dos conceitos de Tecnologia Assistiva, Acessibilidade, Desenho Universal, Usabilidade, *Design for Assembly* (DFA) e Ergonomia do produto;
- Conceito e definição de pessoas com necessidades especiais;
- Metodologia Estudo de Caso.

b) Desenvolvimento experimental da pesquisa por meio de estudo de caso:

- Proposta do *framework* conceitual do projeto para concepção e desenvolvimento de produtos orientados aos usuários (PNE);
- Avaliação do *framework* proposto através da aplicação no desenvolvimento de quatro produtos na forma de estudos de casos múltiplos;
- Análise dos resultados obtidos.

## 1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação foi estruturada em cinco capítulos, que são:

- Este primeiro capítulo é a introdução da pesquisa, compreendendo a contextualização, motivação e justificativa acerca da escolha do tema, bem como, a metodologia utilizada e os objetivos;
- O segundo capítulo apresenta o estado da arte embasada na revisão da literatura sobre os temas concernentes ao estudo: as Fases de Processo de Desenvolvimento de Produto, assim como, as ferramentas e os métodos de Projetos orientados para a Montagem, Usabilidade e Ergonomia do Produto; a definição da Tecnologia Assistiva juntamente com os conceitos de Acessibilidade e Desenho Universal; o contexto de Pessoas com Necessidades Especiais e a inclusão social; e a Metodologia Científica Estudo de Caso;
- O capítulo três apresenta a proposta do *Framework* conceitual e o método para validação da mesma;
- O quarto capítulo traz a aplicação da proposta de *Framework* através de Estudos de Casos Múltiplos abordando quatro segmentos: o Estudo de caso na área de Prótese,

- um projeto de produto personalizado; o Estudo de Caso na área de Tecnologia de Comunicação e Interação, um projeto de produto individualizado; o Estudo de Caso na área de Esporte em Equipe de Paraatletas, um projeto de produto para uso em grupo; e, o Estudo de Caso na área de Educação com relação ao Material Didático, um projeto de produto na diversidade;
- No capítulo cinco apresenta-se a Análise dos Resultados Obtidos e a Conclusão da pesquisa finalizando com recomendação para pesquisas futuras.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

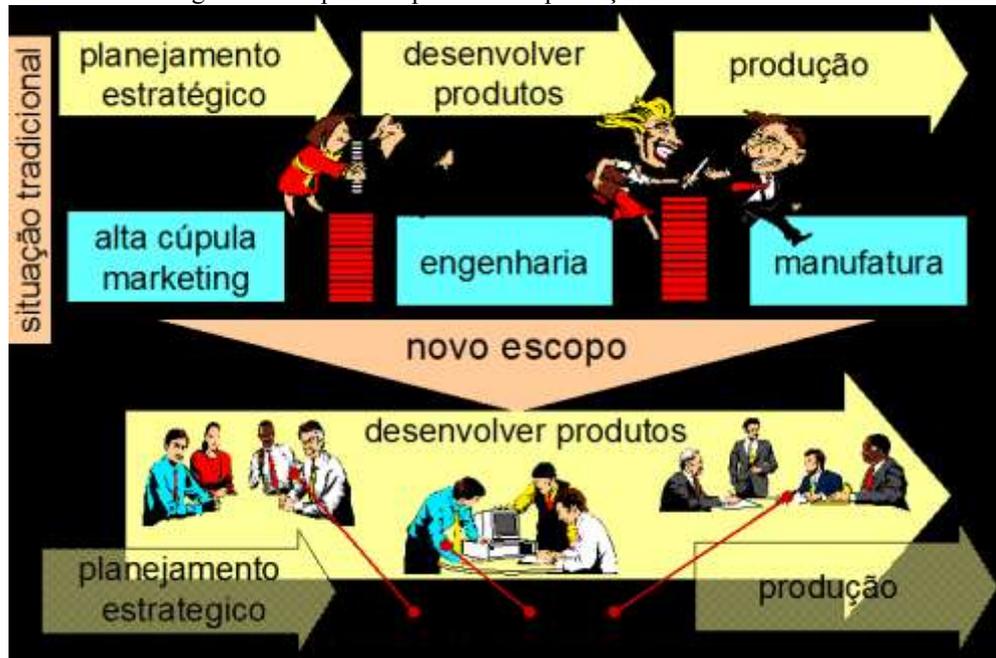
O presente capítulo apresenta as revisões da literatura concernente a este trabalho para perfazer a estrutura teórica conceitual com o propósito de aquisição de conhecimento. Assim, compreendem para concepção da pesquisa os seguintes temas: conceitos e definição do Processo de desenvolvimento de produto quanto à escolha de ferramenta de desenvolvimento de produto, definição de projeto, engenharia simultânea, desenvolvimento integrado de produtos com seus modelos e suas fases, *Design for Assembly* (DFA), Usabilidade e Ergonomia do produto; definição de Tecnologia Assistiva juntamente com os conceitos de Acessibilidade e Desenho Universal; pessoas com necessidades especiais quanto a trajetória e terminologia sobre deficiência, estatística de pessoas com deficiência e pessoas idosas, tipos de deficiência e inclusão social; e o conceito de metodologia científica estudo de caso aplicado a esta pesquisa.

### 2.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

O processo desenvolvimento de produto (PDP) consiste em abordar a área de conhecimento que concerne aos fatores do projeto como a qualidade, a competitividade, o custo, a redução do tempo de lançamento, os quais compreendem aspectos de planejamento ao longo das fases que o produto passa. Logo, considera-se um processo de negócios para criar produtos mais competitivos, em menos tempo, para atender as exigências do mercado, acompanhando a evolução da tecnologia e os requisitos dos usuários (ROZENFELD *et al.*, 2006; BACK *et al.*, 2008).

Neste aspecto, Rozenfeld *et al.* (2006) coloca como escopo do PDP, apresentado na Figura 2, que cada vez mais amplia-se o processo de negócio, onde são incorporados as estratégias de produto e do mercado, áreas tecnológicas da empresa, e o acompanhamento no ciclo do produto. Além disso, no ambiente competitivo, Santos (1996) afirma que os novos produtos necessitam principalmente de vantagens superiores aos produtos concorrentes no mercado, assim como, é uma área de relevância e diferenciação nas empresas (CLARK; FUJIMOTO, 1991; CLAUSING, 1994; WHEELWRIGHT e CLARK, 1995), pois possibilita um modelo ou um processo conceitual direcionado ao projeto de um novo produto, transformando em oportunidades de mercado juntamente com as técnicas em recursos de informações (CLARK; FUJIMOTO, 1991).

Figura 2 – O processo de desenvolvimento de produtos envolve o processo de planejamento estratégico e acompanha o processo de produção.



Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006).

De forma genérica, Clark e Fujimoto (1991) caracterizam o PDP com as seguintes fases: geração de produto, planejamento do produto, projeto do produto, projeto do processo e produção-piloto. Por sua vez, Griffin (1997) enfatiza quanto ao tipo de produto e a cultura organizacional, onde existe certo grau de complexidade na inovação que envolve o PDP, e apresenta as etapas: exploração, projeto, análise do negócio, desenvolvimento, teste e comercialização. Griffin (1997) também comenta sobre as boas práticas no PDP provida das pesquisas empíricas e coloca os fatores, como a formalização do PDP, com revisões nas etapas e promove o uso de estratégia utilizando de forma integrada os métodos e ferramenta no planejamento de desenvolvimento do projeto.

Neste ponto, Romano (2003) comenta que o PDP abrange as fases de planejamento do projeto, execução e encerramento, onde as fases cobrem a elaboração do projeto do produto e do processo de manufatura, resultando, respectivamente na construção de protótipos funcionais e no desenvolvimento de ferramental de manufatura e de montagem para serem usados na produção do produto. Ainda Romano (2003), analisa as informações referentes à elaboração de projeto de vários autores que definem as fases diferentemente um do outro, e afirma que existe uma grande similaridade entre os modelos propostos, conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1 – Fases do processo de desenvolvimento de produtos segundo a visão de diversos autores.

Autores	FASES					
	Elaboração do Projeto				Implementação	
	1	2	3	4	5	6
Baxter (2001)	Especificação do projeto	Projeto conceitual	Projeto de configuração	Projeto detalhado	Projeto para fabricação	
Magrab (1997)	Definição do produto	Geração de projetos viáveis	Avaliação dos projetos	Projeto do produto e do processo	Manufatura e montagem	
Pahl e Beitz (1996)	Clarificação da tarefa	Projeto conceitual	Projeto preliminar	Projeto detalhado		
Hubka e Eder (1996)	Definição do problema	Projeto conceitual	Projeto preliminar	Detalhamento	Protótipo e testes	
Clausing (1994)	Conceito		Projeto		Preparação	Produção
Ulrich e Eppinger (1995)	Desenvolvimento do conceito		Projeto nível de sistema	Projeto detalhado	Teste e melhorias	Produção e lançamento
Schulmann (1994)	Estudos preliminares	Criação	Execução tridimensional (modelos)	Realização (aperfeiçoamento técnico, protótipos e custos)	Industrialização	
Ullman (1992)	Planejamento (desenvolvimento da especificação)	Projeto conceitual	Projeto detalhado		Manufatura	
Wheelwright e Clark (1992)	Projeto do produto e projeto do processo de manufatura			Produção piloto	Lançamento	
Pugh (1991)	Especificação de projeto de produto	Projeto conceitual	Projeto detalhado		Manufatura	
Andreassen e Hein (1987)	Investigação da necessidade	Princípio do produto	Projeto do produto		Preparação da produção	Produção
Bonsiepe (1984)	Definição do problema	Anteprojeto geração de alternativas	Projeto (avaliação, decisão, escolha)	Realização	Análise final da solução	
Back (1983)	Estudo de viabilidade		Projeto preliminar	Projeto detalhado, revisão, testes	Planejamento da produção	Planejamento de marketing
Barroso Neto (1982)	Definição do produto	Anteprojeto geração de alternativas	Projeto	Construção do protótipo	Produção experimental	
Bomfim, Nagel e Rossi (1977)	Compreensão da necessidade	Processos de solução e análise	Desenvolvimento		Implantação	

Fonte: adaptado de Romano (2003).

### 2.1.1 Escolha de ferramenta de Desenvolvimento de Produto

Ao PDP vinculam-se a identificação das necessidades do mercado e do cliente, e propor soluções adequadas em toda fase do ciclo de vida do produto, desde a elaboração do projeto assegurando e atribuindo a manufaturabilidade, buscando a qualidade, o custo reduzido e o preço competitivo. Portanto, o ambiente de desenvolvimento de produto compreende diversidades de métodos, ferramentas e modelos, os quais surgiram rapidamente,

e foram providos conforme o segmento da área de atuação e a necessidade de solucionar adequadamente as lacunas identificadas no processo do mesmo, e também, incluem-se outras ferramentas que são desdobramentos daqueles existentes pelas ocorrências de implementações. A este fato, relaciona-se a busca de qualidades potenciais das ferramentas de desenvolvimento, e Clark e Clark (1996) salientam que a escolha das ferramentas visam a estratégia e está intrínseco no objetivo que a organização pretende atingir. No entanto, Santos (1996) argumenta que as empresas, de modo geral, investigam as melhores condições para o desenvolvimento de novos produtos, é além da opção estratégica, uma necessidade para manter-se no ambiente competitivo. Desta forma, Araujo e Duffy (1997) afirmam que o processo de seleção de ferramenta está baseado em três dimensões fundamentais: funcionalidade, adequação ao uso e qualidades; e também, consideram a influência dos elementos de intuição, conhecimento e experiência por parte das pessoas envolvidas para decidir a aquisição.

Em vista de buscar as ferramentas, métodos e modelos adequados para o desenvolvimento de produto de forma que os utilizem conforme o nível de complexidade a ser abrangido, Medeiros (1981) define como métodos sistemáticos ou intuitivos e afirma que:

a utilização de métodos sistemáticos se justifica na medida em que a explicitação do processo contribua para que se criem soluções levando em conta a experiência de um maior número de pessoas, inclusive pessoas não pertencentes à equipe de projeto; para que se possa produzir uma maior qualidade, e não só quantidade de soluções; e para que se possa acelerar o tempo gasto no processo de criar e avaliar soluções.

Neste termo, entre as linhas metodológicas, ferramentas e processos, a revisão teórica para este trabalho concentra-se na definição de Projeto, Engenharia Simultânea, Desenvolvimento Integrado do produto, Design for Assembly (DFA), Usabilidade e Ergonomia do produto.

### **2.1.2 Definição de Projeto**

Projeto é a ideia ou plano para realização de um ato formulado numa configuração para comunicação e ação. Segundo Back (1983), a elaboração de um projeto é uma atividade orientada para o atendimento da necessidade humana, principalmente daquelas que podem ser satisfeitas por fatores tecnológicos de nossa cultura, sendo assim, abarca-se fatores técnicos, humanos, econômicos, sociais e políticos. Portanto, Back *et al.* (2008) sustentam que o projeto

é um plano de um empreendimento a ser realizado – um produto com objetivo de atender a uma necessidade. O projeto, também denominado novos produtos, pode ser classificado em variantes de produtos existentes que são por evolução, por inovação ou criativos. O projeto por evolução caracteriza-se pela possibilidade de melhorias nos modelos precedentes, por isso apresenta menos risco de falhas pelo conhecimento adquirido no modelo anterior, no entanto apresenta menos possibilidade de competição; já por inovação requer um tempo mais longo no esforço de desenvolvimento e maior custo de pesquisa; e, nos criativos são produtos que potencializam novos campos do mercado, tem longo tempo de desenvolvimento e custo de pesquisa e risco elevados.

Quadro 2 – Metodologias de Projeto

<b>Etapa de Identificação</b>	Identificação inicial do contexto de projeto (situação do projeto, processos de solução, produtos e política existentes, mercado e normas de legislação). Identificação dos fabricantes e usuários.
	Planejamento do trabalho (definição do escopo do projeto, do produto ou sistema de produtos.). Viabilização do projeto.
<b>Etapa de Análise</b>	Análise do processo de trabalho. Análise das tarefas de comando (importância, frequência e tempo de uso). Análise dos fatores antropométricos. Análise das condições ambientais. Análise das tarefas de manutenção. Análise dos fatores morfológicos. Análise dos fatores de operação (sistema, subsistemas e funções técnicas do produto, obsolescência). Análise dos fatores de difusão. Análise dos fatores de produção. Análise e avaliação dos produtos existentes.
<b>Etapa de Definição dos Requisitos</b>	Definição dos requisitos e restrições. Definição de características e subsistemas do produto. Fracionamento e hierarquização dos subsistemas do produto. Programação da etapa seguinte.
<b>Etapa de Desenvolvimento</b>	Desenvolvimento de alternativas de concepção do produto como um todo. Avaliação e seleção de alternativas de concepção. Avaliação e seleção de alternativas para o produto. Desenvolvimento de alternativas para cada subsistema. Detalhamento da solução para cada subsistema. Desenvolvimento de alternativas para cada componente. Avaliação e seleção de alternativas para cada componente. Detalhamento da solução para cada componente. Desenvolvimento de alternativas para cada peça. Avaliação e seleção de alternativas para cada peça. Detalhamento da solução para cada peça. Desenvolvimento da concepção formal – avaliação da compatibilização dos subsistemas – execução de modelos e desenhos.
<b>Etapa de Testes</b>	Construção de protótipo(s) da(s) solução(ões) adotada(s).
<b>Revisão de Projetos</b>	Revisão de documentação.

Fonte: Medeiros, (1981).

Do ponto de vista da engenharia, Back *et al.*(2008) definem que o projeto é o “uso de princípios científicos, informações técnicas e imaginação na definição de estruturas, máquinas

ou sistemas para desempenhar funções pré-especificadas com máxima economia e eficiência”. Portanto, o projeto configura “uma atividade cognitiva, fundamentada em conhecimento e experiência, dirigida à busca de soluções ótimas para produtos técnicos, a fim de determinar a construção funcional e estrutural, e criar documentos com informações precisas e claras para a fabricação”. Desta forma, Medeiros (1981) sugere o alto nível de detalhamento, principalmente na etapa de análise, observar os diferentes níveis do projeto isoladamente e no conjunto global para prever os problemas que forem detectados, conforme demonstrado no quadro 2. Medeiros (1981) acrescenta também a possibilidade do processo desenvolver-se linearmente ou em paralelo, onde se seguem várias etapas simultaneamente.

Diferentes atividades são efetuadas durante as fases do projeto na expectativa dos resultados que dependem da criatividade, desempenho, custo, data de entrega, lançamento do produto e outros. Estas fases geralmente consistem: estudo de viabilidade, projeto preliminar, projeto detalhado, revisão e testes, planejamento da produção, planejamento do mercado, planejamento para consumo e manutenção e planejamento da obsolescência (BACK, 1983).

Neste contexto a definição do projeto também se estende como *design* para expressar a área relacionada ao desenho industrial, e o profissional que atua, de forma geral, tem conhecimento de ergonomia, expressão e estética do produto. Do mesmo modo, encontram-se as linhas que concerne à metodologia, a ferramenta e ao processo de desenvolvimento do produto quanto à multidisciplinaridade, ao ciclo de vida do produto, à integração de equipes e à simultaneidade de atividades de desenvolvimento. Desta forma, conforme Back *et al.* (2008), o produto deve ser adequado aos atributos requeridos pelos usuários, desde a sua fase de concepção até o descarte, e para isso, desenvolveu-se considerável número de técnicas para otimização integrada do produto. Nestes termos, a primeira técnica adotada e orientada pelo Einstein diz que o melhor projeto é o mais simples que funciona. Seguem-se alguns dos diversos conceitos e siglas que foram encontrados na literatura acerca de desenvolvimento produtos que surgiram a partir de década de 1980 (BACK *et al.*,2008):

- a) projeto para configuração (*Design for Configuration*);
- b) projeto para precisão (*Design for Precision*);
- c) projeto para estética (*Design for Aesthetics*);
- d) projeto para custo (*Design for Cost/Profit – DFC*);
- e) projeto para robustez (*Design for Robustness*);
- f) projeto para modularidade (*Design for Modularity*);
- g) projeto para segurança e responsabilidade civil (*Design for Safety/liability – DFS*);
- h) projeto para normalização (*Design for Standards*);

- i) projeto para teste (*Design for Testability*);
- j) projeto para o ciclo de vida do produto (*Design for Life Cycle – DFCLC*) para avaliar continuamente as questões técnicas e econômicas do produto em todo o seu ciclo de vida;
- k) projeto para manufatura (*Design for Manufacturing – DFM*) para otimizar o sistema de manufatura como um todo;
- l) projeto para montagem (*Design for Assembly – DFA*) para otimizar a montagem do produto;
- m) projeto para confiabilidade (*Design for Reliability – DFR*) para avaliar os fatores que influenciam a confiabilidade do produto;
- n) projeto para meio ambiente (*Design for Environment – DFE*) para avaliar o impacto ambiental durante todas as fases do ciclo do produto;
- o) projeto para qualidade (*Design for Quality – DFQ*) para avaliar e garantir os requisitos para qualidade do produto;
- p) projeto para embalagem (*Design for Packaging/Transportability*);
- q) projeto para uso/ergonomia (*Design for Use/Ergonomics/Human Factors*);
- r) projeto para inspeção (*Design for Inspectability*);
- s) projeto para manutenibilidade (*Design for Maintainability/Repair*);
- t) projeto para apoio logístico (*Design for Supportability*);
- u) engenharia simultânea (*Concurrent Engineering – CE*) uma filosofia ou prática desenvolvimento de produto;
- v) desenvolvimento integrado do produto (*Integrated Product Development*);
- w) projeto universal (*Universal Design*) – projeto que facilita o uso pela maioria das pessoas, incluindo grupo de pessoas com características específicas como canhotos, idosos e pessoas com deficiências.

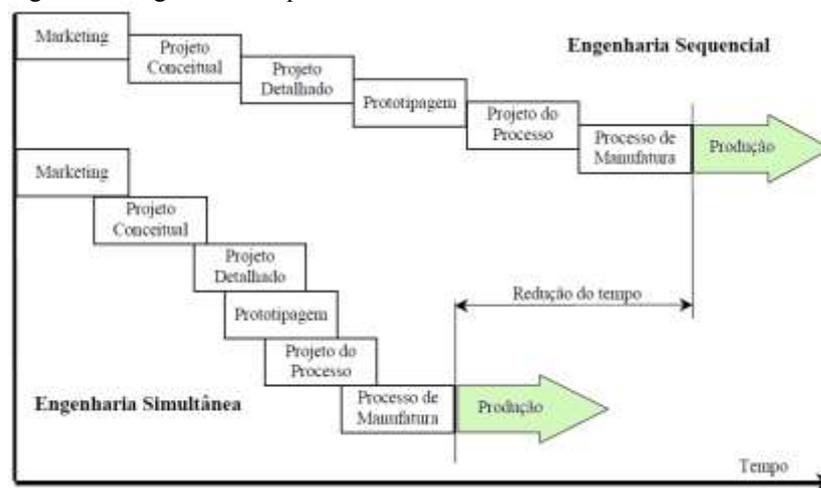
### 2.1.3 Engenharia Simultânea

O termo “*Concurrent Engineering*” foi traduzido para o português por Engenharia Concorrente, Engenharia Paralela ou Engenharia Simultânea. O nome paralelo ou simultâneo aparece como alternativa para substituir o processo sequencial para processo simultâneo de forma integrada, resultando em redução de custos e prazos. Logo, os agentes envolvidos quando utilizam a Engenharia Simultânea (ES) são conhecidos como 7Ts – *Tasks, Teamwork,*

*Techniques, Technology, Time, Tools e Talents* (PRASAD,1996). Desta forma, Rozenfeld *et al.*(2006) observam que nos dias de hoje a Engenharia Simultânea é considerada a visão dos processos na sistematização do PDP.

A ES busca instrumentos e metodologias que permitem, aos membros da equipe do processo, o acesso compartilhado das informações atualizadas de modo que possam armazená-las e processá-las simultaneamente. Este acesso deve ser o mais livre possível de barreiras organizacionais ou geográficas, preservando os sigilos normais impostos pela dinâmica dos negócios (KRUGLIANSKAS, 1994).

Figura 3 – Engenharia Sequencial e Simultânea



Fonte: Back; Ogliari, (2001).

Neste aspecto, Back e Ogliari (2001) salientam que a ES envolve elementos como a qualidade, a redução do custo, o desenvolvimento integrado do produto, o gerenciamento do desenvolvimento do produto e outros, e quando comparadas com a engenharia sequencial, conforme apresenta a Figura 3, a abordagem de ES resulta também na redução de tempo no processo de desenvolvimento do produto.

Para Winner *et al.* (1988 *apud* PRASAD, 1996), a ES é concernente na sistemática para o desenvolvimento integrado e paralelo do projeto de um produto e dos processos relacionados, incluindo as fases de manufatura e suporte. Essa abordagem procura fazer com que as pessoas envolvidas no desenvolvimento considerem, desde o início, todos os elementos do ciclo de vida do produto, da concepção ao descarte, incluindo qualidade, custo, prazos e requisitos dos clientes. Ashley (1992 *apud* PRASAD, 1996) confirma que a abordagem sistemática que enfatiza o atendimento das expectativas dos clientes incluindo os valores de trabalho em equipes como confiança e compartilhamento para conduzir modificações durante todo o ciclo de vida do produto.

O conceito de ES tornou-se mais abrangente podendo fazer o uso de métodos e sistemas integrados (ROZENFELD *et al.*, 2006), como incluir a cooperação e o consenso entre os envolvidos no desenvolvimento, o emprego de recursos computacionais (CAD/CAE/CAM) e a utilização de metodologias (DFx, QFD, FMEA entre outras).

Conforme Kruglianskas (1992), Cleetus (1992), Hunt (1993), Hartley (1998), entre as principais características da ES estão relacionadas: ênfase na satisfação do cliente, equipes multidisciplinares, autonomia das equipes, desenvolvimento simultâneo, líder para coordenar todo o processo de desenvolvimento de produto, padronização dos projetos, compartilhamento de informações, ferramentas informatizadas para agilizar os processos, práticas gerenciais e instrumentais para garantir a qualidade. Cabe ainda nas características o trabalho em equipe, a forma de liderança, o envolvimento de fornecedores e clientes, o desenvolvimento simultâneo e integrado, a capacidade da manufatura em fazer protótipo, teste ferramental e produção-piloto, enfim, toda a condução dos projetos é considerada fatores para gestão e desempenho do PDP (CLARK; FUJIMOTO, 1991), (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993).

Prasad (1997) salienta quanto à prática das etapas que se sobrepõem e interagem na procura de solução, isto é, as divisões das etapas na ES são mais didáticas e não se percebe a interdependência existente entre elas, e assim, promove-se que cada fase que tenha sobreposição e interatividade o que facilita na solução de problemas, reduz o tempo total de desenvolvimento, melhora a qualidade e reduz os custos.

#### **2.1.4 Desenvolvimento de Projeto Integrado de Produtos**

De acordo com Back *et al.* (2008), o processo de desenvolvimento integrado de produtos (PDIP) é uma metodologia por meio da qual uma equipe multidisciplinar desenvolve um projeto, considerando simultaneamente ao longo do seu desenvolvimento, as necessidades e restrições do ciclo de vida do produto. Baxter (2001) complementa e define que o desenvolvimento de novos produtos é uma atividade complexa, envolvendo diversos interesses e habilidades, tais como de atender os consumidores quanto os desejos de novidades e melhores produtos a preços razoáveis; os vendedores de requerer diferenciações e vantagens competitivas; e por sua vez, os empresários de querer pouco investimento e retorno rápido do capital. Por isso, este processo requer pesquisa, planejamento cuidadoso, controle detalhado e uso de métodos sistemáticos com abordagem interdisciplinar de várias áreas. Assim, os fatores internos da empresa devem estar voltados para cooperação entre a área

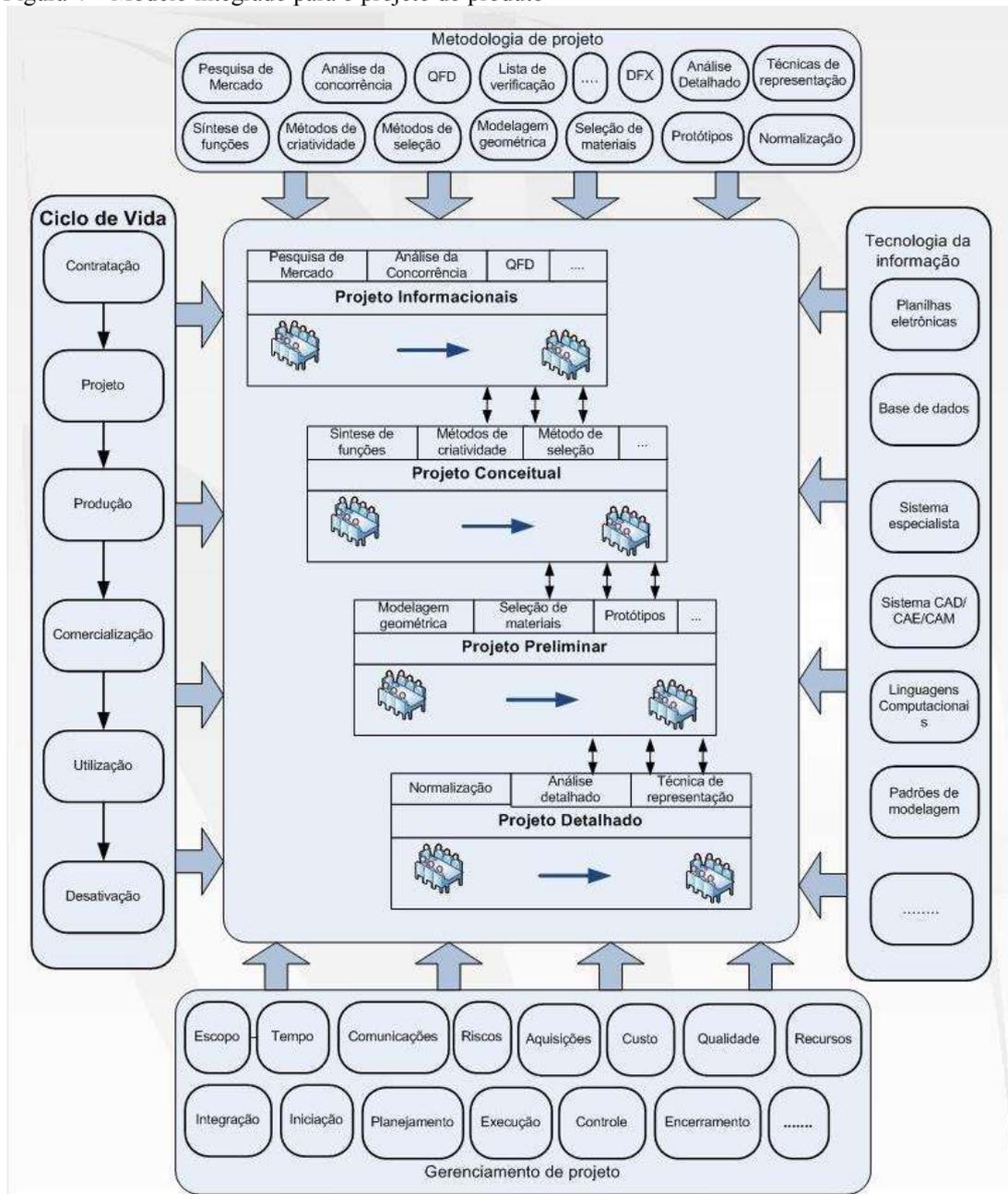
técnica e marketing, onde informam as observações do mercado quanto aos benefícios significativos para os consumidores, que orientam as definições com precisão no planejamento e na especificação prévia do produto. Nestes termos, Back (1983) recomenda os estudos nas disciplinas opcionais de ciências humanas, ciências econômicas, ciências sociais e inclusive de artes, pois o profissional de engenharia frequentemente é forçado a considerar outros fatores paralelos, assim prepara-o, abrangendo amplamente os fatos conhecidos, para conversão adequada das especificações requeridas ao executar a função de projetar o produto em questão.

Back *et al.*(2008) afirmam que o modelo integrado para o projeto, apresentado na Figura 4, possibilita visualizar e inferir uma série de estudos e desenvolvimentos necessários para suportar as atividades do projeto destacando-se entre eles: o estudo de modelos genéricos do ciclo de vida do produto; desenvolvimento e implementação de métodos de projeto; gerenciamento de projeto e desenvolvimento de ferramenta computacionais de apoio ao projeto.

As contribuições do PDIP na elaboração do produto são:

- a) redução de custos, pois as mudanças ocorrem no decorrer do PDIP e quanto antes solucionado, menor será o custo envolvido (BACK *et al.*,2008), (ROZENFELD *et al.*, 2006);
- b) melhoria da qualidade, Rozenfeld *et al.* (2006) afirmam que aumenta a qualidade do produto e diminui as modificações quando o processo é focado para o cliente e envolve os fornecedores;
- c) aprendizado, decorrente da equipe de PDIP ter contato nas diversas informações que proporcionam o conhecimento e habilidades diversificadas que contribuem para resolução de problemas (TAKEUCHI; NONAKA,1986);
- d) redução no prazo de desenvolvimento, Corrêa e Giansesi (1994) afirmam que este item envolve a concepção moderna do PDIP e está relacionada na melhoria de comunicação para o desenvolvimento simultâneo do produto, contribuindo na redução de retrabalhos;
- e) flexibilidade, Hauser e Clausing (1988) afirmam que o sistema de PDIP é realizado num ambiente integrado que fluem melhores alternativas para mudanças nos projetos conforme a necessidade do cliente.

Figura 4 – Modelo integrado para o projeto do produto



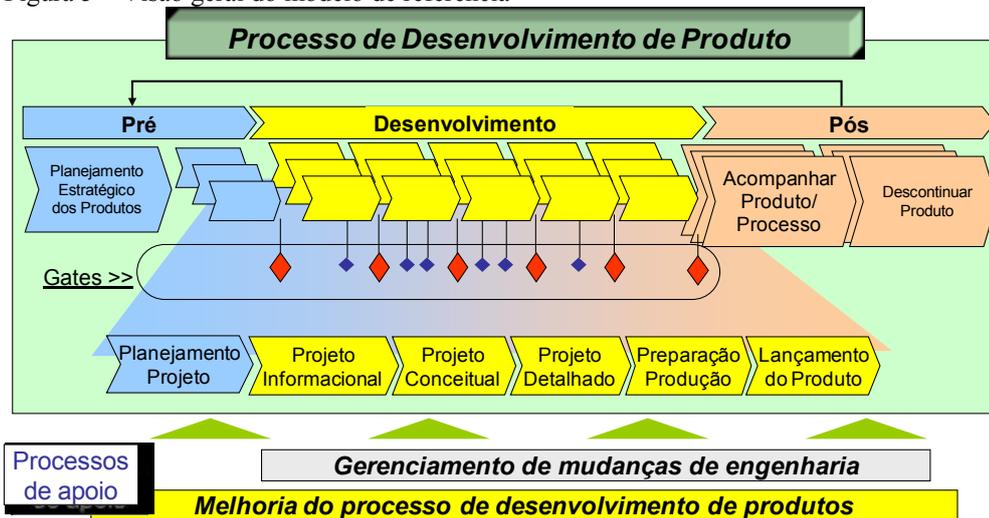
Fonte: Adaptado de Back *et al.* (2008)

Portanto, Cunha (2008) menciona que no PDIP ocorre o fortalecimento do fluxo de informação entre as diversas funções que vem a demandar por grupos constituídos de pessoas oriundas de diferentes áreas de conhecimento, e assim, predispõe o relacionamento interpessoal para concretizar a troca de informações num nível técnico aceitável, pois, uma das principais questões no PDIP é “do interfaceamento de informações entre as funções, assim construindo as bases do trabalho interfuncional”.

### 2.1.4.1 Modelo de Desenvolvimento Integrado de Produtos

Os modelos de referência surgiram para proporcionar uma visão única do PDP, nivelando-se os conhecimentos entre as pessoas que estão envolvidas para participar de um desenvolvimento específico. Sendo assim, passa-se por uma linguagem única na empresa que servirá de base para todos. Desta forma, Rozenfeld *et al.*(2006) apresentam o modelo referencial de Processo de Desenvolvimento de Produto, conforme ilustrado na Figura 5, que mostra as macrofases Pré-Desenvolvimento, Desenvolvimento e Pós-Desenvolvimento. A macrofase Desenvolvimento é destacada, concentrando os aspectos tecnológicos correspondentes à definição do produto, assim como suas características e forma de produção.

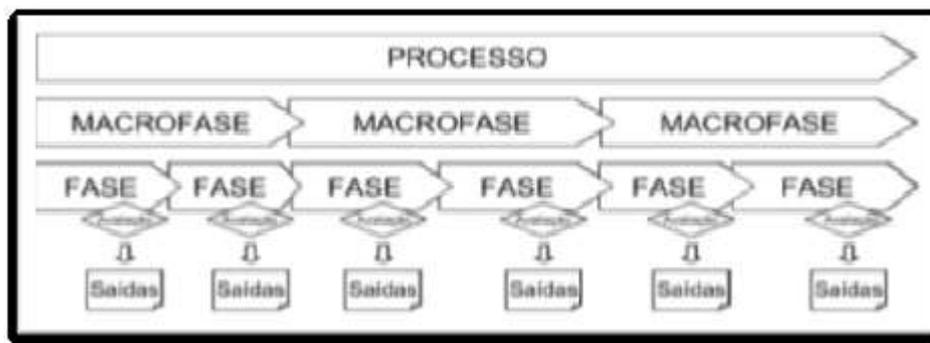
Figura 5 – Visão geral do modelo de referência



Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006).

Por sua vez, Back *et al.*(2008) propõem um modelo de referência do PDIP para auxiliar no entendimento e prática do processo àqueles que atuam na área implementando melhorias no PDP. Neste modelo de referência, definido por Romano (2003), esboça-se primeiramente uma representação gráfica genérica do modelo, conforme apresentado na Figura 6. Romano (2003) exprime de forma generalizada que o processo, representado na Figura 6, é conjunto de macrofases, e que por sua vez cada macrofase constitui em “n” fases. Assim, o número de macrofases e de fases variam de acordo com o processo do produto estudado e, ao final de cada fase apresentam-se os pontos de avaliação dos resultados das fases e as saídas desejadas. Portanto, para cada fase é descrito os elementos: entradas, atividades, tarefas, domínios, mecanismos, controles e saídas.

Figura 6 – Representação gráfica genérica do modelo de referência



Fonte: Romano (2003).

Esta pesquisa concentra-se nas macrofases de planejamento e elaboração do projeto do produto e, por conseguinte, as fases e as tarefas. As fases compreendem o planejamento do projeto, projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e o projeto detalhado; e as tarefas são procedentes de acordo com a sequência das fases dos projetos, abrangendo o plano de projeto, especificações de projeto, concepção do projeto, viabilidade técnica e econômica e a documentação do produto. Portanto, para continuidade, seguem-se a abordagem das definições das fases envolvida neste projeto.

O modelo referencial de Back *et al.* (2003), demonstrado na figura 7, apresenta a decomposição de três macrofases em oito fases, descritas abaixo:

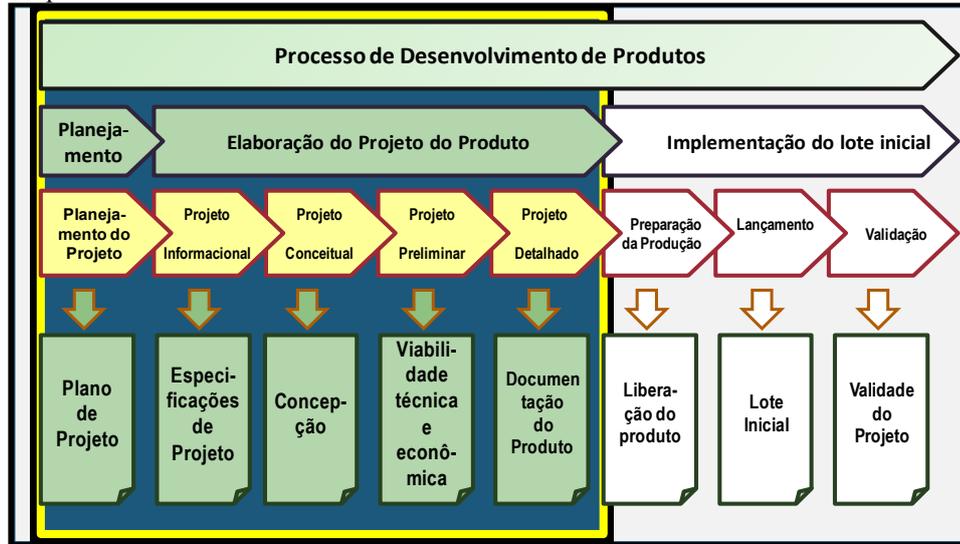
- a) planejamento do projeto: envolve a elaboração do plano do projeto do produto, principal resultado da fase;
- b) elaboração do projeto do produto: decompõem-se nas fases de projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Entende-se estas fases como um conjunto de tarefas que é caracterizado por escopo, tempo de execução, recursos necessários e riscos. Os resultados destas fases trazem respectivamente: as especificações do projeto, a concepção do produto, a viabilidade técnica e econômica e a documentação do produto;
- c) implementação do lote piloto: decompõem-se em três fases que são preparação da produção, lançamento e validação do produto. Como resultado obtêm-se respectivamente, a liberação do produto, a liberação do lote piloto e a validação do produto.

De acordo com Romano (2003) e Back *et al.*(2008), nas atividades de tarefas da macrofase de elaborar o produto, constam-se os seguintes elementos:

- a) entradas: informações ou objetos físicos a serem processados ou transformados pela tarefa;

- b) mecanismos: recursos físicos e/ou informações necessárias para a execução da tarefa como metodologias, técnicas, ferramentas;
- c) controles: informações usadas para monitorar ou controlar tarefas;
- d) saídas: informações ou objetos físicos processados ou transformados pela tarefa.

Figura 7 – Representação gráfica do modelo do processo de desenvolvimento integrado de produtos – PRODIP



Fonte: Adaptado de BACK *et al.* (2008).

#### 2.1.4.2 Fase: Planejamento do Projeto

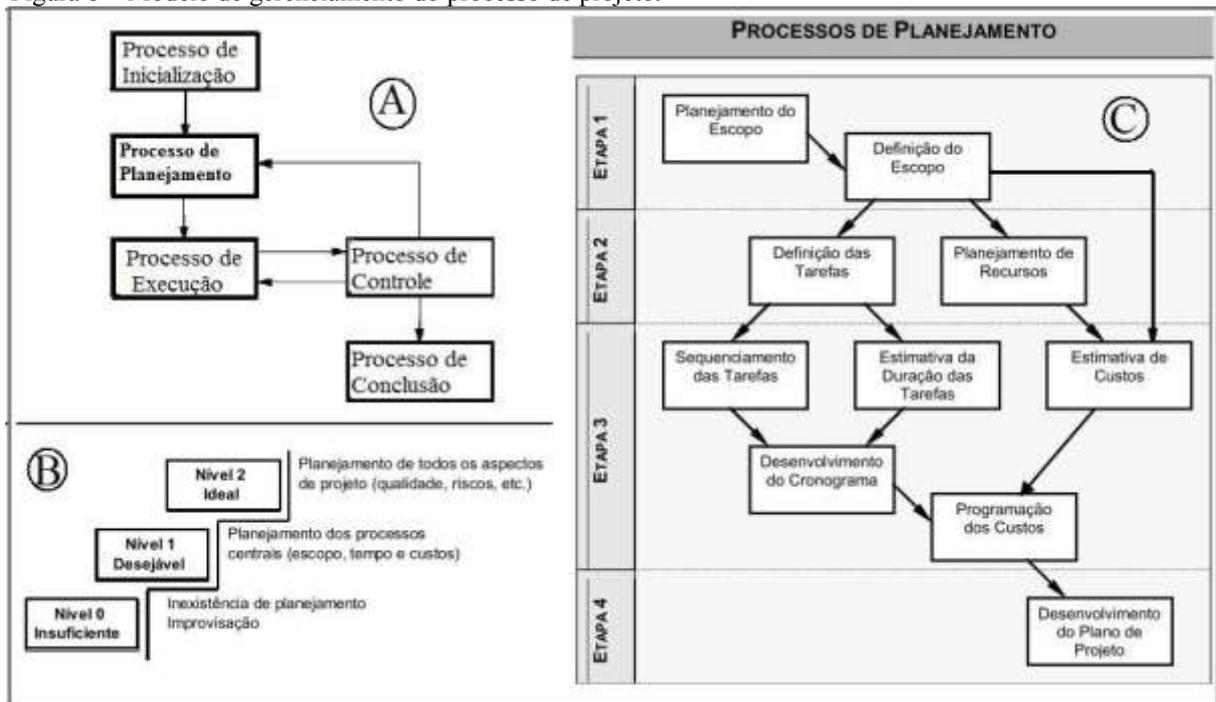
Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), o planejamento do projeto é “uma fase macro de um dos projetos de novo produto planejados no portfólio”, onde consiste em agrupar informações relevantes para a execução do projeto. Essas informações estão relacionadas ao escopo do projeto e do produto, previsões das atividades e sua duração, prazos, orçamentos, definição do pessoal responsável, recursos necessários para realizar o projeto, especificação dos critérios e procedimentos para avaliação da qualidade, análise de riscos, e indicadores de desempenho selecionados para o projeto e produto. Portanto, o bom planejamento favorece e destaca o produto e a empresa no atual mercado competitivo, pois nesta fase, o produto a planejar encontra-se sob informações incipientes. Desta forma, Back *et al.* (2006) sugerem o uso de metodologias e métodos de apoio para reduzir as incertezas no processo de planejamento.

O gerenciamento de projeto de produtos é como um conjunto de conhecimentos multidisciplinar utilizado para gerenciar tarefas necessárias ao desenvolvimento de um produto, onde a tarefa designa “um trabalho que deve concluir em determinado prazo”. Sendo assim, o gerenciamento de projeto tem a importância na função de assistir as tarefas de

pesquisa, de projeto e de administração e os conhecimentos utilizados no desenvolvimento de produtos. Portanto, o desenvolvimento de produto deve estar inserido no ambiente de engenharia simultânea para que os trabalhos estejam conectados e promova integração de vários processos. Desta forma, um processo estará relacionado com a situação operacional e a utilização de recursos (ROMANO, 2003).

Romano *et al.* (2000) apresentam um modelo de gerenciamento de projetos com interesse de atender as necessidades de forma objetiva, clara e completa, o qual se apoiou no documento “A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK) Guide, do Project Management Institute (PMI)”, que tem aprovação do American National Standard Institute (ANSI) como a norma americana de gerenciamento de projeto. Assim, demonstrado na Figura 8 – quadro “A”, o fluxo do processo geral, cujos grupos de processos são conectados pelas saídas de seus processos e resultando na entrada para o próximo processo, e em alguns casos, ocorrendo a tarefa de gerenciamento sobrepondo em cada fase do projeto, caracterizando a natureza integrada do gerenciamento de projetos. Neste aspecto, o processo de planejamento tem relevância para o gerenciamento, pois abarca a elaboração do plano de projeto do produto, que em seguida, orienta o processo de execução na busca de alcançar os objetivos. Além destes processos, Romano *et al.* (2000) mencionam que podem fazer parte de outros processos como facilitadores, dedicados ao planejamento da qualidade, planejamento dos riscos, planejamento organizacional, planejamento dos recursos humanos, planejamento das comunicações e planejamento de compras. Quanto a avaliação, Romano *et al.* (2000) explicam através dos níveis de planejamento zero, 1 e 2, conforme ilustrado na Figura 8 – quadro “B”, onde o nível zero corresponde o trabalho realizado como “insuficiente” por falta de documentação ou registros para a execução do projeto; o próximo, nível 1, classificado como “desejável” refere-se a verificação dos processos centrais de planejamento que envolvem escopo, custo e tempo no plano de projeto; e o nível 2 ocorre quando exceder os processos descritos do nível 1, passando-se para a situação “ideal”, os quais abrangem outros processos como planejamento organizacional, qualidade, comunicação, riscos, entre outros. Na Figura 8 – quadro “C” ilustra-se o planejamento de projeto destacado em quatro etapas os respectivos processos. Na primeira etapa está o planejamento e definição do escopo do projeto, na qual serão identificados o conteúdo de trabalho e seus resultados. Na segunda etapa, procedem as necessidades de recursos e das tarefas para a execução dos procedimentos de projeto. Na terceira etapa segue-se a programação de quando e como serão utilizados os recursos e tarefas abordados na etapa anterior. E, na quarta etapa, finaliza-se o planejamento do projeto confeccionando o plano de projeto.

Figura 8 – Modelo de gerenciamento do processo de projeto.



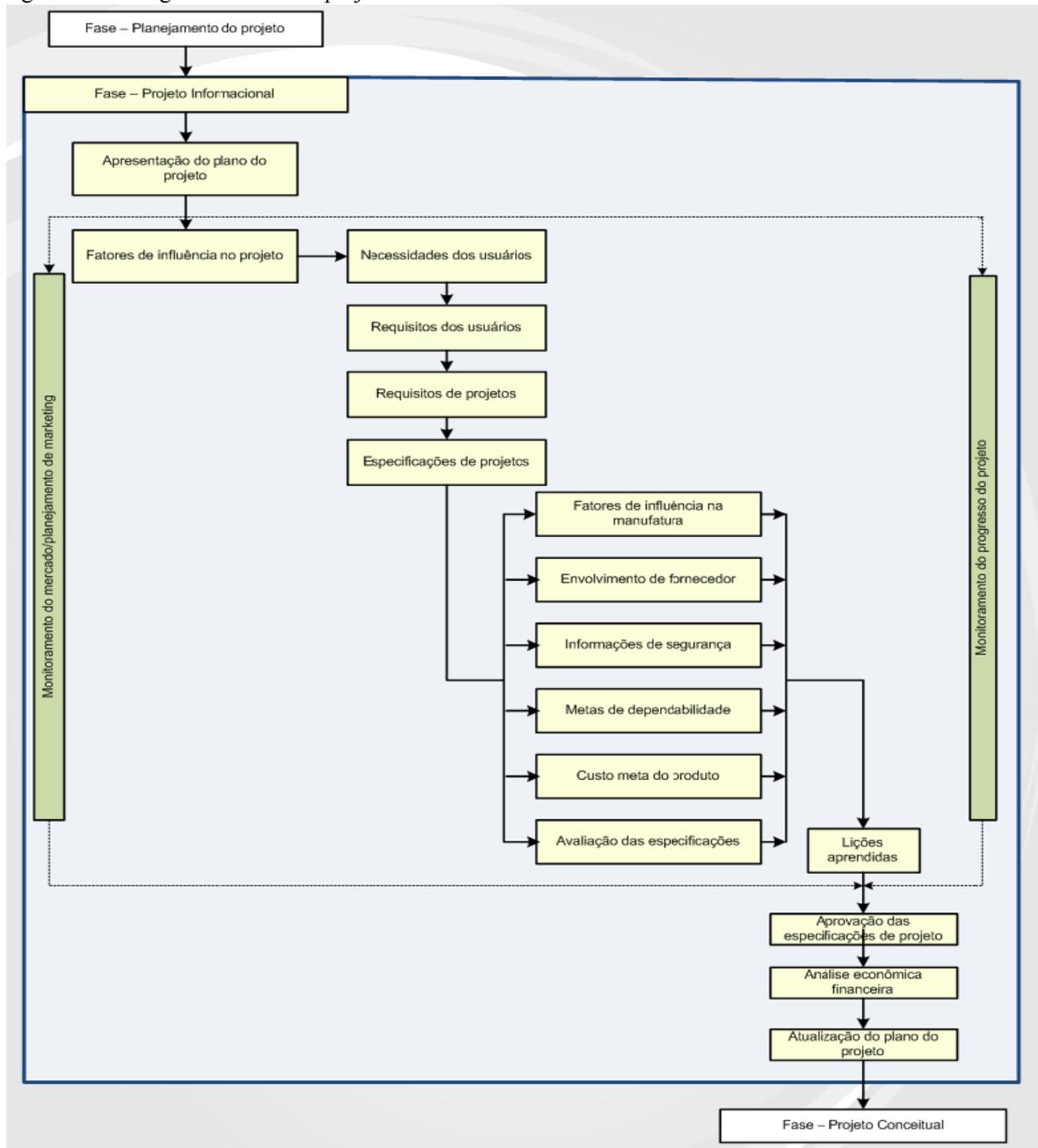
Fonte: adaptado de Romano *et al.*(2000).

Neste sentido, Romano *et al.*(2000) afirma que um planejamento estruturado fornece “uma filosofia, uma estrutura e um formato das informações a serem manipuladas, permitindo o levantamento do que é necessário fazer na execução do projeto”, assim como organiza as informações para que as equipes de gerenciamento e de projeto possam utilizá-las da melhor forma.

#### 2.1.4.3 Fase: Projeto Informacional

A fase do projeto informacional destina-se às especificações de projeto do produto, onde são identificadas as necessidades dos clientes que são desdobradas em requisitos dos usuários, conforme demonstrado na Figura 9. Estes requisitos são definidos como requisitos de projeto de produto, considerando diferentes atributos: funcionais, ergonômicos, de segurança, de confiabilidade, de modularidade, estéticos e legais, entre outros (BACK *et al.*, 2008).

Figura 9 – Fluxograma da fase de projeto informacional



Fonte: Adaptado de Back *et al.*(2008).

Rozenfeld *et al.*(2006) definem que a fase inicial da pesquisa de informações inclui o estabelecimento do ciclo de vida do produto, os quais formalizam as características do produto a ser desenvolvido. Portanto, Romano (2003) salienta que da fase de planejamento de projeto até o final da fase de projeto informacional correspondem à análise da necessidade de realização de todas as atividades das fases de projeto conceitual e preliminar, principalmente quando se refere ao caso de produtos aperfeiçoados e adaptados. Para Pahl e Beitz (1996), o projeto informacional, que corresponde a fase de esclarecimento da tarefa no projeto,

proporciona a análise das concepções conhecidas com relação ao atendimento às especificações de projeto e nos casos de inexistência das concepções, aconselham a seguir passando-se para a fase seguinte do projeto preliminar ou projeto detalhado.

Desta forma, a atividade da fase de projeto informacional é a de mapear o ciclo de vida do produto e definir, para cada fase desse ciclo, os clientes envolvidos com o produto e o projeto (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Na fase do projeto informacional, Romano (2003) enfatiza as etapas e sugestão das tarefas a serem executadas, conforme o Quadro 3. Nesta fase, os requisitos do cliente aparecem de forma subjetiva, pois geralmente são expressos na “linguagem do consumidor”, por isso, Rozenfeld *et al.* (2006) recomendam que sejam descritos por meio de características técnicas, ou seja, possíveis de serem mensuradas definindo-se assim os chamados requisitos do produto. Os requisitos do produto associados aos valores não mensuráveis formam as especificações do projeto que levam a verificação da viabilidade econômica, o *gate* da fase e o registro das decisões tomadas, e lições aprendidas.

Quadro 3 - Estrutura detalhada do modelo NeDIP/UFSC do projeto informacional

<b>Etapas</b>	<b>Sugestão para tarefas</b>
Pesquisar informações sobre o tema de projeto	- Estabelecer o ciclo de vida do produto - Pesquisar por informações técnicas
Identificar as necessidades dos clientes do projeto	- Definir os clientes do projeto ao longo do ciclo de vida do produto - Coletar necessidades dos clientes
Estabelecer os requisitos dos clientes	Desdobrar as necessidades dos clientes em requisitos dos clientes
Estabelecer os requisitos do projeto	Definir os requisitos do projeto
Hierarquizar os requisitos de projeto	Aplicar a matriz da casa da qualidade
Estabelecer as especificações do projeto	Aplicar o quadro de especificações de projeto

Fonte: Baseado em Romano (2003).

Neste contexto, Back *et al.* (2008) afirmam que os requisitos do projeto são resultados da transformação, do agrupamento, compactação e classificação das necessidades dos usuários, cujos resultados expressam atributos de qualidade do produto, geralmente de forma qualitativa.

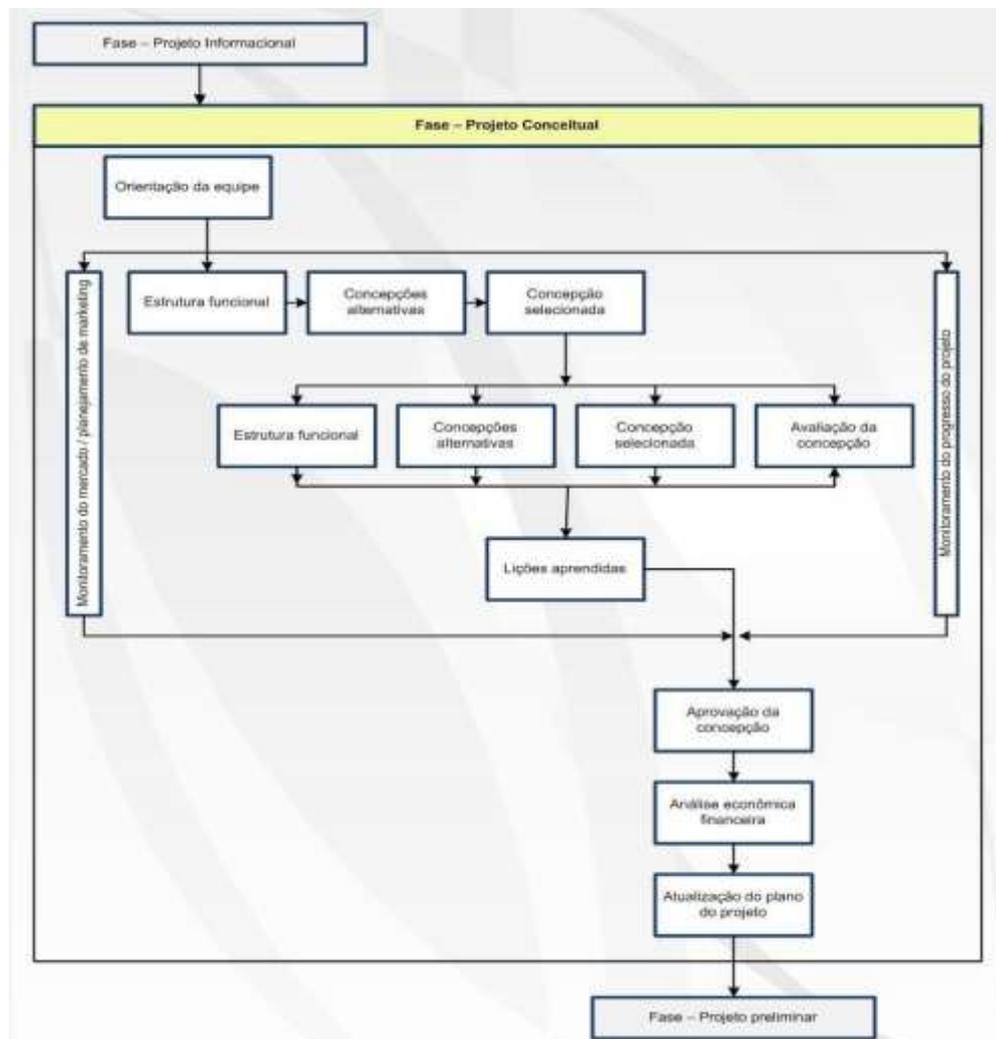
A aprovação desta fase compreende no cumprimento de algumas características das especificações obtidas tais como: abrangência, ambiguidade, redundância, clareza, praticabilidade e se as metas das especificações de custo estão de acordo com o custo do produto. Sendo assim, Rozenfeld *et al.* (2006) afirmam que na atividade de revisar e atualizar o escopo do produto são coletadas e analisadas as informações que auxiliam a equipe de projeto a entender, da forma mais completa possível, o real problema, como: análise do problema de projeto, analisar tecnologias disponíveis e necessárias, pesquisar

padrões/normas, patentes e legislação, e pesquisar produtos concorrentes e similares.

Segundo Back *et al.* (2008), os principais métodos aplicados para abordar as necessidades dos usuários são: entrevistas estruturadas com usuários; parcerias ou alianças no projeto; informações de consultores e especialistas; método de *Delphi*; sessões de *brainstorming*; experiências pessoais e da empresa; análise de perfis de uso; pesquisa em material publicado e método do desdobramento da função qualidade.

#### 2.1.4.4 Fase: Projeto Conceitual

Figura 10 – Fluxograma da fase de projeto conceitual



Fonte: Adaptado de Back *et al.*(2008).

A fase Projeto Conceitual tem o objetivo de estabelecer a estrutura funcional do produto envolvendo a definição da função global. Esta atividade coloca o planejamento de

marketing para monitoramento do mercado e identificação de variações que podem influenciar no desenvolvimento da concepção, conforme demonstrado na Figura 10. Desta forma, a seleção da concepção faz uma análise comparativa entre as alternativas, considerando: as especificações de projeto; o custo meta; os riscos de desenvolvimento e do plano de manufatura quanto a complexidade, prazo, custo, envolvimento de fornecedores, e as metas de qualidade, de segurança e de dependabilidade (BACK *et al.*, 2008).

Nesta fase do projeto conceitual, Baxter (2001) salienta que o foco está em produzir os princípios de projeto para o novo produto que deve ser suficiente para atender as exigências do consumidor e apresentar como produto inovador ao mercado. Para isso é preciso atingir os benefícios básicos no projeto conceitual, ou seja, as linhas básicas da forma e função do produto que são definições de uma boa compreensão das necessidades do consumidor e dos produtos concorrentes. Além disso, Back e Forcellini (2000) realçam que no projeto conceitual são executados cerca de 20% do trabalho do projeto e, estes definem 80% do seu custo, devido o processo estar evoluindo da fase abstrata para concretização do projeto de produto sem ter custos de recursos.

Neste contexto, Romano (2003) sintetiza que a fase de planejamento conceitual é de desenvolver a concepção do produto iniciando-se com a verificação do escopo do problema, que inclui a análise das especificações de projeto e a identificação das restrições. Seguindo-se com o estabelecimento da estrutura funcional e a pesquisa por princípios de solução, os quais determinam as concepções alternativas para avaliação e seleção das concepções mais promissoras.

Para a fase de planejamento conceitual, Back *et al.*(2008) recomendam o uso de métodos ou procedimentos que permitam soluções inovadoras, ou seja, aprofundar em processos criativos ou geração de concepções para obter um conjunto de soluções, de forma rápida e resultados inovadores. Por isso, Baxter (2001) enfatiza as gerações de ideias como ferramenta, cujas etapas da criatividade passam por: 1) período de preparação para absorver e digerir as informações disponíveis; 2) ideias geradas com o máximo de imaginação e criatividade possíveis, e 3) melhor ideia for selecionada em comparação com os critérios estabelecidos no início do processo. Baxter (2001), Rozenfeld *et al.*(2006) e Back *et al.*(2008) sugerem alguns métodos e ferramenta, conforme relacionados no Quadro 4.

O início da fase de Projeto conceitual, Rozenfeld *et al.*(2006) argumentam que o produto é modelado funcionalmente e descrito de uma forma abstrata, independente de princípios físicos. Para isso, inicia-se com a definição global do produto que, em seguida, é desdobrada em várias estruturas de funções do produto até que seja selecionada. Assim como

para cada estrutura de funções define-se a arquitetura que contém a estrutura do produto em termos dos componentes e suas conexões. Através dessa arquitetura origina-se as concepções que agregam informações de estilo e dos possíveis fornecedores, que direcionará o processo de seleção para definir a concepção que melhor atende às especificações-meta e a outros critérios de escolha.

Quadro 4 – Métodos e Ferramenta para criatividade e inovação

Tipo de Métodos	Métodos e Ferramentas
Intuitivos de geração de concepções do produto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Brainstorming</li> <li>- Método de Delphi</li> <li>- Método sinético</li> <li>- Método da listagem de atributos</li> <li>- Método da instigação de questões</li> <li>- Brainwriting</li> <li>- Análise paramétrica</li> <li>- Análise do problema</li> <li>- Análise morfológica</li> <li>- MESCRAI (modifique, elimine, substitua, combine, rearranje, adapte, inverta)</li> <li>- Analogias (proximidade, semelhança, contraste, causa-efeito)</li> <li>- Avaliação FISP (Fases integradas de solução de problemas)</li> </ul>
Sistemáticos de geração de concepções	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Método da matriz morfológica</li> <li>- Análise do valor</li> <li>- Teoria de solução inventiva de problemas – TRIZ</li> </ul>

Fonte: Baseado em Baxter (2001); Rozenfeld *et al.*(2006); Back *et al.*(2008).

Nesta fase tratam-se os aspectos gerais de custos que possam desenvolver ou identificar uma concepção economicamente viável, comparar concepções alternativas e adotar princípios de projeto que tornem o produto mais competitivo sob este ponto de vista pois, a análise de custo do ciclo de vida tem como principais aplicações: determinar a viabilidade de concepção do projeto, dar suporte à seleção da melhor concepção, definir os níveis de atributos mais apropriados, efetuar a análise de compromisso e determinação de quais são as atividades mais críticas em relação ao custo elevado. Desta forma, o custo total do ciclo de vida compreende os custos de todas as atividades desenvolvidas ao longo do período, sendo conveniente decompor em duas classes: custo de aquisição e custo de pós-venda. O custo de aquisição compreende o custo de pesquisa, projeto, construção e teste de protótipos, elaboração de informações de operação de operação e manutenção do produto, fabricação do produto, custos de administração, custos de garantia e o lucro da empresa fabricante (BACK *et al.*, 2008).

Back *et al.* (2008) acrescentam que durante os estudos para identificação dos processos de fabricação, o procedimento da atividade simultânea, como a de definir prazos junto ao fornecedor para o desenvolvimento do projeto preliminar e detalhado das subfunções

especificadas na estrutura funcional, e paralelamente, é realizado o estudo inicial de segurança na concepção selecionada.

A conclusão desta fase passa por aprovação para prosseguir na fase seguinte, sendo assim, pode-se realizar a análise e atualização econômica e financeira do plano do projeto (BACK *et al.*, 2008).

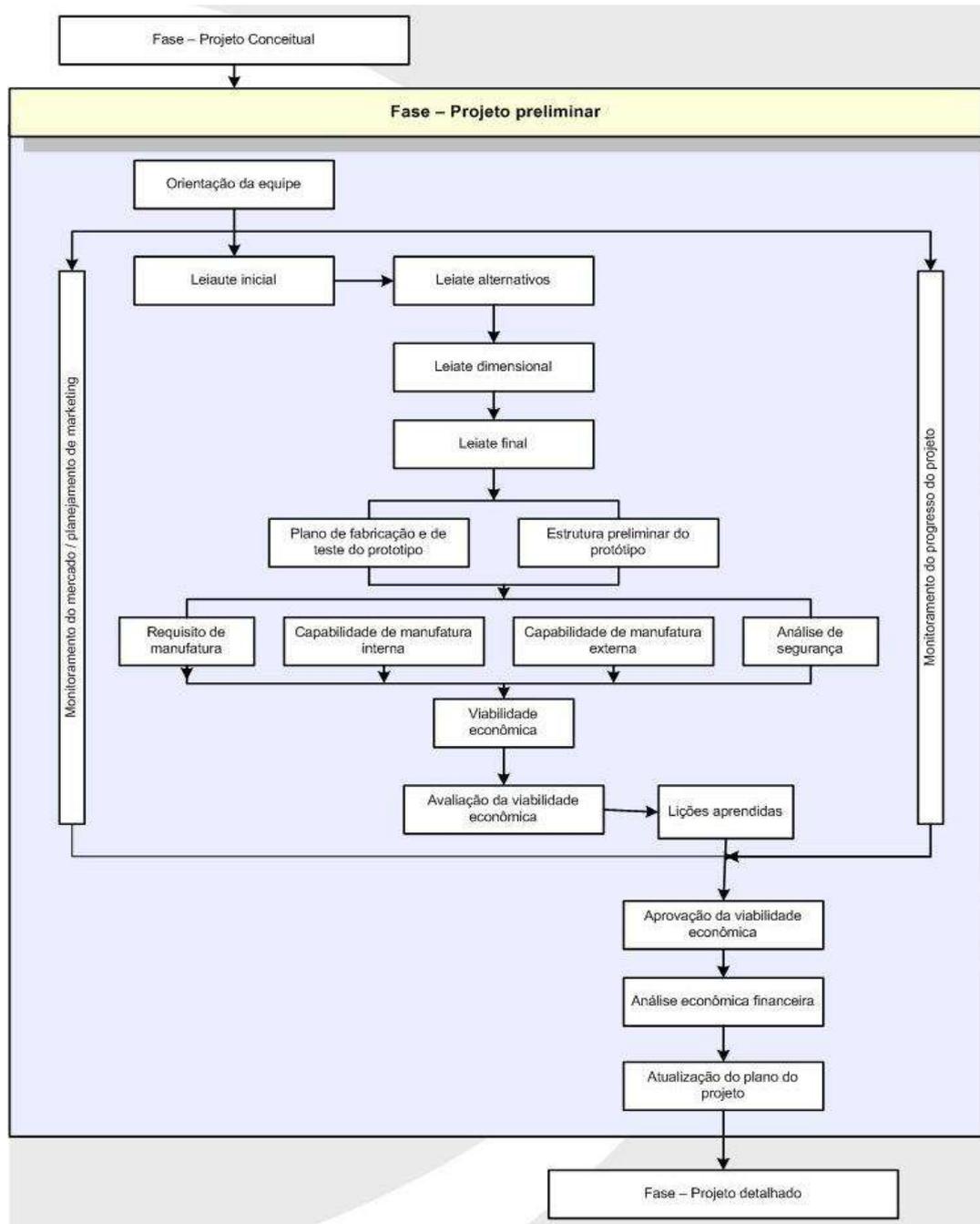
#### 2.1.4.5 Fase: Projeto Preliminar

A fase do Projeto Preliminar constitui a elaboração do projeto do produto. Inicia-se com a orientação da equipe de desenvolvimento acerca das atualizações do plano do projeto, conforme apresentado na Figura 11.

Segundo Romano (2003), a fase do projeto preliminar tem como objetivo obter o detalhamento inicial das concepções do produto, sendo que as principais atividades incluem a elaboração dos leiautes preliminares, detalhados e os desenhos de formas, encerrando-se com a verificação dos documentos gerados, onde o resultado da fase é o leiaute definitivo da concepção do produto.

As tarefas realizadas nesta fase são: 1) identificação das especificações de projeto que relacionam os requisitos de dimensões, leiaute de posição, material, segurança, ergonomia e manufatura; 2) definição dos componentes e/ou unidades de grupos existentes a serem utilizados, ou seja, comprados e/ou desenvolvidos por fornecedores; 3) revisão das patentes e considerações sobre aspectos legais e de segurança; 4) seleção de leiautes alternativos para atender ao número de modelos do produto definidos no planejamento de marketing; 5) estabelecimento das principais dimensões dos componentes, tipo de material, processo de fabricação, tolerâncias; 6) realização de testes com *mock-up* para confirmar o atendimento dos leiautes dimensionais sob o ponto de vista da viabilidade técnica do projeto, dos processos de manufatura, visando à otimização da concepção. Juntamente às tarefas são monitorados o mercado e o planejamento de marketing para identificar variações que podem influenciar no estabelecimento do leiaute final do produto (BACK *et al.*, 2008).

Figura 11 – Fluxograma da fase de projeto preliminar



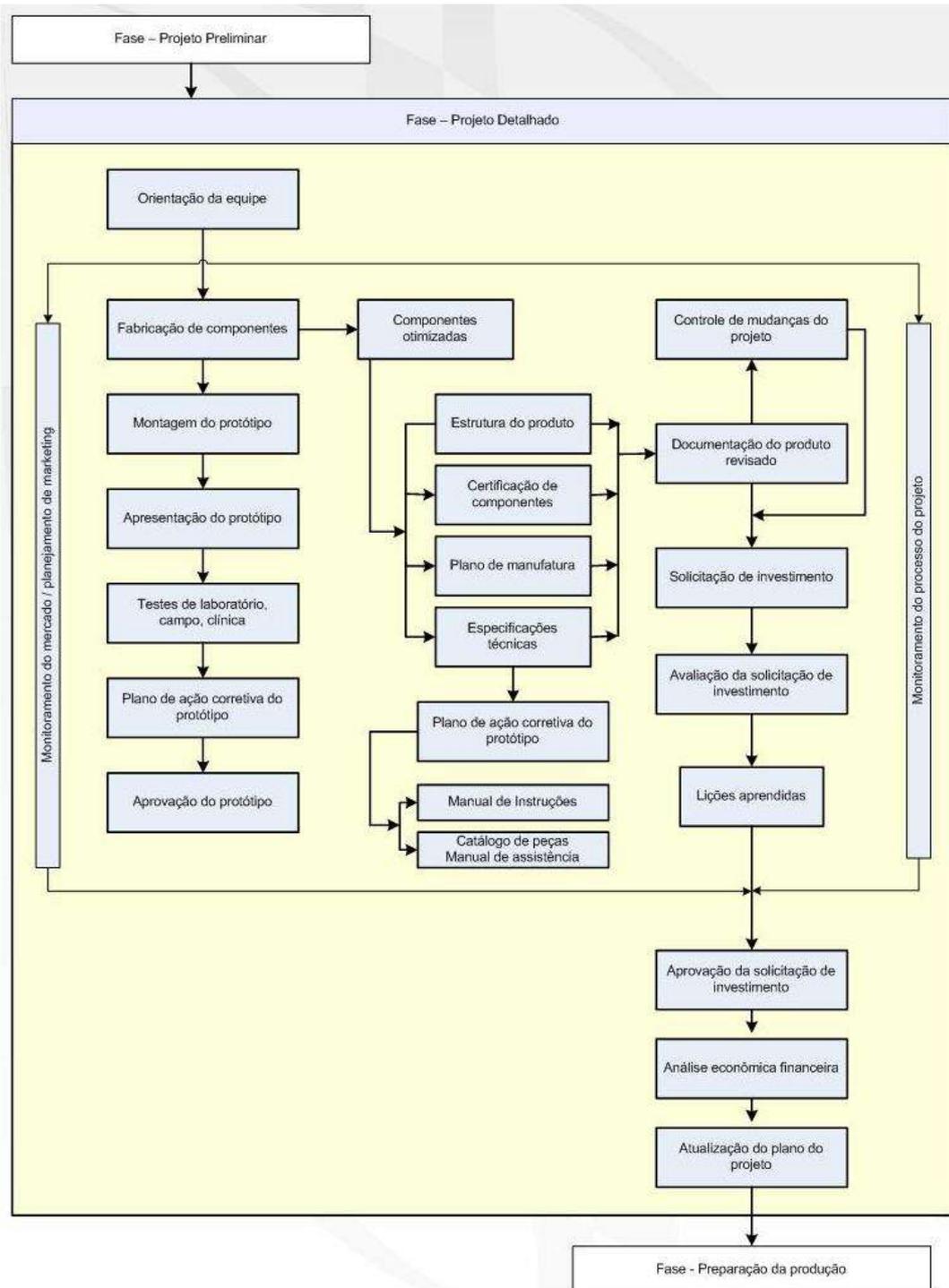
Fonte: Adaptado de Back *et al.*(2008).

Nesta fase do projeto preliminar faz uso de diferentes tipos de modelos para delinear o protótipo, como icônicos, analógicos, numéricos, computacionais e protótipos virtuais. Também, inicia-se o desenvolvimento do plano de fabricação e de teste do protótipo e a elaboração da estrutura preliminar do protótipo. Assim, definem-se os requisitos de manufatura do protótipo, avalia-se a capacidade de manufatura interna e externa dos componentes e, realiza-se a análise de segurança sobre o leiaute final. Back *et al.*(2008) argumentam que ao final da fase são realizadas a análise econômica e financeira e a

atualização do plano do projeto acerca do atendimento ao plano estratégico de negócio da empresa.

#### 2.1.4.6 Fase: Projeto Detalhado

Figura 12 – Fluxograma da fase de projeto detalhado



Fonte: Adaptado de Back *et al.* (2008).

De acordo com Romano (2003), a fase do projeto detalhado tem o objetivo de fixar a disposição, a forma, as dimensões e as tolerâncias de todos os componentes, assim como, as especificações dos materiais e a viabilidade técnica e econômica são reavaliadas. Como resultado esta fase compreende a documentação necessária para construção e a montagem do protótipo e produção do produto projetado, conforme ilustrado na Figura 12.

Neste contexto, Back *et al.*(2008) salientam que a fase do projeto detalhado tem os seguintes propósitos: aprovação do protótipo; finalização das especificações dos componentes; detalhamento do plano de manufatura; e preparação da solicitação de investimento. Simultaneamente ao teste e à aprovação do protótipo é realizada a conclusão das especificações dos componentes, e assim, a estrutura do produto é completada, os componentes certificados, o plano de manufatura detalhado e as especificações técnicas fixadas. Cabe também, a elaboração dos manuais de instrução, de assistência técnica e do catálogo de peças.

Após concluir o projeto do produto e o plano de manufatura, são efetuada a revisão da documentação e a implementação do controle das mudanças do projeto, e assim, segue-se para avaliação no plano estratégico de negócio da empresa, encerrando-se com a análise econômica e financeira do projeto de produto e a atualização do plano do projeto para solicitação do investimento. Do mesmo modo da fase do projeto preliminar, esta fase continua paralelamente o acompanhamento do planejamento de marketing e a monitorar o mercado.

### **2.1.5 Projeto Orientado para a Montagem – DFA**

O *Design for Assembly* (DFA), projeto para montagem, originou-se do conceito *Design for Manufacturing* (DFM), projeto para manufatura, decorrente da necessidade de reprojetar produtos para automatização da montagem. Sua aplicação levou tal relevância que se tornou metodologia de montagem, onde se orienta na consolidação dos componentes; na montagem vertical com o auxílio da gravidade; no uso de características de orientação e inserção nas partes; e a revisão do Projeto Conceitual por meio do consenso da equipe de projeto, no caso, promove a Engenharia Simultânea (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Neste contexto, o principal objetivo do DFA é simplificar a estrutura do produto a fim de reduzir custos (ROZENFELD *et al.*, 2006), para tanto, direciona-se em reduzir o número de componentes de um produto e facilitar a manipulação e a montagem das partes restantes. Cunha (2008) menciona que a DFA visa diminuir o distanciamento entre projeto e fabricação, cujas técnicas estão relacionadas ao desenvolvimento de produto e a engenharia simultânea, e

apresenta-se como natureza tecnológica, ou seja, utiliza-se de tecnologia de base computacional para dar suporte ao planejamento e controle das tarefas de projeto, destacando-se para a efetivação de uma comunicação mais adequada entre os membros da equipe interfuncional.

Mediante a definição, Rozenfeld *et al.* (2006) revelam que o DFA pode conceder uma síntese da qualidade acompanhada “no produto com o emprego de seus princípios ao avaliar qualitativamente o quão simplificado é a arquitetura do produto e o relacionamento entre os componentes”. Desta forma, Souza (1998) afirma que o DFA proporciona forte desempenho na fase do projeto de planejamento e desenvolvimento, pois resultam em redução de custo dos componentes que é significativamente maior que no custo de montagem. A este fato podem-se somar outros aspectos no projeto como flexibilidade, racionalização funcional, processos de alimentação, aperto e inserção nas relações estruturais, que tem relevância na decisão do projeto, pois envolvem: a arquitetura do produto; o número de componentes; a geometria dos componentes; os métodos de união; as tolerâncias de montagem; composição de superfícies; e materiais. Portanto, o DFA avalia todo o produto e seus componentes, buscando simplificar a arquitetura do produto e objetivando o mais eficiente uso da função do componente. Diante disso, Rozenfeld *et al.*(2006) e Back *et al.* (2008) mencionam os princípios do DFA no projeto que são:

- a) simplificar, integrar e reduzir o número de peças, pois cada peça constitui uma oportunidade para defeitos ou erros de montagem;
- b) projetar peças com múltiplas funções, e assim reduzindo custos de fabricação;
- c) padronização e uso de partes comuns e materiais para facilitar as atividades de projeto, minimizar o inventário e padronizar a manipulação e as operações de montagem;
- d) projetar produtos e montagem à prova de erros, de modo que o processo de montagem seja não ambíguo. Prever a montagem de peças, de cima para baixo ou em uma única direção, de forma que não deva ser reorientada;
- e) projetar partes que minimizem o esforço e a ambiguidade nas orientações e manipulações. As partes devem ser projetadas para ter orientação própria quando alimentadas em um processo. O projeto do produto deve evitar partes que se tornem emaranhadas ou desorientadas. O projeto das partes deve incorporar simetria, baixo centro de gravidade, detalhes facilmente identificáveis, superfícies guias e pontos que facilitem a captação e manipulação;
- f) minimizar partes flexíveis e interconexões. Evitar partes flexíveis e frágeis.

- g) projetar para a fácil montagem pela utilização de movimentos simples e minimização do número de eixos de montagem. Orientações complexas e movimentos de montagem em várias direções devem ser evitados. A montagem deverá ser procedida verticalmente com outras partes adicionadas no topo e posicionadas com auxílio da gravidade. Isso minimiza a necessidade de reorientar a montagem e reduz a necessidade de uniões temporárias e fixações complexas.
- h) projetar os componentes visando à automação do processo de montagem, pois geralmente o que é fácil de montar manualmente torna-se fácil de ser montado com automação.
- i) projetar os componentes de forma que facilite a inserção e fixação eficientes. Os parafusos, porcas e arruelas devem utilizar a padronização para minimizar a variedade; lembrando que cada elemento de fixação é mais um componente a ser armazenado, manipulado e posicionado; que os elementos de fixação não são baratos; prever fixações pela utilização de engates rápidos; garantir espaço suficiente para colocação de elementos de fixação e para os movimentos das ferramentas; e que os elementos de fixação são concentradores de tensões.
- j) projetar produtos modulares de submotangens para facilitar a montagem, visando minimizar o número de partes e as variações de montagem e os processos de manufatura. Os módulos podem ser manufaturados e montados em paralelo para reduzir o tempo global de produção do produto, e são mais facilmente testados antes da montagem final.

### **2.1.6 Usabilidade**

A palavra usabilidade vem da tradução do inglês “*usability*” que significa facilidade e comodidade no uso dos produtos em ambiente doméstico ou corporativo (IIDA, 2005).

Os conceitos de usabilidade provem dos estudos de ergonomia onde está associado ao ambiente de sistemas tecnológicos de informação, conhecido como interação humana com o computador (HCI). No entanto, Nielsen (1993) justifica que o conceito de usabilidade é mais amplo, pois aborda “a capacidade de um produto ser usado por seus usuários específicos para atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso”. Assim, além das interações entre o homem e o computador, a usabilidade tem o atributo de avaliar a qualidade de uso numa interface, abordando as questões de aprender e utilizar o produto com facilidade pelo usuário, ou seja, a possibilidade de medir as melhorias

de qualidade no desempenho do usuário ao interagir com o produto. Portanto, Iida (2005) esclarece que a usabilidade não depende somente das características do produto, pois considera os fatores do usuário, dos objetivos pretendidos e do ambiente em que o produto é usado. Neste sentido, Santos (2008) especifica que o contexto usabilidade do sistema está no uso eficaz, eficiente e agradável para o usuário.

Mediante este aspecto, a usabilidade é também definida pela atuação de múltiplos componentes, que são critérios básicos fundamentados nas normas de ISO 9241-11 de 1998 (ABNT, 2002), assim como, propostos por outros autores, com semelhanças, nos modelos de avaliações, conforme apresentado no Quadro 5.

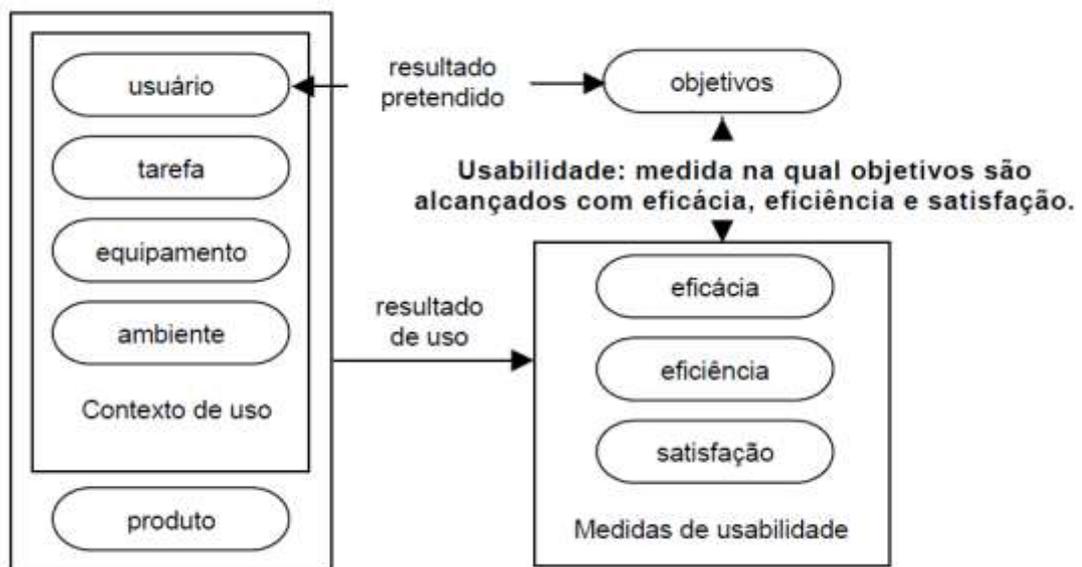
Quadro 5 – Componentes da Usabilidade

<b>Critério de Avaliação – ISO 9241-11 (ABNT 2002)</b>	
<b>Usabilidade</b>	Medida na qual um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso.
<b>Eficácia</b>	Acurácia e completude com as quais usuários alcançam objetivos específicos.
<b>Eficiência</b>	Recursos gastos em relação à acurácia e abrangência com as quais usuários atingem objetivos.
<b>Satisfação</b>	Ausência do desconforto e presença de atitudes positivas para com o uso de um produto.
<b>Contexto de uso</b>	Usuários, tarefas, equipamento (hardware, software e materiais), e o ambiente físico e social no qual um produto é usado.
<b>Sistema de trabalho</b>	Sistema, composto de usuários, equipamento, tarefas e o ambiente físico e social, com o propósito de alcançar objetivos específicos.
<b>Critério de Avaliação – Nielsen (1993)</b>	
<b>Facilidade de aprendizagem</b>	O sistema precisa ser fácil de aprender de forma que o usuário possa rapidamente começar a interagir. Este atributo de usabilidade está relacionado à primeira experiência que qualquer usuário tem com um sistema. Este fator é avaliado em função do tempo que o usuário demora para se tornar experiente na execução de suas tarefas.
<b>Eficiência</b>	O sistema precisa ser eficiente no uso, de forma que uma vez aprendido o usuário tenha um nível elevado de produtividade. Portanto, eficiência refere-se a usuários experientes, após um certo tempo de uso.
<b>Facilidade de relembrar – memorização</b>	A forma de utilização do sistema precisa ser fácil de relembrar. Assim, quando o usuário retornar depois de certo tempo, saberá como usá-lo sem ter que aprender novamente como utilizá-lo. Aumentar a facilidade de aprendizagem também torna a interface mais fácil de ser lembrada, mas tipicamente usuários que retornam a um sistema são diferentes dos usuários principiantes.
<b>Poucos Erros</b>	Erro é definido como uma ação que não leva ao resultado esperado. O sistema precisa ter uma pequena taxa de erros, ou seja, o usuário não pode cometer muitos erros durante o seu uso. Se ele errar, deve conseguir retornar a um estado livre de erros, sem perder qualquer coisa que tenha feito. Erros em que o usuário perde trabalho ou que não percebe que ocorreu um erro são exemplos de casos que não podem ocorrer.
<b>Satisfação subjetiva</b>	A satisfação está relacionada a percepção do usuário diante da interface do sistema, ou seja, do usuário gostar do sistema e sentir satisfeitos ao usá-lo. Deste modo, esta medida é subjetiva.
<b>Crítérios de avaliação – Bastien e Scapin (1993)</b>	
<b>Condução</b>	Este recurso tem o objetivo de orientar, informar e instruir o usuário, facilitando a execução de tarefas, sendo divididas em quatro subitens que são: feedback, legibilidade, agrupamento/ distinção de itens e agrupamento por formato,
<b>Carga de trabalho</b>	Relaciona-se com elementos da interface que ajudam a reduzir a carga de trabalho perceptiva e cognitiva, isto é, quanto menos passos o usuário tem para o procedimento de uso, melhor para reduzir a memorização das operações e possibilidade de erros. Este item

	divide-se em três subitens: brevidade/concisão, ações mínimas e densidade informacional.
<b>Controle explícito</b>	O usuário está sob o controle das ações do sistema e este se mostra “obediente” as ações do usuário. O processamento do sistema deve ser explícito ao usuário e terá maior controle sobre o sistema. Divide-se em dois subitens que são ações explícitas e controle do usuário.
<b>Adaptabilidade</b>	Refere-se à capacidade do sistema de adaptar-se às necessidades e às preferências do usuário. Este item também possui dois subitens que são: flexibilidade e experiência do usuário;
<b>Gestão de erros</b>	O conjunto de mecanismos capazes de prevenir e reduzir possíveis erros. Dividido em três subitens que são: proteção contra erros, qualidade das mensagens de erro e correção de erros.
<b>Consistência</b>	A coerência no modo que os aspectos de interface são mantidos em contextos semelhantes, e são diferentes quando aplicado aos contextos diferentes. Refere-se a homogeneidade ou a padronização dos elementos (cores, códigos, procedimentos que compõe o sistema).
<b>Significância do código</b>	A clareza com que os códigos e denominações são apresentados para o usuário. Deve haver uma relação semântica forte entre tais códigos e os itens ou ações às que eles se referem.
<b>Compatibilidade</b>	A relação entre as características dos usuários (percepção, idade, expectativas) e as tarefas, saídas e entradas do sistema.
<b>Critérios de avaliação de Santos (2008)</b>	
<b>Facilidade de aprender</b>	Critério que contemplem a ideia do sistema ser fácil de aprender, o que é o princípio básico da usabilidade. O sistema deve ser fácil de aprender e de manusear, a interface deve ser clara e objetiva.
<b>Facilidade de lembrar</b>	Critério de “re-usabilidade”, que a reutilização dessa ação depois de um tempo sem usar não deve reduzir a desempenho ou o tempo para realização da tarefa. Se a ação for facilmente lembrada esse tipo de perda não ocorrerá.
<b>Controle de erros</b>	Não resumir em apenas esperar do sistema a ocorrência de poucos erros, mas sim que o usuário seja claramente informado do que ocasionou o erro e permitir que o mesmo consiga resolvê-lo facilmente.
<b>Eficiência</b>	Refere-se do sistema fazer a coisa certa e deixar que o usuário consiga operá-lo de modo a atingir um alto grau de produtividade e desempenho na realização das tarefas.
<b>Eficácia</b>	Atribuição para fazer a coisa certa e da melhor forma possível. A eficácia é atingida, por exemplo, medindo o desempenho do sistema em função da velocidade de operação e da quantidade de erros produzidos, além da forma pelo qual a tarefa foi executada pelo sistema.
<b>Satisfação</b>	Critério subjetivo, e está diretamente ligado à opinião do usuário com relação às características como agradabilidade e conforto no uso.

Fonte: Baseado em ABNT (2002), Nielsen (1998), Bastien; Scapin (1993), Santos (2008).

Figura 13 – Estrutura de Usabilidade



Fonte: ABNT (2002).

Neste contexto, ABNT (2002) descreve uma estrutura que mostra o relacionamento entre a usabilidade e os componentes, ilustrado na Figura 13, cujas especificações ou a medição das condições de usabilidade são delineadas. Para tanto, apresenta a necessidade de identificar os objetivos e decompor a eficácia, eficiência e satisfação, e os componentes do contexto de uso em subcomponentes com atributos mensuráveis e verificações.

ABNT (2002) recomenda quanto à necessidade das informações, de forma detalhada, para especificar ou medir a usabilidade, que são: descrição dos objetivos pretendidos; descrição dos componentes de usos incluindo usuários, tarefas, equipamentos e ambientes; valores reais ou desejados para os contextos pretendidos. Estas informações pressupostas direcionam os objetivos da usabilidade para serem alcançados com eficácia, eficiência e satisfação.

Para avaliação de usabilidade, Dias (2007) recomenda três métodos que foram elaborados e estão orientados para ambientes de portais eletrônicos que podem conformar em outros sistemas, a saber: método de inspeção, métodos de teste com o usuário e métodos em modelos. Dentre os métodos, o de inspeção é aplicado por especialistas, geralmente com conhecimento ergonômico, por meio de regras, conceitos pré-estabelecidos para identificar problemas de usabilidade. Como exemplo, a aplicação do método de avaliação heurística que analisa o fluxo para compreender a interação do sistema em relação aos critérios de usabilidade.

Dias (2007) enfatiza os critérios de escolha para avaliação, colocando em relevância a forma de coleta de dados; os tipos de dados usados no método-empírico ou analíticos; as fontes de dados considerada no método referente a observação de fenômenos, opiniões dos usuários e avaliadores, entrevistas, questionários; o local de coleta de dados. A autora complementa que a escolha de métodos para avaliação de usabilidade deve ser adequada para aplicar, também, nas fases do processo de desenvolvimento, seja na fase conceitual, projeto ou desenvolvimento de protótipo, implementação ou produtos em uso.

### **2.1.7 Ergonomia do Produto**

Back *et al.* (2008, p.553) expressam o termo “projeto para uso amigável” ao tratar dos atributos que orientam para a qualidade de produto. Entre os atributos estão o projeto ergonômico, os fatores humanos no projeto, o projeto para operação e o projeto para uso. Desta forma, o projeto relacionado aos fatores humanos refere-se ao desenvolvimento de produtos de fácil compreensão e seguros nos usos apropriados às condições físicas do homem.

Assim como o estudo de ergonomia está definido para os aspectos que concerne à harmonia entre os produtos e as pessoas que os usam, com ênfase a fatores físicos do usuário do produto como: alcance aos controles e comandos; forças requeridas; temperaturas; vibrações; acelerações; ruídos; cognição; tensões e danos ao usuário.

Neste contexto, Chapanis (1972, p.26) propôs na década de 70 que ergonomia de projeto ou engenharia dos fatores humanos abarca-se na “aplicação de informações ergonômicas para o projeto de ferramentas, máquinas, sistemas, tarefas, empreitadas e ambientes para um seguro, efetivo e confortável uso humano”, sendo que a essência da definição continua presente nos dias atuais. Além disso, a ergonomia é considerada multidisciplinar por estar presente e contribuindo nas áreas distintas como engenharia de segurança de trabalho, medicina do trabalho, administração, engenharia de produção, sistemas de informação dentre outros, por promover uma abordagem centrada no ser humano em relação ao sistema de trabalho que abrangem fortemente os fatores físicos, cognitivos, organizacionais, sociais e ambientais (CHAPANIS, 1975; 1999), (MONTMOLLIN, 1990), (VIDAL, 1998), (IIDA, 2005).

Mediante a este ponto, Baxter (2001) sustenta que todos os produtos são projetados para serem usados, de alguma forma, pelo homem, e, por conseguinte, aconselha a análise de tarefa que explore as interações entre os produtos e o seu usuário podendo se estender para aplicação dos métodos ergonômicos e antropométricos que por sua vez oportunizam para gerar e melhorar a interface entre homem-produto. Esta atividade para Back *et al.* (2008), refere-se ações humanas necessárias para operar o produto, onde a operação é desdobrada em tarefas e subtarefas, sendo que cada uma é analisada em termos de força muscular, frequência de aplicação, posturas, informações necessárias, processo mental, ações que devam ser tomadas de acordo com as condições que envolve o meio ambiente.

Ao se aprofundar na definição do conceito de ergonomia, a reunião do conselho científico da *International Ergonomics Association* no ano de 2000 estabelece que ergonomia ou fatores humanos “é a disciplina científica que trata da compreensão das interações entre os seres humanos e outros elementos de um sistema, e a profissão que aplica teorias, princípios, dados e métodos, a projetos que visam otimizar o bem estar humano e a performance global dos sistemas” (IEA,2001). Visto que a palavra ergonomia deriva-se do grego “ergon” que significa trabalho e “nomos” que são leis ou regras, e a princípio, a ergonomia estudava o homem no seu ambiente de trabalho, e agora os seus objetivos ampliaram-se e estuda a interações entre as pessoas e os artefatos em geral, e o seu meio ambiente (BAXTER, 2001), (ROZENFELD, 2006), (IEA, 2001). Logo, a ergonomia é uma disciplina que está orientada

para o aspecto da atividade humana, assim, denota-se à ciência do trabalho, cujo papel é promover uma abordagem holística do trabalho. Para Dias (2007) a ergonomia apresenta seis aspectos definidos concernentes entre o produto e o usuário que são: funcionalidade, confiabilidade, usabilidade, eficiência, possibilidade de manutenção e portabilidade.

Os ergonomistas, profissionais que atuam na área de ergonomia realizam o planejamento, projeto e avaliação de tarefas, postos de trabalho, produtos, ambientes e sistemas de forma que os tornem compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas. Desta forma, estes profissionais analisam o trabalho de forma global, sendo relevante o domínio das disciplinas acerca de ordem física, cognitiva, social, organizacional, ambiental e de outros (IEA, 2001), (IIDA, 2005).

Em vista que a ergonomia estuda diversos fatores que influenciam no desempenho do trabalhador, e também de reduzir as consequências físicas no trabalho, Iida (2005) orienta que é relevante considerar os pontos de reduzir a fadiga, estresse, erros e acidentes, para proporcionar segurança, satisfação e saúde aos trabalhadores durante o seu relacionamento com o sistema produtivo. Assim, a contribuição da ergonomia pode-se classificar em:

- a) Ergonomia de concepção – contribuição ergonômica que se faz durante o projeto do produto, da máquina, ambiente ou sistema;
- b) Ergonomia de correção – aplicada em situações reais, já existentes, para resolver problemas que se refletem na segurança, fadiga excessiva, doenças do trabalhador ou quantidade e qualidade da produção;
- c) Ergonomia de conscientização – procura capacitar os próprios trabalhadores para a identificação e correção dos problemas do dia-a-dia ou aqueles emergenciais;
- d) Ergonomia de participação – procura envolver o próprio usuário do sistema, na solução de problemas ergonômicos.

A ergonomia como interdisciplinaridade, Vidal (1998) argumenta que interage com várias disciplinas como a Fisiologia, a Psicologia, a Sociologia, a Lingüística e práticas de profissionais como a Medicina do Trabalho, o Design, a Sociotécnica e as Tecnologias de estratégia e organização, abrangendo os campos das ciências da vida, técnicas, humanas e sociais, cujas áreas de estudo se orientam para o design, arquitetura e engenharia, conforme apresentada na Figura 14. Pois, a interdisciplinaridade favorece a busca de como modelar a atividade de trabalho e assim, garantir a qualidade operacional. Desse modo, Vidal (2001) expressa que a ergonomia é:

a ocupação de pessoas qualificadas para responder as demandas acerca da atividade de trabalho e do uso de produtos. Demandas que estabelecem campos de interesse amplos e diversificados, que abrangem temas que vão da anatomia a teoria das organizações, do cognitivo ao social, do conforto a prevenção de acidentes. E que, por isso mesmo, estão acima da capacidade de um profissional, requerendo uma multidisciplinaridade, para formar uma equipe, e uma interdisciplinaridade, para que possam trabalhar juntos e conseguir bons resultados.

Figura 14 – Interdisciplinaridade da Ergonomia



Fonte: Vidal (1998).

Neste aspecto, Baxter (2001) menciona que a ergonomia usa os conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia, os quais são aplicados ao projeto de objetos. Complementam Rozenfeld *et al.*(2006) e o IEA (2001) que a ergonomia têm competências nos atributos humanos específicos e características das interações humanas entre si, e destes com os sistemas, os quais constituem a:

- a) Ergonomia física – concernente às características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica em sua relação a atividade física. Ou seja, aborda a interação homem-sistema em questão em termos de conforto físico. Os tópicos relevantes incluem a postura no trabalho, manuseio de materiais, movimentos repetitivos, distúrbios músculo esqueléticos relacionados ao trabalho, projeto de postos de trabalho, segurança e saúde;
- b) Ergonomia cognitiva – acerca dos processos mentais tais como percepção, memória, raciocínio e resposta motora, conforme afetam interações entre seres

humanos e outros elementos de um sistema. Desta forma, aborda a interação homem-sistema por meio da análise da troca de informações. Os tópicos relevantes incluem carga mental de trabalho, tomada de decisão, performance especializada, interação homem-computador, stress e treinamento conforme estes se relacionam aos projetos envolvendo seres humanos e sistemas;

- c) Ergonomia organizacional – no que concerne a otimização dos sistemas sócio-técnicos, incluindo suas estruturas organizacionais, políticas e processos. Os tópicos relevantes incluem comunicações, gerenciamento de recursos de tripulações (CRM – domínio aeronáutico), projeto de trabalho, organização temporal do trabalho, trabalho em grupo, projeto participativo, ergonomia comunitária e trabalho cooperativo de novos paradigmas do trabalho, cultura organizacional, organizações em rede, teletrabalho e gestão da qualidade.

Enfim, para obter um projeto adequado em termos de ergonomia, Rozenfeld *et al.* (2006) e Back *et al.* (2008) recomendam os seguintes fatores:

- a) adequar o produto às características físicas e ao conhecimento do usuário, evitando que exerça movimentos e forças extremos e complicados;
- b) simplificar e reduzir as tarefas necessárias durante a operação do produto, de modo que as funções de facilidade para o uso e as informações operacionais sejam claras, visíveis e não ambíguas;
- c) prevenir os possíveis erros humanos implantando restrições para prevenir ações incorretas por parte do usuário, assim como, levar o conhecimento das operações que forem selecionadas;
- d) proporcionar tempo curto no aprendizado da operação ou uso do produto; acomodação para uso de todos os usuários e obter a satisfação subjetiva do usuário.

Quanto a influência da ergonomia no sistema de manufatura, Rozenfeld *et al.* (2006) apontam algumas características do produto que são: fragilidade e peso dos componentes; tamanho, quantidade e torque de aperto dos elementos de fixação; posição e localização das superfícies; acessibilidade e folga dos componentes; e identificação e diferenciação de componentes.

## 2.2 TECNOLOGIA ASSISTIVA

De acordo com Story *et al.* (1998), a Tecnologia Assistiva (TA) surgiu juntamente com a Engenharia de Reabilitação em meados do século 20 devido a necessidade de melhorar as próteses e órteses de milhares de soldados que retornaram com deficiência física da Segunda Guerra Mundial em 1940. Desta forma, a partir da década de 1950, os centros de engenharia de reabilitação buscaram soluções pesquisando áreas de tecnologias e reabilitação, incluindo questões de mobilidade, comunicação e transporte. Com isso, a área de engenharia de reabilitação tornou-se especializada com fundamentação e aplicação de metodologias científicas, cuja função assiste tecnologicamente o usuário específico com aplicação de dispositivos acerca de aumentar as capacidades físicas, sensoriais e cognitivas, e assim proporcionar certa autonomia ao usuário.

Mediante o contexto, encontra-se o propósito comum entre a engenharia de reabilitação e a TA, inclusive do desenho universal, o qual orienta para reduzir as barreiras físicas e atitudinais entre pessoas com e sem deficiência. No entanto, a TA atende às necessidades específicas dos indivíduos e o desenho universal tem a visão de atender a todos, assim, verifica-se que existe uma lacuna entre o conceito de “universal” e “apoio”, porém Story *et al.* (1998) salientam que pode existir pontos em comum para alguns produtos cuja estrutura projetada possibilita atender a maioria das pessoas, e mais a função de tecnologia assistiva. Normalmente, estes produtos são concebidos como um dispositivo de alta tecnologia, tais como software de reconhecimento de voz. Portanto, a cooperação entre os profissionais de áreas diferentes podem contribuir na diversidade de atender o usuário, quanto à investigação de novos designers e aprofundar nas técnicas de reabilitação, ergonomia de deficiência e envelhecimento, assim como envolver nos estudos de ambientes funcionais, seguro, atrativo e de expectativas de negócios.

Desta forma, surgem os estudos ambientais, onde Sasaki (2003) explana a reconstituição histórica de integrar pessoas com deficiência e mobilidade reduzida nos países desenvolvidos, em termos de construções ambientais, arquitetônicas e objetos, conforme ilustrado no Quadro 6. Para tanto, Sasaki (2003) divide em três períodos, e relata que:

- a) No período de 1960 à 1970 a prática do conceito era adaptabilidade, onde aplicava-se o desenho adaptável, ou seja, a função era de adaptar os ambientes para as pessoas com deficiência, principalmente os locais pós-construídos como prédios antigos que foram projetados sem conceitos de acessibilidade. Sendo assim, inicia-se o paradigma com o termo “integração social”.

- b) Na década de 80, a prática do conceito passou para acessibilidade, concebendo o projeto de desenho acessível, o qual o objetivo era de não inserir elementos obstrutivos nos projetos de produtos e ambientes, isto é, os projetos de pré-construção começaram a focar no acesso das pessoas com deficiência, e assim, o paradigma de integração foi alterado para “inclusão social”.
- c) A partir da década de 90, entra o conceito de universalidade que concerne à prática do projeto com desenho universal, onde os projetos na pré-construção são definidos para o acesso a todos, portanto, focados às pessoas sem e com deficiência. E, o paradigma prossegue com a “inclusão social”.

Quadro 6 – Construção de ambiente e objetos em países desenvolvidos

Teoria de Projeto	Definição	Período	Foco	Conceito	Paradigma
<b>Desenho adaptável</b>	Adaptar os ambientes obstrutivos. Para pós-construção	Década de 60 e 70	Pessoas com deficiência	Adaptabilidade	Integração (até 1979)
<b>Desenho acessível</b>	Deixou de incorporar elementos obstrutivos nos projetos de produtos e ambientes. Para pré-construção	Década de 80	Pessoas com deficiência	Acessibilidade	Integração (1980-1984) Inclusão (a partir de 1985)
<b>Desenho universal</b>	Projetados para todos. Para pré-construção	Década de 90 + século 21	Pessoas com e sem deficiência	Universalidade	Inclusão

Fonte: Baseado em Sasaki ( 2003; 2011)

Diante deste contexto, os estudos e conceitos de recursos e ferramentas de apoio acompanham e promovem a autonomia e acessibilidade às pessoas com necessidades especiais. Estes recursos, denominados de TA, estão cada vez mais presentes no cotidiano e assim amplia e fortalece as áreas que envolvem o desenvolvimento do mesmo.

No Brasil, o termo TA surge por volta de 1988, foi traduzido de “assistive technology”, no entanto verifica-se que ainda não existe a palavra “assistiva” nos dicionários da Língua Portuguesa. Portanto, Sasaki (1996 *apud* GALVÃO FILHO, 2009b) relata que trata-se de uma palavra que foi surgindo aos poucos no universo do vocabulário técnico e/ou popular conhecido como um fenômeno rotineiro nas línguas vivas. A palavra “assistiva” que significa algo como “que existe, ajuda, auxilia”, segue a mesma formação das palavras com o sufixo “tiva”, já incorporada ao léxico português provido do inglês; assim como foram incorporadas as palavras “active” para “ativa”, “adaptive” para “adaptativa”, “applicative” para “aplicativa”. Desta forma, afirma Sasaki (1996 *apud* GALVÃO FILHO, 2009b), “urge

certa uniformidade na terminologia adotada ao referir-se no significado da Tecnologia Assistiva”.

Encontra-se, também, outras terminologias para TA como “Ajudas Técnicas”, “Tecnologia de Apoio”, “Tecnologia Adaptativa” e “Adaptações”, inclusive na legislação brasileira, o Decreto Federal nº 5296/2004, apresenta o termo ajudas técnicas quando se trata de dar garantias ao cidadão brasileiro com deficiência de acesso a recursos destinados a melhorar suas habilidades funcionais (BRASIL, 2004).

Neste aspecto, foram encontradas na literatura as seguintes definições da TA:

- a) No Catálogo Nacional de Ajudas Técnicas de Portugal (CNAT,2008) apresenta-se como: ”ajudas técnicas de qualquer produto, instrumento, estratégia, serviço e prática utilizada por pessoas com deficiência e pessoas idosas, especialmente produzido ou geralmente disponível para prevenir, compensar, aliviar ou neutralizar uma deficiência, incapacidade ou desvantagem e melhorar a autonomia e a qualidade de vida dos indivíduos”;
- b) Na ADA – American with Disabilities Act, Cook e Hussey (1995) mencionam que a TA é “uma ampla gama de equipamentos, serviços, estratégias e práticas concebidas e aplicadas para minorar os problemas encontrados pelos indivíduos com deficiências”;
- c) Conforme Bersch (2008), TA “é um termo ainda novo, utilizado para identificar todo o arsenal de recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência e consequentemente promover vida independente e inclusão”;
- d) Pelo Comitê de Ajudas Técnicas (CAT) e Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República (SEDH), a “tecnologia assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (CAT, 2007)”;
- e) Galvão Filho (2009) explica que a TA concerne a qualquer recurso, produto ou serviço que favoreça a autonomia, a atividade e a participação da pessoa com deficiência, que encontra forte aliado nas tecnologias de informação e comunicação. Deste modo, por meio da TA e tecnologia de informação e

comunicação, as pessoas até com graves comprometimentos começam a poder realizar atividades ou desempenhar tarefas que, até bem recentemente, lhes eram inalcançáveis;

- f) No Decreto Federal nº 5296/2004 usa-se o termo ajuda técnica e salienta que são “produtos, instrumentos, equipamentos ou tecnologia adaptados ou especialmente projetados para melhorar a funcionalidade da pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida, favorecendo a autonomia pessoal, total ou assistida” (BRASIL, 2004).

Os recursos de TA são classificados de acordo com objetivos funcionais e finalidades a que se destinam, sendo assim, na Norma Técnica Internacional – UNIT-ISO 9999 (2008) e no Programa de Certificação em Aplicações da Tecnologia Assistiva – ATACP do College of Extended Learning and Center on Disabilities, da California State University de Northridge (BERSCH, 2008) seguem conforme a utilização, prescrição, estudo e pesquisa destes materiais e serviços, e, oferece ao mercado focos específicos de serviço e especialização. O Quadro 7 apresenta as classificações dos recursos da TA.

Quadro 7 – Classificação dos recursos da Tecnologia Assistiva

	<b>Classificação</b>
01	Auxílios de mobilidade: a mobilidade pode ser auxiliada por bengalas, muletas, andadores, carrinhos, cadeiras de rodas manuais ou elétricas, scooters e qualquer outro veículo, equipamento ou estratégia utilizada na melhoria da mobilidade pessoal.
02	Órteses e próteses: próteses são peças artificiais que substituem partes ausentes do corpo. Órteses são colocadas junto a um segmento corpo, garantindo-lhe um melhor posicionamento, estabilização e/ou função. São normalmente confeccionadas sob medida e servem no auxílio de mobilidade, de funções manuais (escrita, digitação, utilização de talheres, manejo de objetos para higiene pessoal), correção postural, entre outros.
03	Auxílios para a vida diária e vida prática: materiais e produtos que favorecem desempenho autônomo e independente em tarefas rotineiras ou facilitam o cuidado de pessoas em situação de dependência de auxílio, nas atividades como se alimentar, cozinhar, vestir-se, tomar banho e executar necessidades pessoais. São exemplos os talheres modificados, suportes para utensílios domésticos, roupas desenhadas para facilitar o vestir e despir, abotoadores, velcro, recursos para transferência, barras de apoio, etc.
04	Projetos arquitetônicos para acessibilidade ou mobilidade pessoal: projetos de edificação e urbanismo que garantem acesso, funcionalidade e mobilidade a todas as pessoas, independente de sua condição física e sensorial. Adaptações estruturais e reformas na casa e/ou ambiente de trabalho, através de rampas, elevadores, adaptações em banheiros, mobiliário entre outras, que retiram ou reduzem as barreiras físicas.
05	Sistemas de controle de ambiente: Através de um controle remoto, as pessoas com limitações motoras, podem ligar, desligar e ajustar aparelhos eletro-eletrônicos como a luz, o som, televisores, ventiladores, executar a abertura e fechamento de portas e janelas, receber e fazer chamadas telefônicas, acionar sistemas de segurança, entre outros, localizados em seu quarto, sala, escritório, casa e arredores. O controle remoto pode ser acionado de forma direta ou indireta e neste caso, um sistema de varredura é disparado e a seleção do aparelho, bem como a determinação de que seja ativado, se dará por acionadores (localizados em qualquer parte do corpo) que podem ser de pressão, de tração, de sopro, de piscar de olhos, por comando de voz etc.
06	Comunicação Aumentativa e Alternativa Destinada a atender pessoas sem fala ou escrita funcional ou em defasagem entre sua necessidade comunicativa e sua habilidade em falar e/ou escrever. Recursos como as pranchas de comunicação, construídas com simbologia gráfica (BLISS, PCS e outros), letras ou palavras escritas, são utilizados pelo usuário da CAA para expressar suas questões, desejos, sentimentos,

	entendimentos. A alta tecnologia dos vocalizadores (pranchas com produção de voz) ou o computador com softwares específicos, garantem grande eficiência à função comunicativa.
07	Adaptações em veículos: acessórios e adaptações que possibilitam uma pessoa com deficiência física dirigir um automóvel, facilitadores de embarque e desembarque como elevadores para cadeiras de rodas (utilizados nos carros particulares ou de transporte coletivo), rampas para cadeiras de rodas, serviços de auto- escola para pessoas com deficiência.
08	Auxílio de equipamentos para melhorar o ambiente, ferramentas e máquinas, como recursos de acessibilidade ao computador: conjunto de hardware e software especialmente idealizado para tornar o computador acessível, no sentido de que possa ser utilizado por pessoas com privações sensoriais e motoras. São exemplos de equipamentos de entrada os teclados modificados, os teclados virtuais com varredura, mouses especiais e acionadores diversos, softwares de reconhecimento de voz, ponteiros de cabeça por luz entre outros. Como equipamentos de saída pode-se citar o sintetizador de voz, monitores especiais, os softwares leitores de texto (OCR), impressoras Braille e linha Braille.
09	Adequação postural: ter uma postura estável e confortável é fundamental para que se consiga um bom desempenho funcional. Fica difícil a realização de qualquer tarefa quando se está inseguro com relação a possíveis quedas ou sentindo desconforto. Um projeto de adequação postural diz respeito à seleção de recursos que garantam posturas alinhadas, estáveis e com boa distribuição do peso corporal. Indivíduos cadeirantes, por passarem grande parte do dia numa mesma posição, serão os grandes beneficiados da prescrição de sistemas especiais de assentos e encostos que levem em consideração suas medidas, peso e flexibilidade ou alterações músculo-esqueléticas existentes. Adequação postural diz respeito a recursos que promovam adequações em todas as posturas, deitado, sentado e de pé, portanto, as almofadas no leito ou os estabilizadores ortostáticos, entre outros, também podem fazer parte deste capítulo da TA.
10	Auxílios para cegos ou para pessoas com visão subnormal: equipamentos que visam a autonomia das pessoas com deficiência visual na realização de tarefas como: consultar o relógio, usar calculadora, verificar a temperatura do corpo, identificar se as luzes estão acesas ou apagadas, cozinhar, identificar cores e peças do vestuário, verificar pressão arterial, identificar chamadas telefônicas, escrever, ter mobilidade independente etc. Inclui também auxílios ópticos, lentes, lupas e teléupas; os softwares leitores de tela, leitores de texto, ampliadores de tela; os hardwares como as impressoras Braille, lupas eletrônicas, linha Braille (dispositivo de saída do computador com agulhas táteis) e agendas eletrônicas.
11	Auxílios para pessoas com surdez ou com déficit auditivo: auxílios que inclui vários equipamentos (infravermelho, FM), aparelhos para surdez, telefones com teclado-teletipo (TTY), sistemas com alerta tátil-visual, entre outros.

Fonte: Baseado em UNIT-ISO 9999, 2008; BERSCH, 2008

Portanto, a TA é toda e qualquer ferramenta, recurso ou processo utilizado com a finalidade de proporcionar uma maior independência e autonomia à pessoa com deficiência ou dificuldades. Pode-se considerar TA, desde artefatos simples, como uma colher adaptada ou um lápis com uma empunhadura mais grossa para facilitar a preensão, até sofisticados programas especiais de computador que visam à acessibilidade (ITS;MICROSOFT, 2008).

### 2.2.1 Acessibilidade

O termo acessibilidade concerne a todos, ou seja, pessoas com ou sem deficiência, o direito de acessar rede de informações, de eliminação de barreiras arquitetônicas, de disponibilidade de comunicação, de acesso físico, de equipamentos e programas adequados, de conteúdo e apresentação da informação em formatos alternativos, na condição para utilização, com segurança e autonomia, total ou assistida (BRASIL, 2004). Desta forma, promover a acessibilidade é identificar e eliminar os elementos obstrutivos para conceber o

pleno acesso às pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida, e assim, a acessibilidade exerce na integração e inclusão social.

Conforme a Lei Federal nº 10.098/2000 (BRASIL, 2000b), estabelece normas quanto a promoção da acessibilidade das pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida, mediante a supressão de barreiras e de obstáculos nas vias e espaços públicos, no mobiliário urbano, na construção e reforma de edifícios e nos meios de transporte e de comunicação.

A relação da acessibilidade e usabilidade dos produtos e serviços tornou-se essencial com o crescimento de pessoas idosas na população mundial, conquanto nem todos os idosos são pessoas com deficiência, são de maior número entre esse grupo demográfico. Portanto, é imprescindível reconhecer as limitações funcionais e cognitivas das pessoas idosas, pois as necessidades e capacidades das pessoas alteram-se à medida que a idade for avançando, e assim, as habilidades dos indivíduos podem comprometer-se consideravelmente com o envelhecimento. Para tanto, buscam-se organização de normalização que atendam as necessidades das pessoas com deficiência e pessoas idosas no desenvolvimento de soluções na área de TA e projeto de desenvolvimento acessível para garantir os seus interesses (CEN;CENELEC, 2002).

Conforme a Acessibilidade Brasil (2009), a ONU (Organização das Nações Unidas) preconizou condições sociais igualitárias até 2010, pela equiparação de oportunidades e inclusão da pessoa com deficiência, desde o direito de nascer, e inclusive no trabalho, que lhe assegura lugar na comunidade humana. Alguns dos princípios são:

- a) valorização das diferenças e necessidades decorrentes da deficiência;
- b) defesa da igualdade de direitos entre a pessoa com deficiência e qualquer outra;
- c) identificação de seus direitos em conseguir que o Estado e a sociedade deem solução de continuidade das restrições de participação, provenientes do ambiente humano e físico contra a pessoa com deficiência.

No intento de atender as condições sociais, a ABNT (2004) disponibiliza no NBR 9050, as normas brasileiras de acessibilidade às edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, destacando-se a força de lei e as informações de padronização como parâmetros antropométricos, formas de comunicação e sinalização e parâmetros de dimensionamento em diversas situações. Vale ressaltar que são informações úteis para se utilizar como valores de referência, principalmente das medidas vistas por vários ângulos tanto da PcD, assim como dos locais e utensílios.

O conceito de acessibilidade estendeu de tal forma, que associou com o compromisso de melhorar a qualidade de vida de todas as pessoas. Desta forma, ITS e Microsoft (2008) exemplificam apontando a escola e a sociedade, cuja participação de serem inclusivas é essencial à atribuição de seis dimensões de acessibilidade, que são:

- a) Arquitetônica: elimina barreiras em todos os ambientes físicos (internos e externos) da escola, incluindo o transporte escolar;
- b) Comunicacional: transpõe obstáculos em todos os âmbitos da comunicação, considerada nas suas diferentes formas (falada, escrita, gestual, língua de sinais, digital, entre outras);
- c) Metodológica: facilita o acesso ao conteúdo programático oferecido pelas escolas, ampliando estratégias para ações na comunidade e na família, favorecendo a inclusão;
- d) Instrumental: possibilita a acessibilidade em todos os instrumentos, utensílios e equipamentos, utilizados na escola, nas atividades de vida diária, no lazer e recreação;
- e) Programática: combate o preconceito e a discriminação em todas as normas, programas, legislação em geral que impeçam o acesso a todos os recursos oferecidos pela sociedade, promovendo a inclusão e a equiparação de oportunidade;
- f) Atitudinal: extingue todos os tipos de atitudes preconceituosas que impeçam o pleno desenvolvimento das potencialidades da pessoa com deficiência.

### **2.2.2 Desenho Universal**

A terminologia “*Universal Design*” foi criada pelo arquiteto Ron Mace em 1987 que usava cadeira de rodas e um respirador artificial. O objetivo de Mace foi de projetar e produzir um produto, tornando-o utilizável por todas as pessoas, e assim, formou um grupo de arquitetos para estabelecer os princípios do desenho universal, os quais são adotados mundialmente nos programas de acessibilidade (CARLETTO; CAMBIAGHI, 2010).

O princípio do Desenho Universal provem do conceito “*barrier-free*” (STORY *et al.*,1998), ou seja, uma perspectiva de design de livre acesso. Isto partiu do pressuposto de atender a necessidade comum das pessoas ao acesso sem barreira e sem que aparentasse as características que determine que esteja direcionada à pessoa com necessidades especiais. Este contexto de design livre de barreiras e acessibilidade arquitetônica foram se

estabelecendo gradativamente no âmbito político, econômico e social, assim como, verificou-se que a implementação de requisitos como adaptação para atender especificamente as necessidades especiais propicia custo elevado, e geralmente são apresentados sem aspecto aprazível. Além disso, com as mudanças ambientais, sucedeu-se que entre muitas características definidas para atender PcD, também podem beneficiar à outrem, e assim, concede o reconhecimento do desenho universal, onde os requisitos podem ser implantados normalmente para todos, sem segregar o usuário, com menos dispêndio, sem rótulo, de melhor aparência e até estender para o comercialização. Deste modo, Carletto e Cambiaghi (2010) definem o projeto universal como um processo de:

criar os produtos que são acessíveis para todas as pessoas, independente de suas características pessoais, idade ou habilidades. Os produtos universais acomodam uma escala larga preferências e de habilidades individuais ou sensoriais dos usuários. A meta é que qualquer ambiente ou produto poderá ser alcançado, manipulado e usado, independentemente do tamanho do corpo do indivíduo, sua postura ou mobilidade. **O Desenho Universal não é uma tecnologia direcionada apenas aos que dele necessitam: é desenhado para todas as pessoas [...]** de evitar a necessidade de ambientes e produtos especiais para pessoas com deficiência, assegurando que todos possam utilizar com segurança e autonomia os diversos espaços construídos e objetos. (grifo do autor)

Neste aspecto, diante da complexidade dos requisitos, Story *et al.*(1998) complementa que cada pessoa é um ser único na idade, tamanho, habilidades, talentos e preferências. Sendo assim, torna-se impraticável formar uma amostra com todas as características humanas, porém há necessidade de uma aplicação bem sucedida dos princípios de desenho universal para requerer um entendimento de como as habilidades variam com a idade, tipo de deficiência, do ambiente ou das circunstâncias. Portanto, para realizar o projeto com definições, as habilidades humanas podem ser agrupadas nas seguintes categorias: cognição, visão, audição, fala, funções corporais, funções do braço, função da mão, e mobilidade. Estas categorias podem influenciar na configuração do projeto do produto, ou seja, dependem do usuário, ambiente e a abrangência quanto à usabilidade.

Diante disso, o Desenho Universal visa atender à maior gama possível das características antropométricas e sensoriais da população (ABNT, 2004), por isso o conceito foi integrado no contexto de acessibilidade. O Desenho Universal compreende sete princípios para serem aplicados como ferramenta nos projetos de produtos e ambientes, que são relacionados a seguir (STORY *et al.*, 1998):

- a) **Princípio 1: Igualitário** – Uso Equiparável. São espaços, objetos e produtos que podem ser utilizados por pessoas com diferentes habilidades, tornando todos os

ambientes iguais.

- Norma 1<sup>a</sup>: Prover os mesmos significados para todos os usuários: idêntico quando possível ou equivalente quando não for possível.
- Norma 1b: Evitar a segregação ou estigmatização dos usuários.
- Norma 1c: Prover privacidade, segurança e proteção de forma igual a todos os usuários.
- Norma 1d: Tornar o produto atraente para todos os usuários.

b) **Princípio 2: Adaptável** – Uso Flexível. Design de produtos que atendem pessoas com diferentes habilidades e diversas preferências, sendo adaptáveis a qualquer uso.

- Norma 2<sup>a</sup>: Prover escolhas na forma de utilização.
- Norma 2b: Acomodar acesso na utilização para destros e canhotos.
- Norma 2c: Facilitar a precisão e acuidade do usuário.
- Norma 2d: Prover adaptabilidade ao ritmo do usuário.

c) **Princípio 3: Óbvio** – Uso Simples e Intuitivo. De fácil entendimento para que qualquer pessoa possa compreender, independente de sua experiência, conhecimento, habilidade de linguagem ou nível de concentração.

- Norma 3<sup>a</sup>: Eliminar complexidades desnecessárias.
- Norma 3b: Ser coerente com as expectativas e intuição do usuário.
- Norma 3c: Acomodar ampla faixa de habilidades em comunicação, leitura e escrita.
- Norma 3d: Arranjar as informações de acordo com sua importância.
- Norma 3e: Prover sinais de alerta e *feedback* durante e depois da conclusão de tarefa.

d) **Princípio 4: Conhecido** – Informação de Fácil Percepção. Quando a informação necessária é transmitida de forma a atender as necessidades do receptor, seja ela uma pessoa estrangeira, com dificuldade de visão ou audição.

- Norma 4<sup>a</sup>: Uso de diferentes modos (verbal, pictorial,táctil) para redundante apresentação da informação essencial.
- Norma 4b: Prover contraste adequado entre a informação essencial e outras informações secundárias.
- Norma 4c: Maximizar a legibilidade da informação essencial.
- Norma 4d: Diferenciar elementos em caminhos que podem ser descritos (por exemplo, tornar mais fácil dar as instruções ou direções).

- Norma 4e: Prover compatibilidade com uma variedade de técnicas ou equipamentos usados por pessoas com limitações sensoriais.
- e) **Princípio 5: Seguro** – Tolerância ao erro. Previsto para minimizar os riscos e possíveis consequências de ações acidentais ou não intencionais.
  - Norma 5<sup>a</sup>: Arranjar os elementos para minimizar riscos e erros: elementos mais usados, mais acessíveis; elementos de riscos, eliminados, isolados ou protegidos.
  - Norma 5b: Prover mensagens de aviso de risco de perigo e erros.
  - Norma 5c: Prover sistema com características segurança em caso de falha humana.
  - Norma 5d: Desencorajar ações inconscientes em tarefas que requerem vigilância.
- f) **Princípio 6: Sem esforço** – Baixo esforço físico. Para ser usado eficientemente, com conforto e o mínimo de fadiga.
  - Norma 6<sup>a</sup>: Permitir ao usuário manter uma posição neutra do corpo.
  - Norma 6b: Usar forças moderadas na operação.
  - Norma 6c: Minimizar ações repetitivas.
  - Norma 6d: Minimizar o esforço físico sustentável.
- g) **Princípio 7: Abrangente** – Divisão e Espaço para Aproximação e Uso. Estabelece dimensões e espaços apropriados para o acesso, alcance, manipulação e uso, independentemente do tamanho do corpo, da postura ou mobilidade do usuário.
  - Norma 7<sup>a</sup>: Prover os elementos importantes no campo visual de qualquer usuário, sentado ou em pé.
  - Norma 7b: Prover o alcance para todos os componentes para qualquer usuário sentado ou em pé.
  - Norma 7c: Acomodar variações da dimensão da mão e empunhadura.
  - Norma 7d: Prover espaço adequado para o uso de equipamentos assistivos ou para assistência pessoal.

## 2.3 PESSOAS COM NECESSIDADES ESPECIAIS

O embasamento teórico de pessoas com necessidades especiais (PNE) concerne em delinear as características deste grupo, que são pessoas com deficiência, com dificuldade de locomoção ou mobilidade reduzida, idosa, gestante e outros que necessitem de atendimento ou apoio diferenciado para sua autonomia. Neste propósito, abordam-se os conceitos, estatística de PNE, tipos de deficiência, e o contexto de inclusão social de PNE. Observa-se

que o tipo de deficiência acolhe-se inclusive para pessoas idosas, visto que, não existe definição ou classificação para tipo de envelhecimento, no entanto, o desgaste físico do corpo humano pode-se assemelhar com algumas características das PcD, porquanto, concentra-se ao tipo de deficiência de PcD.

### 2.3.1 Pessoas com deficiência: Trajetória e Terminologia sobre deficiência

Referenciar sobre a deficiência das pessoas, sem que a linguagem expresse discriminação, seja voluntariamente ou involuntariamente, Sassaki (2003) aborda o assunto que as denominações encontradas e utilizadas, por influência do Movimento Internacional de Pessoas com Deficiência, às pessoas com alguma limitação física, mental ou sensorial são: pessoa portadora de deficiência, pessoa com necessidades especiais e pessoa especial. Estas denominações demonstram “uma transformação de tratamento que vai da invalidez e incapacidade à tentativa de nominar a característica peculiar da pessoa, sem estigmatizá-la”. Sassaki(2003) argumenta que os termos utilizados residem no fato de que a cada época coloca o significado compatível com os valores vigentes em cada sociedade, enquanto que, esta evolui em seu relacionamento com as pessoas que possuem este ou aquele tipo de deficiência. Sendo assim, Sassaki (2003) ilustra no Quadro 8 a trajetória dos termos utilizados ao longo da história da atenção às PcD no Brasil.

Neste aspecto, a expressão “pessoas com necessidades especiais” acolhe pessoas com deficiência, idosos, gestantes e outros que necessite de um atendimento ou apoio diferenciado. Assim como, o termo “pessoa portadora de deficiência”, o qual é concordado em nível internacional, e usado para identificar o segmento, porém Sassaki (2003) afirma que a pessoa não porta uma deficiência como se fosse um chapéu que se retira, e em seguida, num momento posterior porta novamente, por isso, estabelece o termo “pessoa com deficiência” e a sigla “PcD”.

Quadro 8 – Trajetória dos termos utilizados ao longo da história às PcD no Brasil

ÉPOCA	TERMOS E SIGNIFICADOS	VALOR DA PESSOA
<b>No começo da história, durante séculos.</b> Romances, nomes de instituições, leis, mídia e outros meios mencionavam “os inválidos”. Exemplos: “A reabilitação profissional visa a proporcionar aos beneficiários inválidos...” (Decreto federal nº 60.501, de 14/3/67, dando nova	“ <b>Os inválidos</b> ”. O termo significava “ <u>indivíduos sem valor</u> ”. Em pleno século 20, ainda se utilizava este termo, embora já sem nenhum sentido pejorativo. Outro exemplo: “Inválidos insatisfeitos com lei relativa aos ambulantes” (Diário	Aquele que tinha deficiência era tido como socialmente inútil, um peso morto para a sociedade, um fardo para a família, alguém sem valor profissional. Outros exemplos: “Servidor inválido pode voltar” (Folha de S. Paulo, 20/7/82). “Os cegos e o inválido” (IstoÉ, 7/7/99).

redação ao Decreto nº 48.959-A, de 19/9/60).	Popular, 21/4/76).	
<b>Século 20 até ± 1960.</b> “Derivativo para incapacitados” (Shopping News, Coluna Radioamadorismo, 1973). “Escolas para crianças incapazes” (Shopping News, 13/12/64). Após a I e a II Guerras Mundiais, a mídia usava o termo assim: “A guerra produziu incapacitados”, “Os incapacitados agora exigem reabilitação física”.	<b>“Os incapacitados”.</b> O termo significava, de início, “ <u>indivíduos sem capacidade</u> ” e, mais tarde, evoluiu e passou a significar “ <u>indivíduos com capacidade residual</u> ”. Durante várias décadas, era comum o uso deste termo para designar pessoas com deficiência de qualquer idade. Uma variação foi o termo “ <b>os incapazes</b> ”, que significava “ <u>indivíduos que não são capazes</u> ” de fazer algumas coisas por causa da deficiência que tinham.	Foi um avanço a sociedade reconhecer que a pessoa com deficiência poderia ter capacidade residual, mesmo que reduzida. Mas, ao mesmo tempo, considerava-se que a deficiência, qualquer que fosse o tipo, eliminava ou reduzia a capacidade da pessoa em <u>todos</u> os aspectos: físico, psicológico, social, profissional etc.
<b>De ± 1960 até ± 1980.</b> “Crianças defeituosas na Grã-Bretanha tem educação especial” (Shopping News, 31/8/65). No final da década de 50, foi fundada a Associação de Assistência à Criança <u>Defeituosa</u> – AACD (hoje denominada Associação de Assistência à Criança Deficiente). Na década de 50 surgiram as primeiras unidades da Associação de Pais e Amigos dos <u>Excepcionais</u> – APAE.	<b>“Os defeituosos”.</b> O termo significava “ <u>indivíduos com deformidade</u> ” (principalmente física). <b>“os deficientes”.</b> Este termo significava “ <u>indivíduos com deficiência</u> ” física, intelectual, auditiva, visual ou múltipla, que os levava a executar as funções básicas de vida (andar, sentar-se, correr, escrever, tomar banho etc.) de uma forma diferente daquela como as pessoas sem deficiência faziam. E isto começou a ser aceito pela sociedade. <b>“os excepcionais”.</b> O termo significava “ <u>indivíduos com deficiência intelectual</u> ”.	A sociedade passou a utilizar estes três termos, que focalizam as deficiências em si sem reforçarem o que as pessoas não conseguiam fazer como a maioria. Simultaneamente, difundia-se o movimento em defesa dos direitos das pessoas superdotadas (expressão substituída por “pessoas com altas habilidades” ou “pessoas com indícios de altas habilidades”). O movimento mostrou que o termo “os excepcionais” não poderia referir-se exclusivamente aos que tinham deficiência intelectual, pois as pessoas com superdotação também são excepcionais por estarem na outra ponta da curva da inteligência humana.
<b>De 1981 até ± 1987.</b> Por pressão das organizações de pessoas com deficiência, a ONU deu o nome de “Ano Internacional das <u>Pessoas Deficientes</u> ” ao ano de 1981. E o mundo achou difícil começar a dizer ou escrever “ <u>pessoas deficientes</u> ”. O impacto desta terminologia foi profundo e ajudou a melhorar a imagem destas pessoas.	<b>“Pessoas deficientes”.</b> Pela primeira vez em todo o mundo, o substantivo “deficientes” (como em “os deficientes”) passou a ser utilizado como adjetivo, sendo-lhe acrescentado o substantivo “pessoas”. A partir de 1981, <u>nunca mais</u> se utilizou a palavra “indivíduos” para se referir às pessoas com deficiência.	Foi atribuído o valor “pessoas” àqueles que tinham deficiência, igualando-os em direitos e dignidade à maioria dos membros de qualquer sociedade ou país. A Organização Mundial de Saúde (OMS) lançou em 1980 a Classificação Internacional de <u>Impedimentos, Deficiências e Incapacidades</u> , mostrando que estas três dimensões existem simultaneamente em cada pessoa com deficiência.
<b>De ± 1988 até ± 1993.</b> Alguns líderes de organizações de pessoas com deficiência contestaram o termo “pessoa deficiente” alegando que ele sinaliza que a pessoa inteira é deficiente, o que era inaceitável para eles.	<b>“Pessoas portadoras de deficiência”.</b> Termo que, utilizado somente em países de língua portuguesa, foi proposto para substituir o termo “pessoas deficientes”. Pela lei do menor esforço, logo reduziram este termo para “portadores de deficiência”.	O “portar uma deficiência” passou a ser um valor agregado à pessoa. A deficiência passou a ser um detalhe da pessoa. O termo foi adotado nas Constituições federal e estaduais, e em todas as leis e políticas pertinentes ao campo das deficiências. Conselhos, coordenadorias e associações passaram a incluir o termo em seus nomes oficiais.
<b>De ± 1990 até hoje.</b> O art. 5º da Resolução CNE/CEB nº 2, de 11/9/01, explica que as necessidades especiais decorrem de três situações, uma das quais envolvendo dificuldades vinculadas a deficiências e	<b>“Pessoas com necessidades especiais”.</b> O termo surgiu primeiramente para substituir “deficiência” por “necessidades especiais”, daí a expressão “ <b>portadores de necessidades especiais</b> ”. Depois, esse termo passou	De início, “necessidades especiais” representava apenas um novo termo. Depois, com a vigência da Resolução nº 2, “necessidades especiais” passou a ser um valor agregado tanto à pessoa com deficiência quanto a outras pessoas.

dificuldades não-vinculadas a uma causa orgânica.	a ter significado próprio sem substituir o nome “pessoas com deficiência”.	
<b>Mesma época acima.</b> Surgiram expressões como “crianças especiais”, “alunos especiais”, “pacientes especiais” e assim por diante numa tentativa de amenizar a contundência da palavra “deficientes”.	“ <b>Pessoas especiais</b> ”. O termo apareceu como uma forma reduzida da expressão “pessoas com necessidades especiais”, constituindo um eufemismo dificilmente aceitável para designar um segmento populacional.	O adjetivo “especiais” permanece como uma simples palavra, sem agregar valor diferenciado às pessoas com deficiência. O “especial” não é qualificativo exclusivo das pessoas que têm deficiência, pois ele se aplica a qualquer pessoa.
<b>Em junho de 1994.</b> A Declaração de Salamanca preconiza a educação inclusiva para todos, tenham ou não uma deficiência.	“ <b>Pessoas com deficiência</b> ” e pessoas sem deficiência, quando tiverem necessidades educacionais especiais e se encontrarem segregadas, têm o direito de fazer parte das escolas inclusivas e da sociedade inclusiva.	O valor agregado às pessoas é o de elas fazerem parte do grande segmento dos excluídos que, com o seu poder pessoal, exigem sua inclusão em todos os aspectos da vida da sociedade. Trata-se do empoderamento.
<b>Em maio de 2002.</b> Frei Betto escreveu no jornal O Estado de S.Paulo um artigo em que propõe o termo “portadores de direitos especiais” e a sigla PODE. Alega o proponente que o substantivo “deficientes” e o adjetivo “deficientes” encerram o significado de falha ou imperfeição enquanto que a sigla PODE exprime capacidade. O artigo, ou parte dele, foi reproduzido em revistas especializadas em assuntos de deficiência.	“ <b>Portadores de direitos especiais</b> ”. O termo e a sigla apresentam problemas que inviabilizam a sua adoção em substituição a qualquer outro termo para designar pessoas que têm deficiência. O termo “portadores” já vem sendo questionado por sua alusão a “carregadores”, pessoas que “portam” (levam) uma deficiência. O termo “direitos especiais” é contraditório porque as pessoas com deficiência exigem equiparação de direitos e não direitos especiais. E mesmo que defendessem direitos especiais, o nome “portadores de direitos especiais” não poderia ser exclusivo das pessoas com deficiência, pois qualquer outro grupo vulnerável pode reivindicar direitos especiais.	Não há valor a ser agregado com a adoção deste termo, por motivos expostos na coluna ao lado e nesta. A sigla PODE, apesar de lembrar “capacidade”, apresenta problemas de uso: 1) Imaginem a mídia e outros autores escrevendo ou falando assim: “Os Podes de Osasco terão audiência com o Prefeito...”, “A Pode Maria de Souza manifestou-se a favor...”, “A sugestão de José Maurício, que é um Pode, pode ser aprovada hoje...” 2) Pelas normas brasileiras de ortografia, a sigla PODE precisa ser grafada “Pode”. Norma: Toda sigla com mais de 3 letras pronunciada como uma palavra deve ser grafada em caixa baixa com exceção da letra inicial.
<b>De ± 1990 até hoje e além.</b> A década de 90 e a primeira década do século 21 e do Terceiro Milênio estão sendo marcadas por eventos mundiais, liderados por organizações de pessoas com deficiência.	“ <b>Pessoas com deficiência</b> ” passa a ser o termo preferido por um número cada vez maior de adeptos, boa parte dos quais é constituída por pessoas com deficiência que, no maior evento (“Encontrão”) das organizações de pessoas com deficiência, realizado no Recife em 2000, conclamaram o público a adotar este termo. Elas esclareceram que não são “portadoras de deficiência” e que não querem ser chamadas com tal nome.	Os valores agregados às pessoas com deficiência são: 1) o do empoderamento [uso do poder pessoal para fazer escolhas, tomar decisões e assumir o controle da situação de cada um] e 2) o da responsabilidade de contribuir com seus talentos para mudar a sociedade rumo à inclusão de todas as pessoas, com ou sem deficiência.

Fonte: Sasaki (2003).

Desta forma, no contexto baseado no modelo social de direitos humanos, independente da limitação funcional, somado ao advento da Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência da ONU, estabelece no âmbito da legislação brasileira como “parâmetro valorativo do ordenamento jurídico brasileiro, e assim a positivação da expressão traduzida

para a língua portuguesa como pessoa com deficiência” (SASSAKI, 2003), (BRASIL, 2004).

Neste contexto, deficiência define-se como toda perda ou anormalidade de uma estrutura ou função psicológica, fisiológica ou anatômica que gere incapacidade para o desempenho de atividade, dentro do padrão considerado normal para o ser humano; e, deficiência permanente, aquela que ocorreu ou se estabilizou durante um período de tempo suficiente para não permitir recuperação ou ter probabilidade de que se altere, apesar de novos tratamentos (BRASIL, 2007).

### 2.3.2 Estatística de pessoas com deficiência e pessoas idosas

Conforme o censo demográfico do ano 2000 (IBGE, 2003), dos 24,6 milhões de pessoas que se declararam portadoras de deficiência, que correspondem a 14,5% da população total, 19,8 milhões encontram-se nas zonas urbanas, e 4,8 milhões nas zonas rurais. Destes, o percentual de pessoas que declararam possuir pelo menos uma deficiência ou incapacidade é de 14,3% nas zonas urbanas e 15,2% nas zonas rurais. O Quadro 9 apresenta a proporção de PcD em relação ao total de população em diversos países.

Quadro 9 – Proporção de pessoas com deficiência em diversos países

<b>País</b>	<b>Ano de Referência</b>	<b>Proporção PcD(%)</b>	<b>Fonte de Informação</b>
Nova Zelândia	1996	20,00	Pesquisa por amostra
Estados Unidos	2000	19,30	Censo
Austrália	1993	18,00	Pesquisa por amostra
Uruguai	1992	16,00	Pesquisa por amostra
Canadá	1991	15,50	Pesquisa por amostra
Espanha	1986	15,00	Pesquisa por amostra
<b>Brasil</b>	<b>2000</b>	<b>14,50</b>	<b>Censo</b>
Áustria	1986	14,40	Pesquisa por amostra
Inglaterra	1991	12,20	Censo
Suécia	1988	12,10	Pesquisa por amostra
Holanda	1986	11,60	Pesquisa por amostra
Polônia	1988	9,90	Censo
Alemanha	1992	8,40	Pesquisa por amostra
China	1987	5,00	Pesquisa por amostra
Itália	1994	5,00	Pesquisa por amostra
México	2000	2,31	Censo
Chile	1992	2,20	Censo
Colômbia	1993	1,80	Censo

Fonte: IBGE (2003).

O Censo 2000 (IBGE, 2003) relaciona por tipo de deficiência entre os 24,6 milhões de PcD que são:

- a) Deficiência visual – incapaz ou dificuldade permanente de enxergar: 16.644.842;

- b) Deficiência motora – incapaz ou dificuldade permanente de caminhar/subir escadas: 7.939.784;
- c) Deficiência auditiva – incapaz ou dificuldade permanente de ouvir: 5.735.099;
- d) Deficiência intelectual – Deficiência mental permanente: 2.844.937;
- e) Deficiência física – tetraplegia, paraplegia ou hemiplegia permanente: 37.463; e
- f) Deficiência física – falta de membro ou de parte dele: 478.597.

No entanto, o IBGE (2011) apresenta o resultado preliminar da amostra do Censo demográfico de 2010, aplicado critérios diferentes do Censo anterior, que entre 190.755.799 da população no Brasil, estão 45.623.910 pessoas com pelo menos uma das deficiências investigadas, correspondendo a 23,9% do total. Este resultado revela aspectos mais detalhados de grau de deficiência comparado ao Censo do ano de 2000, conforme ilustra o Quadro 10.

Quadro 10 – Resultado preliminar da amostra do Censo demográfico de 2010 por tipo de deficiência

<b>Tipo de deficiência</b>	<b>Não consegue de modo algum</b>	<b>Grande dificuldade</b>	<b>Alguma dificuldade</b>	<b>Total</b>
Visual	528.624	6.056.684	29.206.180	35.791.488
Auditiva	347.481	1.799.885	7.574.797	9.722.163
Motora	740.456	3.701.790	8.831.723	13.273.969
Intelectual	-	-	-	2.617.025

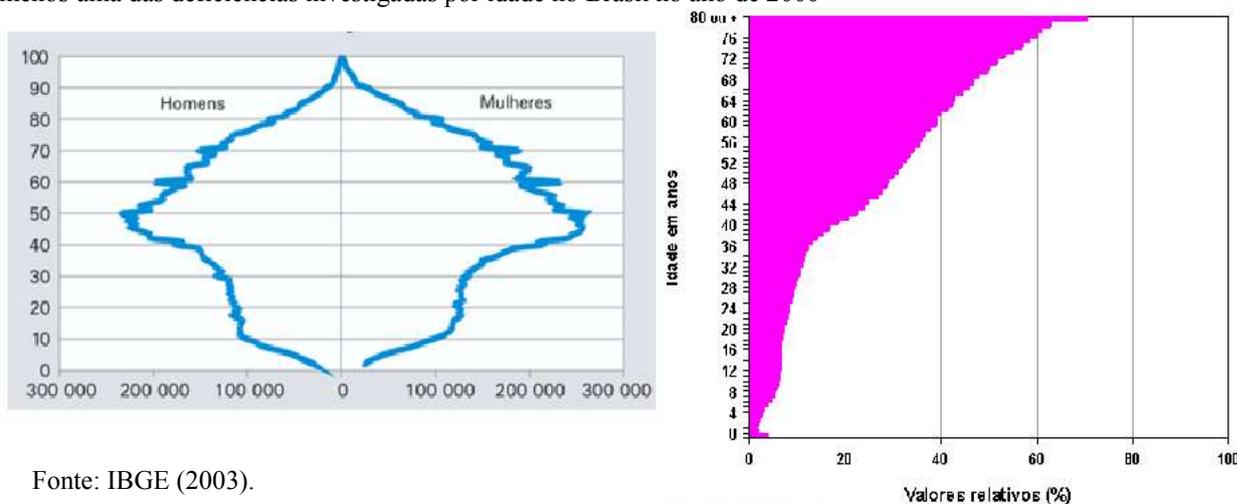
Fonte: Adaptado de IBGE, 2011.

Consta na análise por grupo de idade referente à proporção de pessoas com pelo menos uma deficiência ou incapacidade, no Censo de 2000 (BRASIL, 2003), que para as crianças de 0 a 14 anos de idade, 4,3% delas apresenta pelo menos um tipo de incapacidade. Essa proporção passa a 15,6% das pessoas em idade ativa (15 a 64 anos). Mais da metade das pessoas de 65 anos ou mais declararam ser portadoras de alguma deficiência ou incapacidade. O crescimento da proporção se verifica com a idade e é consequência do aumento das limitações nas atividades, o que decorre do envelhecimento.

Desta forma, a composição da pirâmide etária, conforme apresentado no Gráfico 1, do total de pessoas com pelo menos um tipo de deficiência constata-se que o maior número absoluto de pessoas com deficiência encontra-se na população de 40 a 49 anos de idade, especialmente a feminina, e aumenta a proporção de deficiências investigadas conforme o avanço da idade. Logo, existem no Brasil, quase 4,5 milhões de pessoas de 40 a 49 anos com pelo menos uma deficiência ou incapacidade, sendo 2,4 milhões de mulheres e quase 2,1 milhões de homens. Neste caso, predomina o grupo de pessoas com pelo menos alguma

dificuldade de enxergar. No caso de dificuldades para ouvir ou de locomoção, os grupos mais numerosos são os de pessoas de 60 a 69 anos de idade. Neste aspecto, destaca-se que a proporção de pessoas portadoras de deficiência aumenta com a idade, passando de 4,3% nas crianças até 14 anos, para 54% do total das pessoas com idade superior a 65 anos. Logo, a medida que a estrutura da população está mais envelhecida, a proporção de pessoas com deficiência aumenta.

Gráfico 1 – Composição etária da população com pelo menos uma deficiência e Proporção de pessoas com pelo menos uma das deficiências investigadas por idade no Brasil no ano de 2000



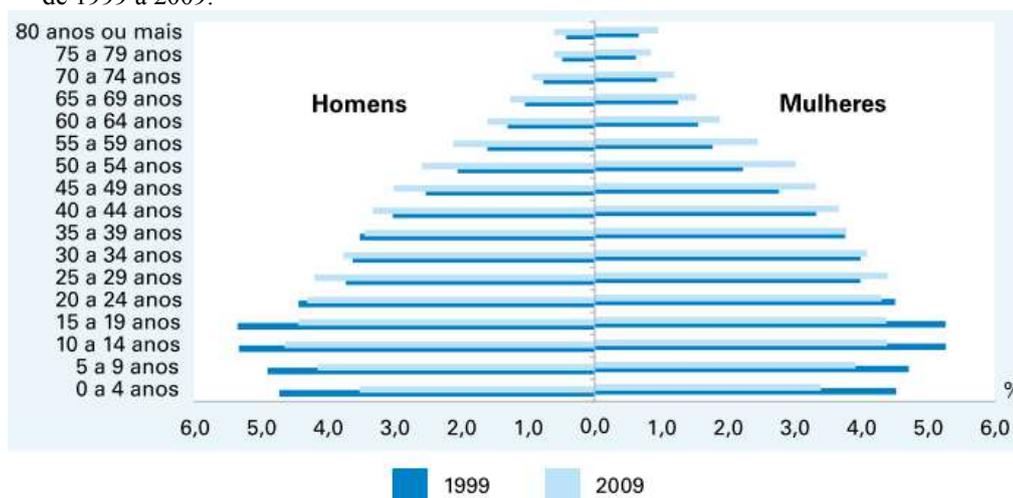
Fonte: IBGE (2003).

Em 2008, a Pesquisa Nacional por Amostragem por Domicílio (PNAD) fez uma pesquisa e apresentou a estimativa que existam aproximadamente 19 milhões de pessoas idosas no Brasil, cuja população masculina é cerca de 9 milhões, e 10 milhões de feminina (BRASIL, 2010). Consta na pesquisa que entre população idosa 70% das pessoas vivem de forma independente e, aproximadamente 20% apresentam alguma deficiência ou incapacidade para realizar alguma atividade cotidiana.

Conforme PNAD, as projeções apontam que no ano de 2020 a população de idosa chegará aproximadamente para 32 milhões de pessoas no Brasil, correspondendo em torno de 15% da população total, com expectativa de ser a sexta população com o maior número de idosos no mundo, conforme ilustrado no Gráfico 2.

Portanto, para o Departamento de Ações Programáticas e Estratégicas existem questões acerca do envelhecimento da população que envolve assuntos culturais, sociais, econômicas e principalmente na saúde que podem influenciar no impacto da sociedade; ou seja, buscam-se as condições físicas e orgânicas, de trabalho e renda, de atividade cultural, e apoio familiar e da comunidade (BRASIL, 2010).

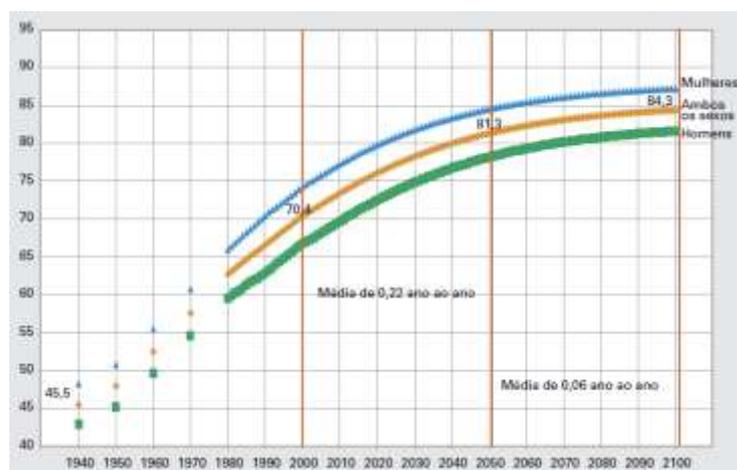
Gráfico 2 – Composição da população residente, por sexo, segundo os grupos de idade no Brasil- entre os anos de 1999 a 2009.



Fonte: IBGE (2010).

De acordo com revisão do ano 2008 para projeção da população do Brasil de 1980 a 2050, a esperanças de vida ao nascer, resultantes do processo de interpolação/projeção, para o ano de 2011 estimou-se a média de 73,7 anos, sendo 70 anos para o sexo masculino e 77,5 anos para o sexo feminino. Para o ano de 2050, a esperança de vida ao nascer está projetada para 81,3 anos, chegando em 2100 para 84,3 anos, conforme apresentado no Gráfico 3, IBGE(2008). Nesta projeção consideram-se os avanços da medicina e as melhorias nas condições gerais de vida da população, que repercutiram no sentido de elevar a expectativa de vida ao nascer.

Gráfico 3 – Estimativas e projeção da esperança de vida ao nascer – Brasil 1940/2100



Fonte: IBGE (2008)

Neste estudo de projeção da população, observa-se que a taxa de crescimento da população diminuiu de 3,04% ao ano, no período 1950-1960, para 1,05% ao ano, em 2008, e poderá alcançar a -0,291%, em 2050, com uma população projetada em 215,3 milhões de habitantes, para isto, foi colocada a hipótese que o nível limite se estabilizaria em 1,5 filhos por mulher. Verifica-se que a fecundidade no Brasil foi diminuindo ao longo dos anos, basicamente como consequência das transformações ocorridas na sociedade brasileira, pois até 1960, a taxa de fecundidade total, estimada para o País, era ligeiramente superior a 6 filhos por mulher, por isso, a fecundidade limite brasileira seria em torno de 1,50 filho por mulher, valor alcançado entre o ano de 2027 e 2028.

Neste sentido, percebe-se que a relação combinada da redução dos níveis da fecundidade e da mortalidade no Brasil tem modificado no padrão etário da população. Deste modo, o envelhecimento populacional caracteriza-se pela redução da participação relativa de crianças e jovens, acompanhada do aumento do peso proporcional dos adultos e, particularmente, dos idosos. A revisão, a partir de 2008 para projeção, mostrou que em 2008 as crianças de 0 a 14 anos de idade correspondiam a 26,47% da população total, o contingente com 65 anos ou mais de idade representava 6,53%. Em 2050, o primeiro grupo representará 13,15%, ao passo que a população idosa ultrapassará os 22,71% da população total.

### **2.3.3 Processo de Envelhecimento**

No processo de envelhecimento do corpo humano, focado na senescência saudável, leva-se em consideração as diferenças individuais entre as pessoas, e ainda, os sintomas de envelhecer não ocorrem simultaneamente para todas as funções fisiológicas. Em termos da geriatria e gerontologia, Pelegrino (2009) define que:

o envelhecimento é um processo contínuo, individual, universal e irreversível. Assim como a infância, a adolescência e a maturidade, é marcado por mudanças biopsicossociais específicas, associadas à passagem do tempo, que se manifestam em graus e momentos diversos, o que lhe dá uma característica heterogênea, dinâmica e de grande variabilidade tanto inter como intraindividual. Contudo, o envelhecimento não deve ser entendido como sinônimo de perdas, já que algumas funções ou capacidades podem melhorar.

Neste contexto, Kachar (2010) esclarece que a senescência é a denominação para o envelhecimento normal, diferente da senilidade, que estão nas patologias associadas aos

fatores ambientais e, ou, genéticos, caracterizada por disfunções decorrentes de doenças degenerativas da velhice.

Segundo Iida (1985), “o processo de envelhecimento provoca uma degradação progressiva da função cardiovascular, forças musculares, flexibilidade das articulações, órgãos dos sentidos e da função cerebral”, conforme demonstrada no Quadro 11. Contudo, apesar dos desgastes fisiológicos, as pessoas idosas acumulam experiência para o desempenho do trabalho que, de certa forma, há um mecanismo de compensação, assim, pode-se ampliar o período produtivo na vida das pessoas, se a atividade de trabalho for adaptada por meio das pesquisas de ergonomia, ou seja, as ferramentas e materiais dispostos de forma adequada para o seu manuseio.

Quadro 11 – Processo de envelhecimento

<b>Funções Fisiológicas</b>	<b>Características</b>
Antropometria	- a estatura diminui gradativamente; - redução dos alcances e das flexibilidades, principalmente dos braços.
Força muscular	- força muscular decresce gradativamente.
Processos Cognitivos	- dificuldade no processamento dos estímulos de tarefas complexas; - dificuldade de reter novas informações na memória de curta duração; - esquecer o objetivo da ação em plena fase de execução.
Visão	- aumenta gradativamente a distância de focalizar o objeto e perda na velocidade de acomodação da imagem; - diminui a percepção de pequenos detalhes; - o cristalino e o humor vítreo perdem transparência, necessitando de maior intensidade de luz; - declina a capacidade de discriminar cores.
Audição	- diminui a capacidade de audição, sobretudo os agudos; - dificuldade para identificar sons de baixa intensidade ou discriminar entre vários sons.

Fonte: Baseado em IIDA (2005).

### 2.3.4 Tipos de Deficiências

Define-se deficiência a toda perda ou anormalidade de uma estrutura ou função psicológica, fisiológica ou anatômica que gere incapacidade para o desempenho de atividade, dentro do padrão considerado normal para o ser humano.

Conforme Decreto Federal nº 5.296/2004 (BRASIL, 2004), ITS e Microsoft (2008), Brasil (2007), os tipos e classificação de deficiência são:

- a) Deficiência física: É a alteração completa ou parcial de um ou mais segmentos do corpo humano, acarretando o comprometimento da função física, apresentando-se sob a forma de paraplegia, paraparesia, monoplegia, monoparesia, tetraplegia,

tetraparesia, triplegia, triparesia, hemiplegia, hemiparesia, ostomia, amputação ou ausência de membro, paralisia cerebral, nanismo, membros com deformidade congênita ou adquirida, exceto as deformidades estéticas e as que não produzam dificuldades para o desempenho de funções;

- b) Deficiência auditiva: É a perda bilateral, parcial ou total, de 41 decibéis (dB) ou mais, aferida por audiograma nas frequências de 500Hz, 1.000Hz, 2.000Hz e 3.000Hz;
- c) Deficiência visual conceitua-se:
- Cegueira – na qual a acuidade visual é igual ou menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica;
  - Baixa Visão – significa acuidade visual entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica;
  - Os casos nos quais a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que 60°;
  - Ou a ocorrência simultânea de quaisquer das condições anteriores. Ressaltamos a inclusão das pessoas com baixa visão a partir da edição do Decreto nº 5.296/04. As pessoas com baixa visão são aquelas que, mesmo usando óculos comuns, lentes de contato, ou implantes de lentes intra-oculares, não conseguem ter uma visão nítida. As pessoas com baixa visão podem ter sensibilidade ao contraste, percepção das cores e intolerância à luminosidade, dependendo da patologia causadora da perda visual;
- d) Deficiência intelectual: conceitua-se como deficiência intelectual o funcionamento intelectual significativamente inferior à média, com manifestação antes dos 18 anos e limitações associadas a duas ou mais áreas de habilidades adaptativas, tais como: comunicação; cuidado pessoal; habilidades sociais; utilização dos recursos da comunidade; saúde e segurança; habilidades acadêmicas; lazer; e trabalho;
- e) Deficiência múltipla: conceitua-se como deficiência múltipla a associação de duas ou mais deficiências.

### **2.3.5 Inclusão Social: pessoas com deficiência e pessoas idosas**

O paradigma de inclusão iniciou-se em torno do ano 1985, surgindo termos como “inclusão social”, “inclusão escolar”, “inclusão racial”, “inclusão digital” e outros, que estão presentes nos dias hoje para o grupo de pessoas discriminadas e excluídas da sociedade

(SASSAKI, 2003), ou seja, existem pessoas que ainda não frequentam espaços sociais, públicos e privados, devido à falta de interações entre as pessoas e deparar com barreiras arquitetônicas, atitudinais, de acessibilidade, comunicacionais entre outras.

No entanto, Schwarz e Haber (2009) alertam que o processo da inclusão avança e, estende-se para um maior entendimento sobre essa população, seu perfil, suas necessidades específicas, expectativas e percepção de sua realidade concreta. Desta forma, o convívio entre pessoas com e sem deficiência se torna mais frequente, a legislação assume papel coadjuvante e, naturalmente, orienta-se para conviver com a diversidade humana.

A reserva legal de cargos, conhecida como Lei de Cotas, é uma exigência que as empresas são obrigadas a cumprir preenchendo a vaga com PcD, e para isso, Schwarz e Haber (2009) recomendam adotar a garantia de oportunidades iguais aos colaboradores, e o gestor deve estar consciente das particularidades e dos direitos da pessoa com deficiência, assim como, compreender que ter uma deficiência não faz daquele indivíduo um profissional melhor ou pior do que aquele sem deficiência física, sensorial ou intelectual.

Outra questão, que passa por fase de transição, é a inclusão escolar de PcD, onde Ferreira (2009) comenta que os jovens e adultos com deficiência constituem hoje ampla parcela da população de analfabetos no mundo porque não tiveram oportunidades de acesso à educação na idade apropriada. Conforme Censo Demográfico de 2000 (BRASIL, 2003), a taxa de escolarização das crianças de 7 a 14 anos de idade, alunos com deficiência, é de 88,6%, portanto seis pontos percentuais abaixo da taxa de escolarização do total de crianças nesta faixa etária que é de 94,5%. No entanto, em relação ao quadro geral, as diferenças são acentuadas: 32,9% da população sem instrução ou com menos de três anos de estudo é alunos com deficiência, ou seja, em torno de 60% de PcD não foram alfabetizados, enquanto que na população total brasileira esse percentual cai para 23%, o que evidencia que o acesso de PcD à educação é reduzido. Neste sentido, a Unesco (2003) salienta que nos resultados referentes a escolarização de PcD, são frequentes a exclusão, e as oportunidades educacionais são de baixa qualidade, o qual não garantem a continuidade dos estudos, ou ainda ocorrem a disparidade que toma forma de discriminação, onde a criança passa por outras necessidades que mais tarde, como adulto, em geral, estará fora da vida comunitária, social e cultural.

## 2.4 METODOLOGIA CIENTÍFICA ESTUDO DE CASO

O estudo metodológico propicia o encaminhamento da pesquisa, e busca a melhor abordagem para ser conduzida, sendo assim, Miguel (2007) justifica a necessidade de

embasamento científico para “endereço as questões da pesquisa, bem como seus respectivos métodos e técnicas para seu planejamento e condução”. Portanto, um planejamento bem estruturado direciona e facilita o desenvolvimento da pesquisa, ou seja, um plano de estudo delineado que “considera o ambiente em que são coletados os dados e as formas de controle das variáveis envolvidas” (GIL, 2002). Logo, a pesquisa é um procedimento de tratamento científico que envolve método de pensamento reflexivo para conhecer a realidade ou verdades parciais (MARCONI; LAKATOS, 2010).

Para selecionar a metodologia adequada Miguel (2010) argumenta que para compreender a abordagem a partir da formulação do problema através do aprofundamento literário, é preciso identificar as lacunas de pesquisa e o pesquisador seleciona “as mais apropriadas, úteis e eficazes para a investigação” o que possibilita “atender à problemática estudada no sentido de proposição de soluções”.

Neste aspecto, a metodologia de estudo de caso é o instrumento que contenta este trabalho, pois conforme Yin (2005), o estudo de caso é uma investigação empírica que abarca fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, principalmente quando as definições faltam ser esclarecidas, deste modo, “baseia-se em várias fontes de evidências, com os dados precisando convergir em um formato de triângulo, e, como outro resultado, beneficia-se do desenvolvimento prévio de proposições teóricas para conduzir a coleta e a análise de dados”. Desta forma, todos os tipos de estudo de caso tende a esclarecer o motivo pelo qual uma questão foi tomada, como foram implementada e com quais resultados alcançados (GIL,2002;YIN,2005; MIGUEL,2007).

Como estratégia de pesquisa, o estudo de caso tende a esclarecer uma decisão ou um conjunto de decisões, onde o foco da pesquisa está no tópico das “decisões” (YIN,2005). Assim, o autor recomenda ao pesquisador que “tem pouco controle sobre os acontecimentos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real” e esclarece que, normalmente, os estudos de caso, como estratégia, colocam questões do tipo “como” e “por que”. Gil (2002), Berto e Nakano (2000) e Miguel (2007) complementam que se trata de uma análise aprofundada, permitindo amplo e detalhado conhecimento do objeto em estudo. Nestes termos, Marconi e Lakatos (2010) e Gil (2002) afirmam que as pesquisas têm como motivação e objetivo a solução e compreensão de problemas.

Yin (2005) revela que o estudo de caso compreende um método que abrange lógica de planejamento, técnicas de coleta de dados e abordagens específicas à análise dos mesmos e podem ser conduzidos e escritos por diferentes motivos, podendo ser casos individuais ou

generalizações amplas baseadas em evidências do estudo. No entanto, para qualidade do projeto de estudo de caso precisa-se condicionar no desenvolvimento os pontos: a validade do constructo, validade interna (estudos causais e explanatórios), validade externa e confiabilidade. O Quadro 12 apresenta os critérios para julgar a qualidade dos projetos de pesquisa e as táticas recomendadas de estudo de caso.

O projeto de pesquisa é um modelo lógico de provas que permite deduzir as relações entre as variáveis investigadas, logo, os componentes essenciais para formar o projeto são (YIN, 2005):

- a) As questões de estudos estão relacionadas às do tipo “como” e “por que”, onde a tarefa inicial é esclarecer a natureza do estudo;
- b) As proposições de estudo direcionam para o escopo do assunto e sendo o tema da “exploração” deve apresentar uma finalidade e os critérios que serão utilizados para avaliação;
- c) A unidade de análise define o que é um “caso”, fazendo com que a literatura existente possa tornar uma referência para determinar o caso e a lógica que une os dados às proposições e os critérios para interpretar as constatações.

Quadro 12 – Táticas do estudo de caso para quatro testes de projeto

Testes de caso	Tática do estudo	Fase da pesquisa na qual a tática deve ser aplicada	Princípio
<b>Validade do constructo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliza fontes múltiplas de evidências</li> <li>- Estabelece encadeamento de evidências</li> <li>- O rascunho do relatório do estudo de caso é revisado por informantes-chave</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coleta de dados</li> <li>Coleta de dados</li> <li>Composição</li> </ul>	Estabelecer medidas operacionais corretas para os conceitos que estão sob estudo.
<b>Validade interna (apenas para estudos explanatórios ou causais, e não para estudos descritivos ou exploratórios)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faz adequação ao padrão</li> <li>- Faz construção da explanação</li> <li>- Estuda explanações concorrentes</li> <li>- Utiliza modelos lógicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análise de dados</li> <li>Análise de dados</li> <li>Análise de dados</li> <li>Análise de dados</li> </ul>	Estabelecer uma relação causal, por meio da qual são mostradas certas condições que levem a outras condições, como diferenciadas de relações espúrias.
<b>Validade externa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliza teoria em estudos de caso único</li> <li>- Utiliza lógica da replicação em estudos de casos múltiplos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Projeto de pesquisa</li> <li>Projeto de pesquisa</li> </ul>	Estabelecer o domínio ao quais as descobertas de um estudo podem ser generalizadas.
<b>Confiabilidade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliza protocolo de estudo de caso</li> <li>- Desenvolve banco de dados para o estudo de caso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coleta de dados</li> <li>Coleta de dados</li> </ul>	Demonstrar que as operações de um estudo – como os procedimentos de coleta de dados – podem ser repetidas, apresentado os mesmos resultados.

Fonte: Baseado em YIN (2005).

Nas etapas da análise de dados na pesquisa deve haver um projeto dando base a essa análise para interpretar as ligações entre os dados das proposições e os critérios. Desta forma, Yin (2005) salienta a importância de utilizar a teoria para realizar estudos de caso, pois auxilia na definição do projeto de pesquisa e na coleta de dados adequados, como também se torna o veículo principal para a generalização dos resultados do estudo de caso.

Yin (2005) aconselha que um projeto de estudo de caso possa ser modificado por novas informações ou constatações importantes, fazendo com que altere ou modifique o projeto original. No entanto, as alterações devem seguir certa atenção, pois há necessidade de entender precisamente a natureza da alteração, ou seja, “a questão é a flexibilidade necessária não deve reduzir o rigor com o qual os procedimentos do estudo de caso são seguidos”.

O protocolo para estudo de caso, semelhante ao questionário de levantamento, coleta os dados do estudo que são o contexto da pesquisa e a parte a ser investigada que contém o instrumento, os procedimentos e as regras gerais, também se dirige para uma parte totalmente diferente daquela de um instrumento que são as variáveis de controle (YIN, 2005; MIGUEL, 2007). Sendo assim, o protocolo é uma das táticas principais para aumentar a confiabilidade da pesquisa de estudo de caso e destina-se a orientar o pesquisador ao realizar a coleta de dados a partir de um estudo de caso único, de forma geral, segue as etapas (YIN, 2005):

- a) Uma visão geral do projeto do estudo de caso (objetivos do projeto, questões do estudo de caso e leituras sobre o tópico investigado);
- b) Procedimentos de campo (apresentação de credenciais, acesso aos “locais” do estudo de caso, fontes gerais de informações e advertências de procedimentos);
- c) Questões do estudo de caso (as questões específicas que o pesquisador do estudo de caso deve manter em mente ao coletar os dados, planilha para disposição específica de dados e as fontes em potencial de informações para responder a questão);
- d) Guia para o relatório do estudo de caso (esboço, formato para os dados, uso e apresentação de outras documentações, e informações bibliográficas).

Na análise dos dados, Miguel (2007) orienta que a base está na descrição detalhada do caso, e neste estágio, possibilita a identificar os dados e informações relevantes para a pesquisa bem como *insights*.

No relatório de estudo de caso incluem-se os seguintes tópicos:

- a) o público a que os relatórios dos estudos de caso se destinam;
- b) relatórios de estudo de caso como parte de estudos maiores de multimétodos; as estruturas ilustrativas para as composições do estudo de caso - conforme apresentada no Quadro 13, as seis estruturas e suas aplicações a propósitos diferentes dos estudos de casos de Yin;
- c) os procedimentos a serem adotados ao realizar um relatório de estudo de caso e, como conclusão as especulações sobre as características de um estudo de caso exemplar.

Miguel (2007) alerta que o relatório de pesquisa deve estar estreitamente relacionado à teoria, isto é, os resultados e as evidências devem estar associados à teoria possibilitando a geração de nova teoria.

Quadro 13 – Estruturas ilustrativas para a composição dos estudos de casos

Tipo de Estrutura	Propósito do estudo de caso (casos únicos ou múltiplos)	
	Estrutura	Composição
Analítica Linear	Explanatório Descritivo Exploratório	Artigos de revista e publicações em ciência experimental
Comparativa	Explanatório Descritivo Exploratório	Resultado de análise de casos cruzados. Descrição e repetido várias vezes de uma maneira claramente comparativa
Cronológica	Explanatório Descritivo Exploratório	Sequência de capítulos, seções. Uma vez que todas as minutas tiverem sido concluídas, pode-se retornar à sequência cronológica normal para compor a versão final.
De construção teórica	Explanatório Exploratório	A sequência dos capítulos ou das seções seguirá alguma lógica de construção da teoria que dependerá do tópico ou da teoria específica, deve desenredar uma nova parte do argumento teórico que está sendo feito. Os casos explanatórios examinarão as várias facetas de um argumento causal; os casos exploratórios debaterão o valor de se investigar mais a fundo as várias hipóteses ou proposições.
De “suspense”	Explanatório Descritivo	Inverte a abordagem analítica já descrita. A “resposta” ou o resultado direto de um estudo de caso é, paradoxalmente, apresentado no capítulo ou na seção inicial. É uma estrutura atraente para estudos de caso explanatório e descritivo que não possui nenhum resultado especialmente importante.
Não sequencial	Descritivo	Mesmo alterando as ordens dos capítulos, não alteraria o valor descritivo.

Fonte: Baseado em YIN (2005).

Todavia, Yin (2005) acrescenta, no final do seu livro, outras características ao estudo de caso para elaborar o trabalho de forma atraente: o engajamento, a instigação e a sedução,

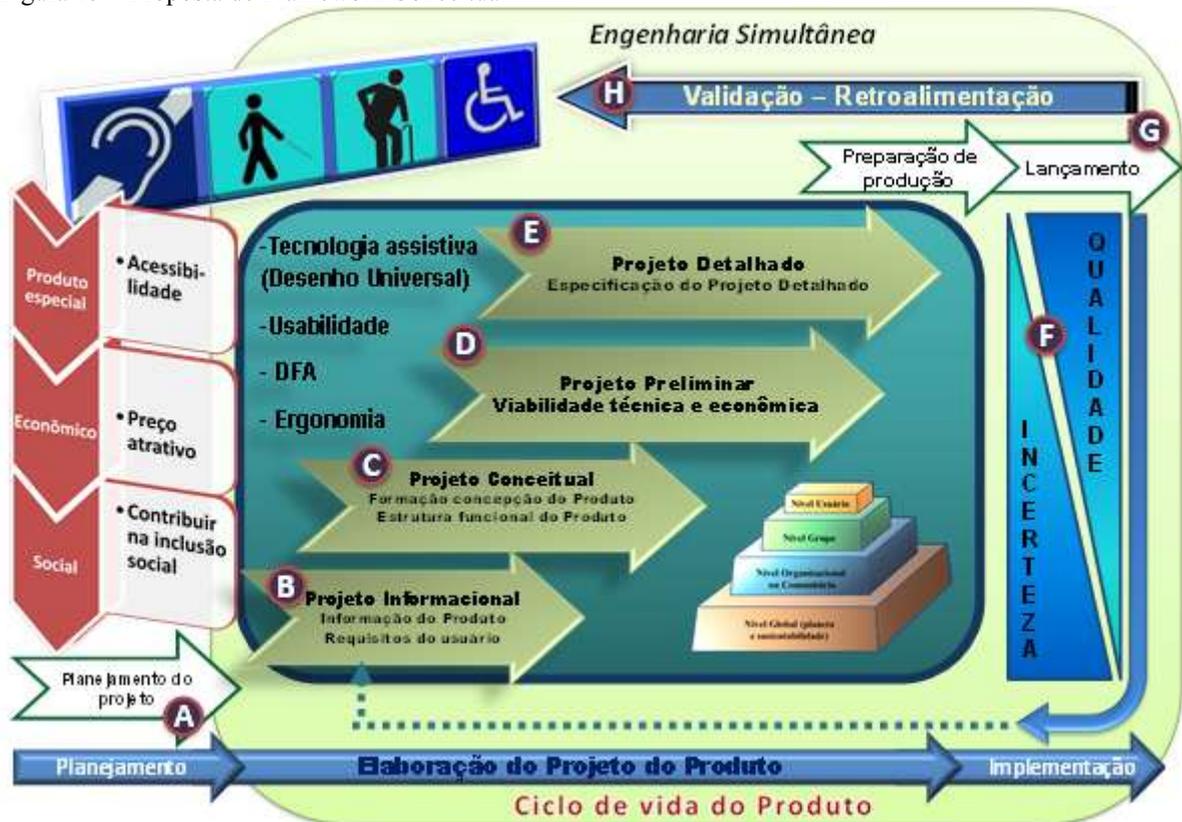
ou seja, o autor enfatiza o entusiasmo para produzir um estudo de caso em relação à investigação, e que transmita amplamente os resultados obtidos, que as conclusões da pesquisa causem “uma tempestade na terra”.

### 3 PROPOSTA DO FRAMEWORK CONCEITUAL

Este capítulo apresenta a proposta do *framework* conceitual, conforme demonstrada na Figura 15, cuja estrutura é constituída de conceitos, métodos e ferramentas que foram embasados nos estudos bibliográficos acerca de projeto de desenvolvimento integrado de produto no ambiente da engenharia simultânea, abarcando a tecnologia assistiva, design for assembly – DFA, usabilidade, ergonomia, acessibilidade, desenho universal e pessoas com necessidade especiais.

Na sequência, o procedimento para validação do *framework* empregando a metodologia estudo de casos múltiplos.

Figura 15 – Proposta de Framework Conceitual



Fonte: a autora (2011)

#### 3.1 DEFINIÇÃO DA PROPOSTA DO FRAMEWORK CONCEITUAL

A proposta do *framework* conceitual, ilustrada na Figura 15, está orientada para projetos de desenvolvimento integrado de produtos inclusivos, abordando os fundamentos da tecnologia assistiva e normas de acessibilidades.

Justifica-se a proposta do *framework* conceitual para elaboração de projetos de produtos inclusivos, ou seja, acessíveis para atender a maioria dos usuários, conforme Baxter (2001), Iida(2005), Rozenfeld *et al.*(2006) e Back *et al.*(2008), pelos seguintes fatos:

- a) Estender a área de desenvolvimento de produto para incorporar grupo de usuários que cada vez mais vem interagindo no mercado e na comunidade pelo paradigma da inclusão;
- b) O processo de desenvolvimento integrado contribuir para o custo baixo do produto, principalmente se destinado na produção seriada em larga escala;
- c) Flexibilidade, onde permite mudanças ou substituição das características ou definições do produto no projeto para acomodar diferentes usuários e formas de utilização.

Partindo-se do princípio das normas de acessibilidade, o projeto segue o desenho universal para atender o maior número de usuários, isto é, abranger as pessoas com deficiência, com mobilidade reduzida, inclusive as pessoas idosas com limitação. Neste sentido, acolhe-se nas normas de padronização do CEN e CENELEC (2002), e ABNT (2002, 2004), cujas regras esclarecem que os produtos ou serviços devem ser projetados de forma adequada, garantindo o máximo de acessibilidades à pessoa idosa e PcD.

No entanto, Iida (2005) ressalta que as normas são elaboradas de forma generalizada e os princípios do projeto universal e da usabilidade têm muita semelhança na aplicação do produto, onde o projeto universal tem a meta de fazê-lo acessível à maioria da população e a usabilidade de facilitar o uso, e acabam tendo a mesma finalidade no processo de desenvolvimento de produto. Desta forma, todo o delineamento do produto converge aos requisitos do usuário, os quais se agregam às exigências das pessoas com necessidades especiais, e também, abarcando-se os conceitos da tecnologia assistiva. Assim, cumpre-se a recomendação do autor, quanto à dedicação do tempo maior no desenvolvimento de projetos, ocupando-se principalmente em analisar as atividades relacionadas do usuário com o produto para acumular aprendizado e experiência na perspectiva de novos produtos.

Iida (2005) observa que o termo “universal” do projeto universal é inadequado no uso “porque não existe projeto que possa ser utilizado irrestritamente por todos os usuários”. Neste sentido, esta proposta, além de visualizar um produto inclusivo, também, pode direcionar o desenvolvimento de projetos de produtos para um grupo específico, ou seja, como um produto da tecnologia assistiva, na perspectiva de atender o maior número de elementos do grupo, acatando ao máximo, os requisitos necessários dos usuários.

A escolha do projeto de desenvolvimento integrado de produto no ambiente da engenharia simultânea possibilita a flexibilidade na elaboração das fases dos projetos, pois se reconhecem que as decisões tomadas nas fases iniciais do projeto do produto têm resultado significativo no processo de manufatura do produto, em sua qualidade, nos custos de produto e outros. Assim como a maioria das informações para este tipo de projeto é considerada qualitativa e subjetiva, os quais são definidos paralelamente durante a elaboração das fases do projeto, conforme a captação de conhecimento (BACK *et al.*, 2008).

O PDIP permite também empregar a multidisciplinaridade fortalecendo a estrutura e as fases do projeto durante a elaboração do produto. Outro fator é a visão ampla dos processos que favorecem nas soluções específicas do cliente e também de acompanhar o ciclo de vida do produto, definindo o próximo passo do projeto para fomentar o novo lançamento, crescimento, maturidade ou declínio.

### **3.1.1 Planejamento do Projeto**

O contexto de acessibilidade é implementado desde a fase do planejamento de projeto, conforme apresentado na Figura 15, ponto “A”, pois visa identificar as características do usuário do produto, assim como identificar os requisitos para elaborar a declaração do escopo do projeto, onde as informações provêm do planejamento de marketing. O escopo do projeto identifica a demanda do mercado, que revela as necessidades para incluir e aplicar no plano estratégico de negócio, produto e tecnologia. No planejamento de estratégia são avaliados o risco do projeto e a necessidade dos recursos físicos e de formação de equipe para o desenvolvimento do produto. Portanto, faz-se o levantamento para análise de custo e benefício e preparação do documento do projeto para encaminhar o plano estratégico.

Concordando com Iida (2005, p.14), este é o momento que flui conhecimentos e experiências, e as decisões são tomadas com base nas situações hipotéticas, sem existência real, onde alimentará a fase informacional de elaboração do projeto. Logo, o planejamento do projeto é elaborado antes de se iniciar qualquer pesquisa, sendo uma antecipação da realidade que se propõe para direcionar as atividades de pesquisa e estabelecer os critérios de decisão, ou seja, definir o objetivo que possa ser alcançado de forma eficiente.

O objetivo deve ser definido com clareza de forma operacional para iniciar o projeto (*Ibid.*, p.31), e certamente, tornar-se-á corroborado e robusto ao receber ajustes no escopo durante o desenvolvimento da pesquisa.

No caso, num projeto orientado para o usuário com deficiência trata-se de identificar a suas características e suas habilidades para locomover e executar atividades, cujas informações serão captadas pelo planejamento de marketing.

### 3.1.2 Elaboração do Projeto do Produto

Para Romano (2003) o estágio de elaboração do projeto do produto pode ser denominado de “macrofase de projeção”, divididas em quatro fases que são: “projeto informacional”, “projeto conceitual”, “projeto preliminar” e “projeto detalhado”.

Na fase do projeto informacional, localizado no ponto “B” da Figura 15, iniciam-se as identificações dos requisitos dos usuários do produto, ou seja, levantam-se as necessidades dos clientes para compor as informações do produto identificando os requisitos e as especificações. Sendo assim, as atividades desta fase compreendem no levantamento e descrição de tarefa e ações, que são:

- a) **Tarefa:** abrange os aspectos gerais da tarefa e as condições em que ela é executada, dependendo da abordagem do produto escolhido, os quais envolvem os tópicos:
  - 1) objetivo (para quê serve a tarefa, o que será executado ou produzido, em que quantidade e com que qualidade);
  - 2) usuário (descrição da pessoa que executa a tarefa);
  - 3) características técnicas (descrição de materiais ou produto envolvido);
  - 4) condições operacionais (postura, forma de executar a tarefa);
  - 5) condições ambientais (definir o local da tarefa quanto a temperatura, ruído, vibração, umidade); e
  - 6) condições sociais (definir as condições sociais, se a tarefa é executado próximo ou juntamente com grupos de pessoas);
- b) **Ações:** refere-se ao nível mais detalhado das tarefas, isto é, considera o envolvimento de canal sensorial (auditivo, visual, cinestésico), tipos e características dos sinais (intensidade, forma, frequência, duração), tipos e características dos dispositivos de informação (luz, som, display visual); movimento corporal exigido da pessoa, membros acionados no movimento, alcances manuais, características dos movimentos (velocidade, força, precisão, duração); tipos e características dos instrumentos de controle (botões, alavancas, volantes, pedais) e outros conforme o produto e tarefa abordados;

Nesta fase do projeto informacional inicia-se as atividades da equipe de desenvolvimento do produto e de gerenciamento do projeto, assim como, o monitoramento de viabilidade econômica e financeira, e elaboração de listas de atividades do projeto, planejamento organizacional, gerenciamento de comunicação, qualidade, suprimentos, e também as restrições e cronograma do projeto. A revisão bibliográfica fortalece as informações ao verificar os projetos existentes ou casos semelhantes, quanto aos métodos, técnicas e ferramentas utilizados.

O projeto conceitual, o ponto “C” da Figura 15, estabelece a estrutura funcional do produto através das informações específicas do produto, ou seja, efetua-se a análise dos requisitos do usuário quanto às descrições de tarefas e ações, que está contido no projeto informacional. Nesta fase, buscam-se as soluções das funções do produto para concepção do produto, estabelecendo as informações conceituais do projeto. Para isto, visam-se as partes técnicas (estrutura e operação) e as funções interativas (ergonômicas e comunicativas). Portanto, o produto é configurado com uso das ferramentas e os conceitos de ergonomia, usabilidade e DFA para elaborar o modelo de concepção do produto. Também, ajusta-se nas normas da acessibilidade e do desenho universal. Todavia, observa-se que o ambiente da engenharia simultânea e o método do desenvolvimento integrado proporcionam a interação das ferramentas e recursos da tecnologia assistiva, desenho universal, normas de acessibilidade, DFA, ergonomia e usabilidade, desde o início das fases de elaboração do projeto, sendo as fases atualizadas constantemente para elaborar a estrutura global do projeto.

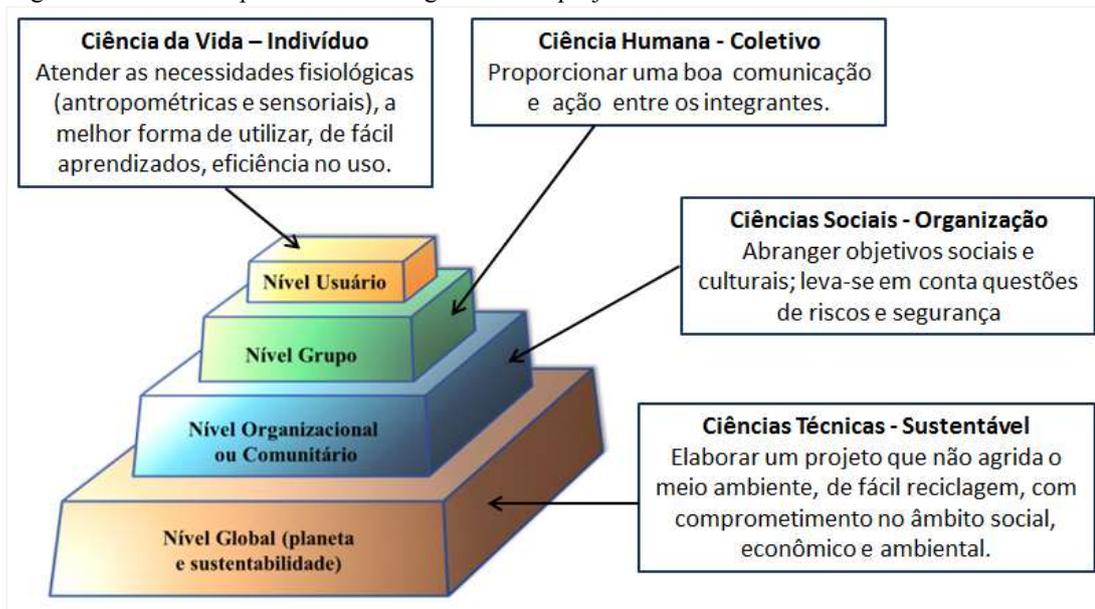
Nesta fase conceitual, Iida (2005) enfatiza as características desejáveis dos produtos, onde esses funcionem bem nas interações com os usuários, levando em conta o equilíbrio das seguintes características:

- a) Qualidade técnica: visa o funcionamento do produto e considera a eficiência do produto ao executar a função, o rendimento da função, a ausência de ruídos e vibrações, a facilidade de limpeza e manutenção e outros;
- b) Qualidade ergonômica: garantir a boa interação do produto com o usuário, incluindo a facilidade de manutenção, adaptação antropométrica, fornecimento claro das informações, compatibilidade de movimentos e outros itens de conforto e segurança;
- c) Qualidade estética: proporcionar prazer ao consumidor envolvendo formas, cores, tipos de material, textura, acabamentos e demais itens que os produtos sejam considerados atraentes ao consumidor.

Conforme a ISO 9241 (ABNT, 2002), as características ergonômicas do produto estendem para os conceitos de usabilidade, que podem ser compreendidos como a capacidade que um sistema oferece a seu usuário, em um determinado contexto de operação, para a realização de tarefas de maneira eficaz, eficiente e confortável. Neste contexto, conforme a área envolvida, destacada na Figura 16, seguem-se os procedimentos de:

- a) Ciência da vida estuda o indivíduo: atender no nível do usuário quanto às necessidades fisiológicas (antropométricas e sensoriais), privilegia o desempenho do usuário em sua tarefa;
- b) Ciência humana direcionada ao coletivo: atende no nível de grupo onde proporciona uma boa comunicação e ação entre os integrantes;
- c) Ciências sociais no apoio ao nível organizacional ou relacionado à comunidade, o qual abrange os objetivos sociais e culturais; consideram-se as questões de riscos e segurança;
- d) Ciências técnicas relacionadas ao nível global e abrange questões de sustentabilidade, ou seja, elaborar um projeto que não agrida o meio ambiente, de fácil reciclagem, com comprometimento no âmbito social, econômico e ambiental.

Figura 16 – Interdisciplinaridade da Ergonomia no projeto inclusivo



Fonte: Baseado em Vidal (1998), ABNT(2002).

O projeto preliminar, apresentado na Figura 15, ponto “D”, é a fase que inicia a atualização do plano do projeto pela equipe de desenvolvimento, ou seja, elabora-se o leiaute

final das atividades do projeto, compreendendo as especificações do projeto quanto à forma, material, segurança, ergonomia, manufatura e outros. Nesta fase, costuma-se elaborar o protótipo desenhado.

No ponto “E” da Figura 15 está o projeto detalhado, esta fase inicia-se praticamente com o ponto “D” e cujo objetivo é de aprovar o protótipo, finalizar as especificações dos componentes, o detalhamento do plano de manufatura e a preparação para solicitação do investimento. Esta fase constitui o detalhar dos procedimentos de testes que otimizam as especificações dos componentes, e ao concluir o projeto do produto e o plano de manufatura, inicia-se a revisão da documentação.

Portanto, no estágio de elaboração do produto, à medida que o processo e o produto ganham maturidade, a distância entre as pontas das flechas das fases dos projetos, demonstradas na Figura 15, irão diminuindo, e assim, ocorre o aumento da maturidade que estabelece a qualidade do produto. Ou seja, neste estágio, quanto mais as informações e as experiências forem introduzidas, formalizadas e sistematizadas nos processos, mais se revelam as fases dos projetos, cujas flechas pronunciam a qualidade do produto, ilustrando a composição robusta e alongada durante o processo de desenvolvimento.

### **3.1.3 Implementação**

O ponto “F” ilustrado na Figura 15 configura os riscos e as incertezas que se reduzem à medida que são definidas: as informações específicas para o desenvolvimento de novo produto; os princípios de elaboração do projeto conceitual; configuração do produto quanto desenho e modelo; e o projeto detalhado para produção. Assim como as metas de qualidade começam “como simples declarações de objetivos dos negócios, tornam-se refinados nas metas técnicas de projeto e, por fim, são mais detalhadas nas especificações para produção” (BAXTER, 2001).

O ponto “G” da Figura 15 marca duas fases, a primeira é a fase de preparação da produção e da implementação do planejamento de marketing. Inclui elaboração de documentação de montagem, liberação para construção do ferramental, preparação da máquina, implementação da linha de produção e outros. Seguindo-se para a fase de lançamento, que é a manufatura e o lançamento do produto no mercado. Esta fase compreende em avaliar o desempenho do produto, comparar e fazer os ajustes adequados nas especificações. Acompanha-se também o monitoramento do serviço pós-venda, e perfaz a documentação de aprendizado e experiência para outros projetos, ou retroalimentando o PDIP

dos resultados positivos do projeto, e descartando os negativos, conforme ilustrado no ponto “H” na Figura 15.

### 3.2 VALIDAÇÃO DA PROPOSTA DO FRAMEWORK CONCEITUAL

A validação da proposta do *framework* conceitual foi baseada na metodologia estudo de caso, onde se buscam provas resultantes de casos múltiplos por serem consideradas mais convincentes e uma visão robusta do estudo global. Em vista disso, a utilização de projeto de casos múltiplos segue uma lógica de replicação, pois, os casos foram aplicados de forma semelhantes aos experimentos múltiplos com resultados similares para replicação literal ou contraditórios para replicação teórica, sendo previstos explicitamente no princípio da investigação (YIN, 2005).

Nos estudos de casos múltiplos foram coletados os dados por meio de observação, acompanhamento ou entrevista aos usuários da tecnologia assistiva nas redes sociais e instituições associadas.

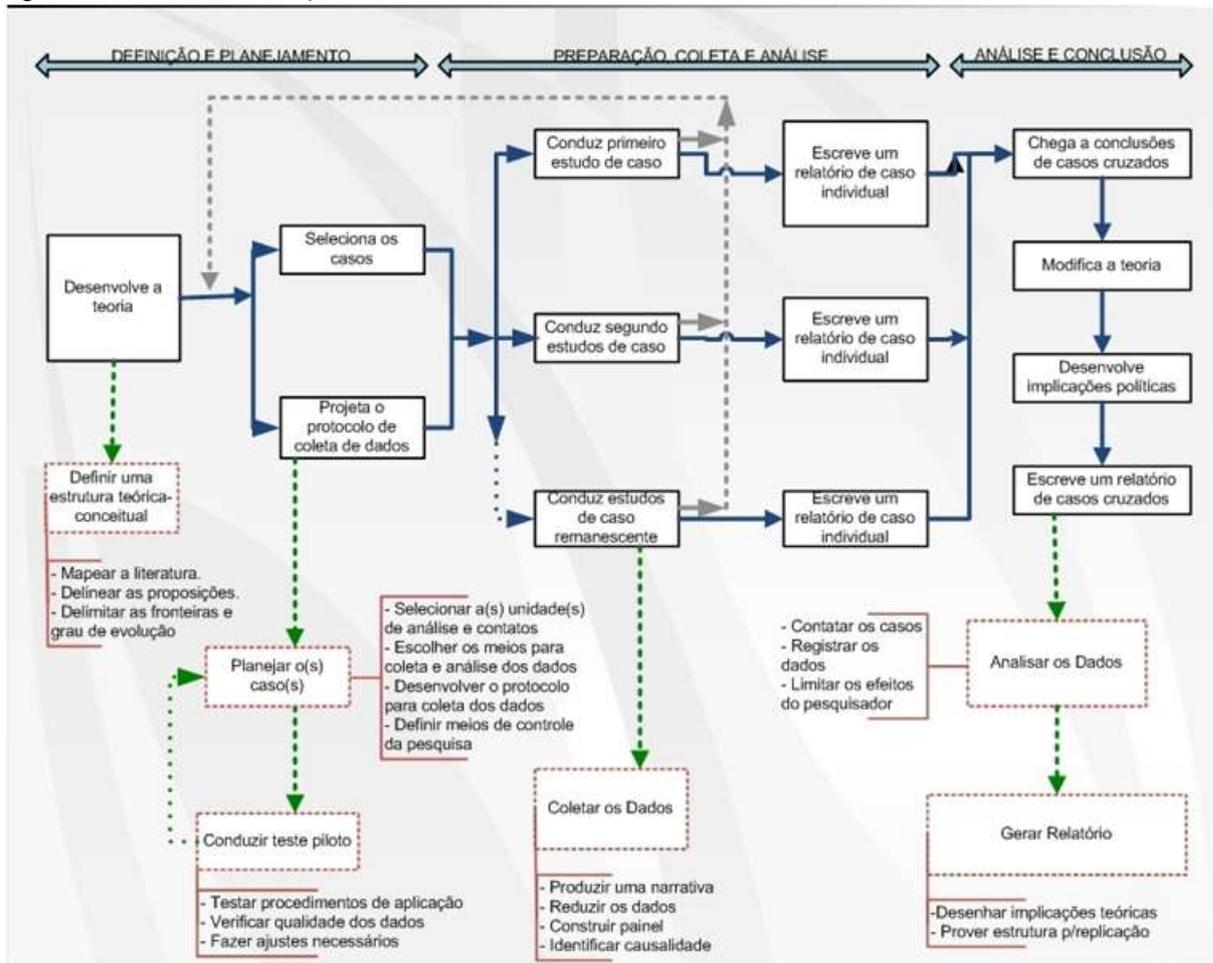
Portanto, a etapa inicial do projetar o estudo consistiu no embasamento da teoria, seguida de demonstrar a seleção do caso e a definição das medidas específicas para o processo de planejamento e coleta de dados, conforme apresentando na Figura 17, o método de Yin (2005) com a condução de Miguel (2010) do estudo de caso.

O protocolo para projeto de casos múltiplos, Yin (2005) recomenda uma visão geral do projeto do estudo de caso, procedimento de campo, questões do estudo de caso e o guia para o relatório do estudo de caso. A coleta de dados pertence a um caso único e não tem por objetivo servir ao projeto inteiro. Desta forma, as evidências de coleta de dados vieram de fontes distintas como revisão da literatura, documentos, observação direta, observação participante e outro.

As evidências coletadas foram analisadas, de forma que foram re combinadas para proposição do estudo de caso múltiplo. Yin (2005) afirma que um dos métodos para análise é a adequação ao padrão, onde compara um fundamentalmente empírico com outro de base prognóstica. Se caso os padrões coincidirem, podem reforçar na validade interna dos resultados obtidos.

A exposição de um estudo de caso foi elaborada durante o processo de composição que são: estruturas ilustrativas, procedimentos adotados para um relatório e na conclusão apresentar especulações sobre as características de um estudo de caso.

Figura 17 - Método e Condução do Estudo de Caso



Fonte: Baseado em Yin (2005), Miguel (2010).

Neste aspecto, empregou-se quatro estudos de caso, definidos e selecionados no planejamento da pesquisa, para validação da proposta do *framework* conceitual, bem como, as preparações de coletas de dados e análise dos resultados obtidos que concernem respectivamente aos projetos de produtos de uso: personalizado, individualizado, em grupo e em grupo na diversidade. Deste modo, estes projetos foram delineados na proposta do *framework* conceitual através do método de estudo de caso no próximo capítulo, conforme o escopo do produto da tecnologia assistiva abordado.

## 4 APLICAÇÃO DA PROPOSTA DE FRAMEWORK ATRAVÉS DE ESTUDOS DE CASOS MÚLTIPLOS

Este capítulo apresenta a aplicação dos estudos de casos múltiplos para validar a proposta de *framework* conceitual, cujos protocolos de coleta de dados procedem dos quatro casos selecionados na definição e planejamento da pesquisa, os quais foram classificados de acordo com a atividade do usuário e o modo funcional do produto projetado relacionados a seguir:

- 1º) Estudo de caso: prótese e órtese, um projeto de produto personalizado;
- 2º) Estudo de caso: tecnologia de comunicação e interação, um projeto de produto individualizado;
- 3º) Estudo de caso: esporte em equipe de paraatletas, um projeto de produto para uso em grupo;
- 4º) Estudo de caso: material de apoio orientado para educação inclusiva, um projeto de produto na diversidade com relação à recepção de informação.

Desta forma, pretendeu-se alcançar o objetivo de identificar, ao máximo, para cada projeto de produto as barreiras e as características das pessoas com necessidades especiais para realizar suas atividades, inclusive as especificidades de cada usuário no momento que estiver executando alguma tarefa. Bem como levantar os dados dos produtos existentes como apoio para analisar as informações quanto os recursos empregados para que os tornem, inclusive, em produtos da tecnologia assistiva, os quais implicam relevância para conservar ou melhorar nos próximos projetos de novos produtos.

Vale ressaltar a questão do ambiente ou atividade foi aplicado no estudo de caso, pois existem produtos para uso comum entre as pessoas, os quais se aprofundam em configurar para alcançar o maior número de usuário. Outro ambiente são casos de produtos específicos como destinado ao esporte de paraatleta, que busca projetar de forma a atender o grupo conforme a categoria que envolve a pessoa com deficiência. No entanto, independente da função do produto ou origem das informações provenientes, as coletas de dados convergiram para analisar os elementos especificados que permearam a proposta do *framework* conceitual.

Por conseguinte, acatou-se a possibilidade de configurar as informações coletadas para elaborar um projeto de produto inclusivo, de forma que constitui-se as fases do projeto informacional e conceitual, o mais robusto possível e atendendo as expectativas dos usuários no projetar de novo produto.

#### 4.1 ESTUDO DE CASO: PRÓTESE - UM PROJETO DE PRODUTO PERSONALIZADO

O uso de ferramentas computacionais é de grande auxílio no Processo de Desenvolvimento de Produto, principalmente ao abarcar os conceitos da Engenharia Simultânea, a qual se orienta na identificação dos requisitos do usuário e proporciona a redução de tempo na elaboração do projeto resultando custo baixo ao produto e competitivo no mercado. Este viés envolvendo as ferramentas computacionais, *Computer Aided Design, Engineering, Manufacturing (CAD/CAE/CAM)*, possibilita representar o produto em imagens bidimensionais ou tridimensionais que facilitam a comunicação e entendimento da equipe envolvida no projeto, otimizando o processo de modo integrado.

Para identificação dos requisitos do usuário abordam-se os estudos acerca de fator humano, que destaca aos interesses científicos com relação aos projetos de ergonomia e usabilidade, os quais abrangem os conceitos de facilidade no uso, segurança, conforto e apropriadas às condições físicas do homem (BACK *et. al* , 2008). Este processo do projeto engloba a análise do usuário, de suas tarefas executadas e o processo aplicado na tarefa envolvida. Sendo assim, uma das áreas multidisciplinar que exige fortemente os requisitos do usuário é de elaborar a prótese e órtese humana, seja para uso funcional, estético ou de correção, pois estes são produtos confeccionados sob medida ao paciente.

As próteses e as órteses estão classificadas entre os produtos da tecnologia assistiva (BERSCH, 2008) e consideradas como ajudas técnicas no Decreto nº 6.949 (2009), referente à Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, que permitem “compensar uma ou mais limitações funcionais motoras, sensoriais ou mentais da pessoa portadora de deficiência, com o objetivo de permitir-lhe superar as barreiras da comunicação e da mobilidade e de possibilitar sua plena inclusão social”.

Neste aspecto, o objetivo deste estudo foi delinear o processo do produto inclusivo personalizado no *framework* conceitual proposto, no caso, a modelagem de protótipo virtual em 3D, acerca do projeto de prótese para o crânio, mediante algoritmo matemático para encontrar a melhor solução geométrica, e assim, perfazendo a parte faltante através das ferramentas computacionais. Ao final, abriu-se a discussão quanto o processo de desenvolvimento de produtos personalizados. A coleta de dados concerne nas ferramentas computacionais disponíveis no mercado e suas funções atribuídas ao fator humano para um estudo exploratório de abordagem qualitativa. Desta forma, as informações foram baseadas nas consultas bibliográficas, observações, e pesquisas na rede de internet relacionadas ao

escopo do estudo de caso. Esclarece também que, para delinear o produto no *framework* proposto, foram abarcados os projetos de pesquisas acerca de modelagem geométrica de partes ósseas em sistemas CAD e o design de prótese baseado no modelo matemático na Engenharia Simultânea, cujos estudos estão envolvidos a equipe de pós-graduação do Programa em Engenharia de Produção e Sistemas da instituição.

#### **4.1.1 Planejamento do Projeto de Produto para caso personalizado de prótese**

O propósito da fase de planejamento está relacionado ao interesse do mercado promissor que visa à elaboração de prótese e órtese, cujos produtos são adaptados ao usuário específico conforme a atividade que se pretende executar, bem como, é a interface de alcance entre o usuário e o objeto, que deve se ajustar em termos de dimensões e arranjos dos controles das forças, velocidades, direção do movimento e outros (BACK *et. al*, 2008). Sendo assim, a prótese e a órtese humana são produtos da TA que incidem fatores funcionais, como são os casos de substituir membros inferiores ou superiores, de ferramenta de apoio, e também de questões estéticas para correção de deformidade.

Neste sentido, Bersch (2008) salienta que o produto da TA “deve ser então entendida como um auxílio que promoverá a ampliação de uma habilidade funcional deficitária ou possibilitará a realização da função desejada e que se encontra impedida por circunstância de deficiência ou pelo envelhecimento”. Assim, classificados entre os produtos da TA, as “próteses são peças que substituem partes ausentes do corpo, e as órteses são colocadas junto a um segmento corpo, garantindo-lhe um melhor posicionamento, estabilização e/ou função. São normalmente confeccionadas sob medida e servem no auxílio de mobilidade, de funções manuais (escrita, digitação, utilização de talheres, manejo de objetos para higiene pessoal), correção postural, entre outros”.

Ressalta-se da concessão de próteses e órteses disposto na Lei (BRASIL, 2009), que toda pessoa que apresente redução funcional, devidamente diagnosticada por equipe multiprofissional tem o direito de beneficiar-se dos processos de reabilitação necessários para integração educativa, laboral e social, inclusive de dispositivos que complementam o atendimento, aumentando as possibilidades de independência e inclusão de PcD.

## **4.1.2 Elaboração do Projeto de Produto para caso personalizado de prótese**

### **4.1.2.1 Projeto Informacional para caso personalizado**

Esta etapa do projeto informacional aborda as necessidades do cliente, que foram desdobradas em requisitos do usuário, assim como são definidos os parâmetros que concernem ao escopo do produto. Neste aspecto, investigou-se o usuário da prótese e da órtese, a área multidisciplinar envolvida, conceitos da prótese e órtese, e a ferramenta computacional.

#### **a) Reabilitação e Ajudas técnicas**

A engenharia de reabilitação, segundo Godinho (2010), está relacionada à profissão ou atividade que é orientada para aplicação da ciência e da tecnologia, atribuindo melhoria da qualidade de vida das PcD e idosos, abordando a funcionalidade humana e questões de acessibilidade.

Conforme consta no anexo do Decreto 3.298 (BRASIL, 1999), considera-se reabilitação:

o processo de duração limitada e com objetivo definido, destinado a permitir que a pessoa com deficiência alcance o nível físico, mental ou social funcional ótimo, proporcionando-lhe os meios de modificar sua própria vida, podendo compreender medidas visando a compensar a perda de uma função ou uma limitação funcional e facilitar ajustes ou reajustes sociais.

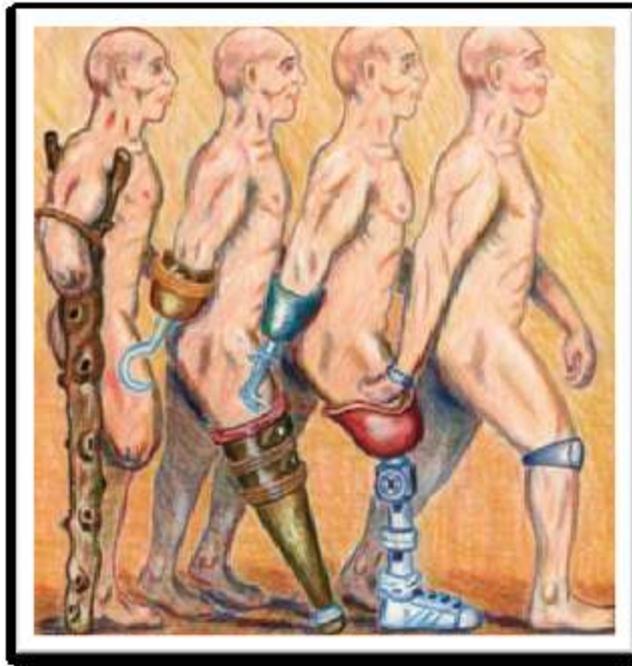
Desta forma, na reabilitação envolvem-se as ajudas técnicas para as pessoas com alguma limitação num processo de reestruturar as funções ou ajustar com o seu corpo físico para realizar atividades que antes impossibilitava de fazê-las.

#### **b) Prótese e órtese e o seu usuário**

Na investigação da história de prótese consta que, na antiguidade, o princípio do uso era de complementar a parte faltante do corpo, sem os aspectos de funcionalidade e afirmam que os egípcios foram os pioneiros nesta técnica ao encontrar um membro artificial do dedo do pé confeccionado de madeira e couro amarrado aos restos mumificados de uma mulher egípcia com cerca de 3 mil anos (950-710 a.C.). Em 1858 desenterram uma perna artificial de 300 a.C. constituída de madeira na parte interna e coberta em bronze e ferro amarradas com tiras de couro. Nota-se, também, que alguns piratas do mar eram mencionados no passado

com uso de pernas de madeira e ganchos de metal que substituíam a mão, conforme demonstrada na Figura 18 representando a evolução da prótese (NORTON, 2007; GODINHO, 2010). Portanto, até meados do ano 1500, as próteses eram geralmente feitas por artesões utilizando ferro, cobre, aço, madeira e couro.

Figura 18 – Desenho representando a evolução da prótese.



Fonte: Norton (2007).

No entanto, o avanço tecnológico em próteses é realizado por volta do século XVI, diante dos sobreviventes amputados na guerra, gerando um trabalho multidisciplinar envolvendo cirurgiões, fisioterapeutas, técnicos e engenheiros. Neste advento, destaca-se o cirurgião francês Ambroise Paré que contribuiu na prática cirúrgica e nos desenhos de próteses dos membros com articulação na parte do joelho, conforme ilustrado na Figura 19 (GODINHO, 2010; UNIVERSITY IOWA, 2011).

O campo de próteses foi avançando e aperfeiçoando tecnologicamente, o que melhorou os mecanismos e as funcionalidade e os tipos de materiais usados para constituir o dispositivo, o qual se direcionou para o desenvolvimento e produção. Assim, as próteses são mais leves, funcionais e esteticamente apazíveis, sendo em alguns casos, próximos do membro ausente que é substituído (NORTON, 2007).

Figura 19 – Desenho de prótese de perna do século XVI de Ambroise Paré



Fonte: University Iowa (2011).

Nestes termos, nos dias atuais, as próteses são dispositivos de apoios que permitem executar atividades atribuindo controle, estabilidade e conforto, como de praticar esportes, ilustrado na Figura 20 (OTTO BOCK, 2011).

Figura 20 – Prótese de membro inferior – perna.



Fonte: Otto Bock (2011).

Desta forma, existem variedades de próteses como auditiva, membros superiores e inferiores, de correção, de estética e outros. Assim como as órteses estão presentes para possibilitar a realização de alguma atividade, conforme demonstrado na Figura 21. Portanto,

consideram-se produtos de apoio ou ajudas técnicas àqueles que são orientados para soluções no cotidiano e restauram capacidades que antes eram impraticáveis (GODINHO, 2010).

Entretanto, existem próteses que passam por processos mais complexos, as quais são elaboradas por equipe multidisciplinar e realizada pela mão do cirurgião devido às características específicas que cada paciente apresenta, como a prótese para o crânio.

Figura 21 – Tipos de órteses



Fonte: Bersh (2010).

### c) Ferramenta Computacional – CAD/CAM

De acordo com Back (2008), Rozenfeld (2006), Francesconi (2008), o sistema *Computer Aided Design* (CAD) é uma ferramenta computacional utilizada para auxiliar no projeto por técnicas de gráficos computadorizados. O sistema *Computer Aided Manufacturing* (CAM) concerne ao processo de fabricação controlado por computador. Desta forma, através do CAD/CAM pode-se projetar um produto no computador e transmitir a um sistema de fabricação por meio de interfaces de comunicação.

A utilização do sistema CAD auxilia na visualização do produto e seus subsistemas e peças que o compõe cujo procedimento contribui na redução do tempo para sintetizar, analisar e documentar o projeto, aumentando a produtividade do projetista ou do engenheiro, assim como, abaixar o custo do projeto e reduzir o prazo de concepção. Em termos de qualidade, o sistema CAD permite uma análise global do produto propiciando maior número de alternativas para serem investigadas em pouco tempo, e os casos de erros dimensionais de projeto são reduzidos e tendendo a zero, com exceção do fator humano.

O sistema CAD, também contribui na qualidade de comunicação entre os utilizadores dos serviços da engenharia de produto, pois fornecem melhores desenhos de engenharia, maior padronização nos detalhamentos, melhor documentação do projeto, menos erros dimensionais e maior clareza de detalhes, logo, concerne à legibilidade. Além disso, o processo de um produto em CAD gera um banco de dados com informações geométricas que podem alimentar a manufatura.

Em termos de desvantagens, encontra-se no custo de aquisição do programa (*software*) e do equipamento (*hardware*) específico para configurar o sistema CAD.

#### 4.1.2.2 Projeto Conceitual para caso personalizado

Esta fase do projeto visou às partes técnicas para delinear a modelagem do protótipo virtual relacionado ao projeto de prótese para o crânio, o qual busca a melhor solução geométrica para perfazer a parte faltante através das ferramentas computacionais. Sendo assim, o projeto conceitual para este estudo abordou o ambiente CAD, DICOM - Comunicação por imagem digital na medicina, tomografia computadorizada, diagnóstico assistido por computador e modelo matemático.

##### **a) Projeto para concepção de prótese em ambiente CAD**

O ambiente CAD proporciona suporte no projeto e concepção de prótese, pois através da reconstrução do modelo ósseo tomografado possibilita diagnosticar e obter informações para o projeto de próteses, bem como, o sistema CAD fornece facilidades com relação ao dimensionamento e a geometria de modelos virtuais, cujas visualizações e ferramentas de projetos convergem para pontos estratégicos de fixação de próteses (FRANCESCONI, 2008).

##### **b) DICOM – Comunicação por imagem digital na medicina**

O padrão *Digital Imaging Communications on Medicine* (DICOM) teve rápida expansão pela indústria de imagem médica devido fornecer a padronização das imagens diagnósticas nas tomografias, ressonâncias magnéticas, radiografias, ultrassonografias, os quais concernem nas oportunidades de aumentar a qualidade e a eficiência nos cuidados aos pacientes. Deste modo, os arquivos providos no formato DICOM, a partir de tomografias computadorizadas, são considerados fontes primárias para o diagnóstico em diversas modalidades tecnológicas

utilizando as imagens digitais. Neste termo, os principais objetivos do padrão DICOM são (FRANCESCONI, 2008):

1. Facilitar trabalhos em ambientes de rede, sem necessitar de interface de rede;
2. Endereçar a semântica de comandos e os dados relacionados para que os equipamentos possam atuar uns sobre os outros;
3. Fazer uso de padrões internacionais existentes sempre que aplicável, adequando a documentação imposta para padrões internacionais;
4. Acomodar o acréscimo de novos serviços, informações, facilitando o suporte para futuras aplicações em imagens médicas.

### **c) Tomografia Computadorizada**

A tomografia possibilita obter uma imagem de uma camada específica de tecido ou objeto, o qual é sobreposto por outros tecidos ou objetos para ser diagnosticada (BONTRAGER, 1999). Pedrini (1994) esclarece que as imagens tomografadas são obtidas ao interceptar o objeto através de planos paralelos, capturando as informações de detalhes anatômicos importantes.

Os arquivos no formato padrão DICOM provem das tomografias computadorizadas, que determinam a qualidade e precisão dos dados. Assim, as imagens digitais passam por um estágio de processo digital que fornecem informações para dar suporte no sistema CAD na modelagem do modelo virtual.

A procura por métodos de processamento digitais de imagens está inserida em duas categorias, segundo Gonzalez e Woods (1992) e Grandt (2005):

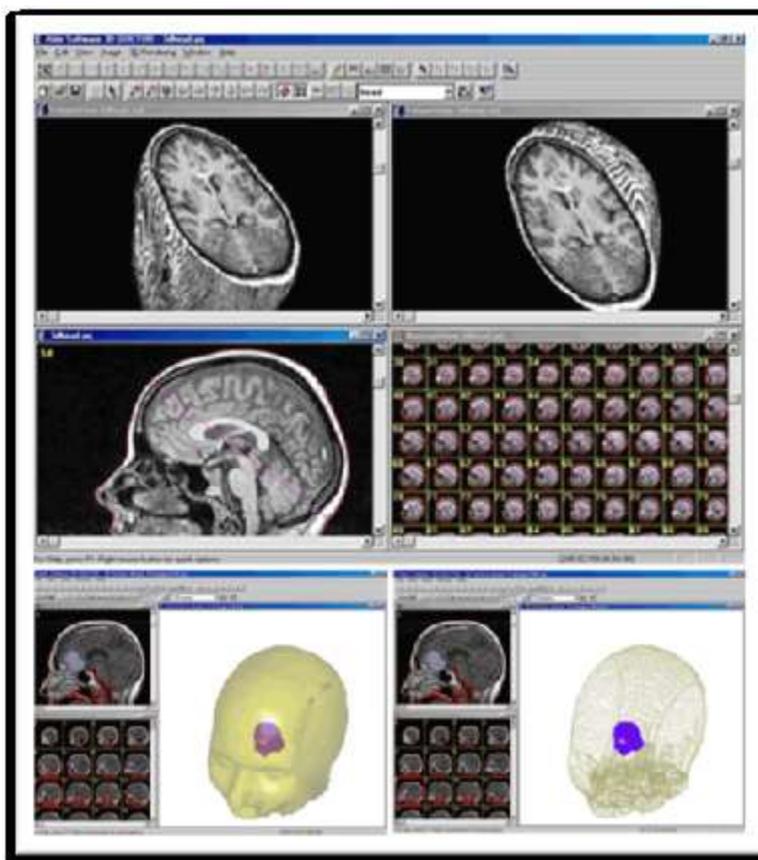
1. Na qualificação da informação visual para a compreensão humana que se concentra em métodos e técnicas para melhoria de contraste, realce e restauração de imagens danificadas;
2. No processamento de dados para percepção automatizada por meio de máquinas, concentrando-se em métodos e procedimentos para capturar de uma imagem informações de forma adequada, para o posterior processamento computacional cuja categoria está focada no presente estudo.

### c) Diagnóstico Assistido por Computador

De acordo com Francesconi (2008), o sistema de Diagnóstico Assistido por Computador auxilia na área de medicina e odontologia para visualizar e realizar diagnóstico aos seus pacientes, de forma não invasiva, por meio de regras de inferências aplicadas em uma grande base de conhecimento sobre sintomas e tratamentos para identificar a possível patologia. Estes sistemas possibilitam reconstruir tridimensionalmente as partes ósseas tomografadas, no entanto, sem a característica para aplicação no projeto e elaboração de protótipos de prótese.

Entre os sistemas de imagens computacional existente no mercado, Francesconi (2008) menciona do software 3D Doctor da Able, que é uma ferramenta de modelamento 3D e de processamento de imagem para realizar o diagnóstico, a Figura 22 mostra a interface deste sistema.

Figura 22 – Sistema 3D Doctor.



Fonte: Katalogo, 2011.

#### **d) Modelos Matemáticos**

Greboge *et al.*(2011) apresentam os modelos matemáticos nos seus estudos para encontrar a melhor solução geométrica, e assim, otimizar a modelagem de prótese de crânio, cujos algoritmos aplicados são: PSO (*Particle Swarm Optimization*), GA (*Genetic Algorithm*) e HS (*Harmony Search*). No entanto, neste estudo é abordado somente o GA para aplicar no escopo do produto.

O algoritmo genérico, GA, é bem divulgado na área médica e foi proposto por John Holland em 1975, definida por Goldberg (1989) e apresentado para o sistema CAD por Renner e Ekárt (2003).

Segundo Goldberg (1989), o GA originou-se do princípio Darwiniano acerca da evolução das espécies e na genética, que é baseado no ciclo natural evolutiva e da reprodução, no qual ocorre a seleção do indivíduo mais apto para sobrevivência, ou seja, é beneficiado aquele que tenha integridade física para sobreviver em relação aos outros.

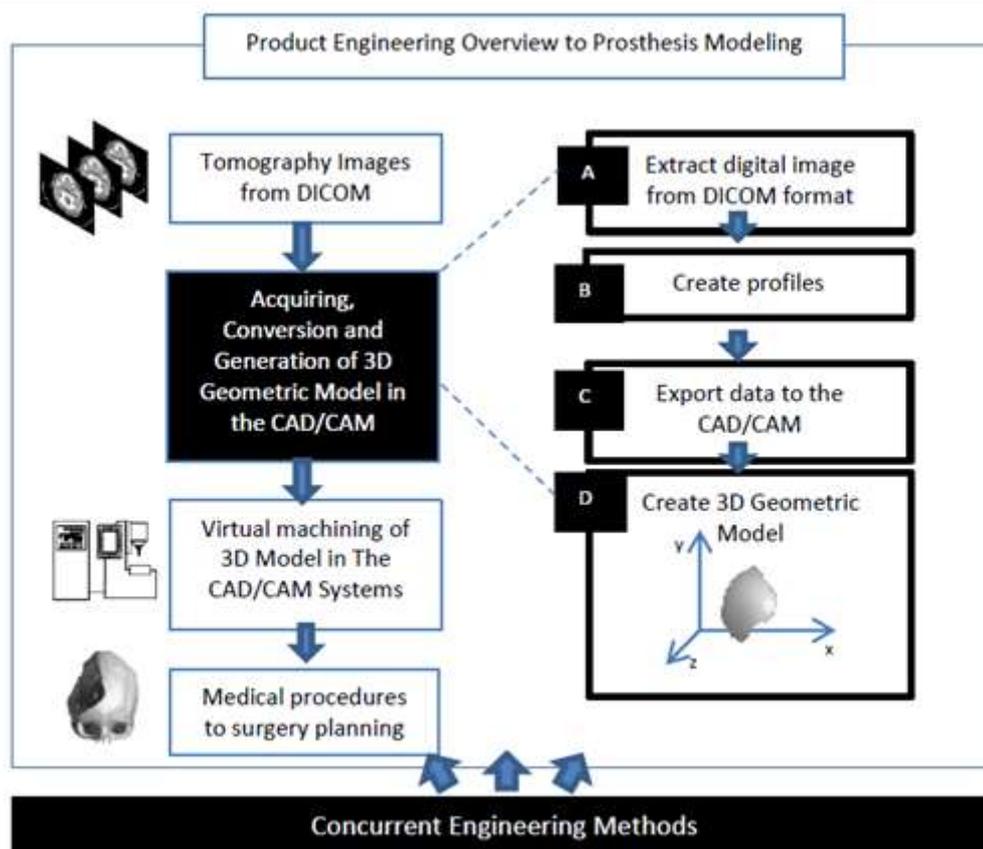
Desta forma, para poder utilizar este método é necessário ter uma população inicial (conjunto de respostas, ou cromossomos gerados aleatoriamente no programa), que refere-se a primeira geração para aplicar e avaliar a função de conveniência de cada indivíduo, e assim, concentrar nos indivíduos mais fortes para a sobrevivência evolucionária, pois estes indivíduos têm maiores chances de reproduzir seus descendentes, que herdam suas características para evolução global da espécie (GOLDBERG, 1989; DAVIS, 1991).

Neste algoritmo, os dados de entradas são: número de populações, a probabilidade de cruzamento, a probabilidade de mutação, número máximo de gerações e tamanho da população. A população ou cromossomas são as informações que serão otimizadas ao longo do ciclo de evolução GA. A probabilidade de cruzamento está relacionada com o ato de reprodução dos pais. Esta probabilidade de cruzamento permite que o programa seja mais flexível para encontrar a melhor solução, podendo cada sistema ter vários pontos de mínimo ou máximo, com possibilidade de convergir para um mínimo. Para evitar isso, alguns indivíduos sofrem mutações com pouca troca aleatória de sua cadeia de informações. Desta forma, este método baseado na probabilidade de mutação implementada no GA encontra-se livre garantindo assim a convergência para o mínimo global ou máxima global (GREBOGE *et al.*; 2011).

#### 4.1.2.3 Projeto Preliminar para caso personalizado

A fase do Projeto Preliminar constituiu na preparação do processo de prototipagem para elaboração de prótese virtual modelada em 3D de uma estrutura óssea.

Figura 23 – Visão geral do método para modelagem de prótese.



Fonte: Canciglieri Junior *et al.* (2011).

Neste propósito, esta pesquisa orientou-se no estudo de Canciglieri Junior *et al.*(2011), que define uma visão geral para modelagem de prótese da parte faltante de um crânio, conforme demonstrada na Figura 23, seguindo-se as etapas:

- a) Realizar a tomografia computadorizada do crânio;
- b) Na etapa (A) expressar a aquisição do arquivo do sistema DICOM através da imagem do osso segmentada, cuja parte trata em como extrair a borda óssea de cada fatia da tomografia computadorizada que apresenta a falha no crânio;
- c) Na etapa (B) designar a criação de perfis, que é baseado no processo de preenchimento automático usando a técnica de GA utilizando o programa MATLAB para criar a peça óssea virtual que está faltando;

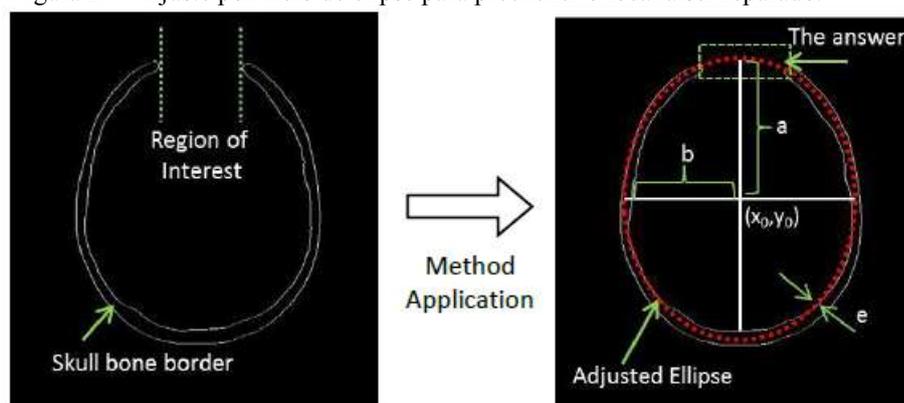
- d) A etapa (C) cria a nuvem de pontos 3D para utilizar no processo de reconstrução em 3D;
- e) A etapa (D) efetua o modelo 3D geométrico.

#### 4.1.2.4 Projeto Detalhado para caso personalizado

A fase do Projeto Detalhado apresenta os procedimentos realizados, que foram definidos na fase anterior, que visaram otimizar e buscar a aprovação do protótipo para preparação de documento e prosseguir para implementação do projeto.

Conforme Canciglieri Junior *et al.*(2011) salientam que o processo de modelagem em 3D parte do arquivo de dados da tomografia computadorizada, o qual permite a aquisição das características morfológicas das estruturas ósseas, principalmente de regiões de anatomia complexa e de difícil avaliação, ou seja, para representação da superfície em 3D deve-se garantir as medidas do osso real. No caso, conforme a região do crânio a ser reconstituído nem sempre pode-se basear na simetria bilateral de curvas fechadas ou espelhadas de um lado para reparar a área que falta do lado oposto. Desta forma, os autores propõem ajustar uma elipse com os parâmetros baseados na curvatura frontal do crânio para preencher a área que falta, conforme ilustrado na Figura 24.

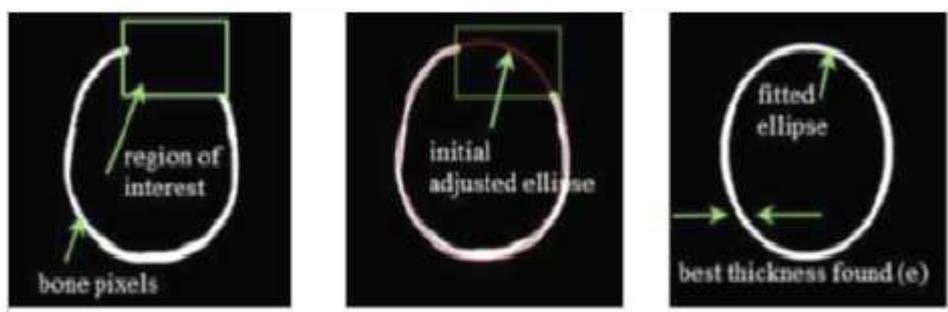
Figura 24 – Ajuste por meio de elipse para preencher o local a ser reparado.



Fonte: Canciglieri Junior *et al.* (2011).

Portanto, alça-se o algoritmo genético – GA, como abordagem de otimização, que pode ser usado juntamente no processamento das imagens para encontrar a melhor elipse que ajusta e preenche a região de interesse para cada fatia da tomografia, conforme apresenta a Figura 25.

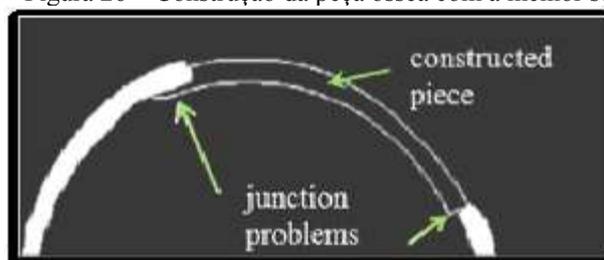
Figura 25 – Aplicação do Algoritmo Genético para encontrar a melhor elipse.



Fonte: Canciglieri Junior *et al.* (2011).

Na sequência, após definida a melhor elipse para cada fatia da imagem tomografada, pode ser preenchido o local do crânio faltante pela subtração lógica das laterais pela imagem original, conforme apresentada na Figura 26.

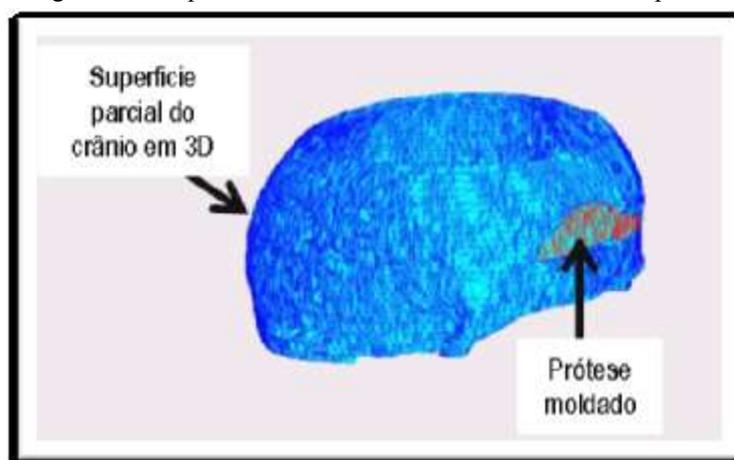
Figura 26 – Construção da peça óssea com a melhor solução.



Fonte: Canciglieri Junior *et al.* (2011).

O volume pode ser reconstituído usando as informações das dimensões exportando para um sistema CAD/CAM, e assim, resultando o protótipo virtual da modelagem em 3D da peça óssea do crânio que estava faltando, apresentado na Figura 27.

Figura 27 – Superfície do crânio em 3D reconstruído com prótese ajustado.



Fonte: Canciglieri Junior *et al.* (2011).

### 4.1.3 Implementação para caso personalizado

Nesta macrofase da implementação, destaca-se o argumento de Canciglieri Junior *et al.*(2011) de que é possível modelar uma peça sem ter as informações, podendo ser definidas por imagens tomográficas e usando o método de elipse na curvatura do crânio, e ainda, sustentado com o GA, que contribuiu para realizar um auto ajustamento da parte faltante do crânio. No entanto, ficou em aberto a questão da união entre segmentos ósseos e a peça reconstruída, dando continuidade na pesquisa de prótese para a região que depende de diversas variáveis e da especificidade de cada paciente.

Verifica-se que o sistema DICOM possibilita a interface de informações às outras áreas, a qual pode ser aprofundada em outros estudos específicos em busca de soluções multidisciplinares. Assim como, o uso de modelos matemáticos, como o GA, podem ser usados para otimização de processos e auxiliar nos projetos com variáveis complexas.

### 4.1.4 Discussão dos Resultados Obtidos para caso personalizado

Delinear o processo de modelagem do protótipo de prótese para o crânio no *framework* conceitual proposto como produto inclusivo e personalizado revelou as possibilidades de áreas multidisciplinares atuarem em busca da melhor solução do produto e de explorar ferramentas, como o sistema DICOM, que favorece na interface entre a área médica e engenharia. Bem como o ambiente da engenharia simultânea permite usar o paralelismo entre as fases de elaboração do projeto que traz uma visão sistematizada do processo e a integração do uso de ferramentas computacionais como CAD/CAM.

Nestes termos, ressalta-se que existem interesses de áreas diferentes, que se despertam variáveis de naturezas diversas para minorar problemas e proporcionando ao paciente uma prótese com aspectos funcionais, estéticos e de conforto cujo viés é considerado fortemente nos métodos aplicados da ergonomia do produto e usabilidade.

Logo, mesmo em produto com características específicas para cada usuário, como prótese e órtese, pode-se investigar e encontrar métodos e ferramentas para melhorar o desempenho no processo de desenvolvimento de produto, que se traduz para a eficiência, reduzindo o tempo na elaboração do produto com custo menor.

## 4.2 ESTUDO DE CASO: TECNOLOGIA DE COMUNICAÇÃO E INTERAÇÃO - UM PROJETO DE PRODUTO INDIVIDUALIZADO

Entre as tecnologias bem aceitas na sociedade e presentes no cotidiano de muitas pessoas está o aparelho móvel celular que apresenta variedades de modelos e permite, além do simples uso de telefonema, outras funções que foram agregadas devido a evolução e inovação tecnológica deste produto para atender um mercado de grande concorrência e as exigências do cliente, bem como oferecer conforto no seu uso.

Em vista da utilidade do aparelho celular, ao atribuir funções específicas tornando-o num dispositivo da Tecnologia Assistiva (TA), concerne como ferramenta de apoio para pessoas com necessidades especiais.

O termo dispositivo da TA compreende o auxílio na habilidade funcional deficitária ou possibilita a realização da função desejada e que se encontra impedida por circunstância de deficiência ou pelo envelhecimento (BERSCH, 2008), ou seja, é uma tecnologia que abarca o conjunto de técnicas, aparelhos, instrumentos, produtos e procedimentos que visam auxiliar a mobilidade, a percepção e a utilização do meio ambiente e dos elementos por pessoas com deficiência (ABNT NBR 9050/2004).

Desta forma, diante dos instrumentos da TA, o aparelho celular é um dos dispositivos bem aceitos entre as pessoas com deficiência visual desde que tenha algumas atribuições para sua acessibilidade.

Neste contexto, o objetivo deste estudo de caso é delinear um produto inclusivo de uso individual no *framework* conceitual proposto, cuja perspectiva é de conceber um projeto acessível e universal através das funções atribuídas nos aparelhos celulares, no caso, o produto é um projeto de cardápio acessível através do uso do aparelho celular. Portanto, um projeto de cardápio acessível aos usuários com e sem deficiência visual.

Para esta tecnologia de comunicação móvel e sem fio do aparelho celular, Cybis *et al.* (2007) argumentam da interação móvel, o qual “traduz em um conceito novo para a área de Interação Humano-Computador”.

A coleta de dados concerne aos dispositivos da TA que são utilizados para meio de comunicação, no caso o Sistema Braille, aparelho celular e programa leitor de telas, para um estudo exploratório de abordagem qualitativa, cujas informações foram geradas por meio de consultas bibliográficas e observações nas entidades com algum envolvimento no assunto abordado como: Instituto Benjamin Constant (IBC) (2011), Fundação Dorina Nowill para Cegos (FDN) (2011), Associação Brasileira de Assistência ao Deficiente Visual Laramara

(2011), Associação de Deficientes Visuais do Paraná (ADEVIPAR) (2011), Rede Solidarietà, Apoio, Comunicação e Informação da Universidade de São Paulo (SACI) (2011), INTERVOX - Projetos de Acessibilidade do Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal de Rio de Janeiro (2011), e consultas de sites na rede de internet relacionadas às pessoas com deficiência visual como: Lerparaver (2011), Bengala Legal (2011), Audiodescrição (2011) e Mundo Cegal (2011).

Esclarece também que parte desta pesquisa foi o escopo de um projeto de Iniciação Científica – PIBITI 2009/2010 da instituição, cujo estudo envolveu a equipe de graduação do Curso de Mecatrônica.

#### **4.2.1 Planejamento do Projeto de Produto para caso individual do cardápio de pizzaria**

Na fase do planejamento é explanado o escopo para estratégias, cujas informações consistem sobre o aparelho celular e o cardápio, quanto suas funções e como estão situados e exigidos no mercado atual.

##### **a) Aparelho móvel - Celular**

O aparelho móvel celular é um dos dispositivos considerados instrumento de impacto no uso das tecnologias de informação e de comunicação na sociedade.

A Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) (IBGE, 2007), revelou que no ano de 2005, o aparelho celular era a única opção de comunicação como via telefone para 41,2% de domicílios, assim como, o uso pessoal do dispositivo na população de 10 anos ou mais de idade ultrapassam 40%, nas Regiões Metropolitanas, conforme ilustrado no Gráfico 4.

Normalmente o aparelho celular é carregado ou portado pelo seu usuário durante as atividades cotidianas para realizar telefonema, envio de mensagem, consultar o relógio e agendas, conforme as funções disponíveis no dispositivo. Desta forma, o aparelho celular possibilita a troca de informações interpessoais, bem como para o acesso de informações como equipamento de TA, pois, este tipo de comunicação permite a compreensão do assunto e o aumento da interatividade do conteúdo ao alcance da PcD de forma mais rápida. Nesta situação, o dispositivo celular está presente e bem utilizado também entre pessoas com deficiência visual, isto se atribuído algumas adaptações acessíveis para o seu uso como programas leitores de tela, conhecido entre os cegos, que emitem voz para ler as mensagens ao comando de teclas acionadas, ou seja, ocorre a comunicação sonora requerendo a

percepção auditiva do usuário. Outra possibilidade acessível no celular é a ampliação da imagem da tela para atender as pessoas com baixa visão. No entanto, estes programas são adquiridos com preço alto no mercado ou obtidos nas versões mais simplificadas, que são distribuídas por algumas instituições, ou mesmo, encontram-se instalados em alguns celulares com tecnologias mais avançadas e de valor alto.

Gráfico 4 - Percentual das pessoas que tinham telefone móvel celular para uso pessoal na população de 10 anos ou mais de idade, por Regiões Metropolitanas – 2005.



Fonte: IBGE, 2007.

#### **b) Pessoas com Deficiência visual e o Produto acessível: Cardápio**

O cardápio, conhecido também como menu ou lista, é um instrumento que contém a relação de produtos servidos nos restaurantes, bares, hotéis, lanchonetes e locais comerciais similares, tendo por finalidade auxiliar o cliente a escolher as refeições descritas, os ingredientes que as compõem e o seu preço.

Neste aspecto, o cardápio também foi adaptado para atender às pessoas com deficiência visual, pois é a deficiência que mais incide entre os brasileiros, ou seja, conforme o Censo do ano 2010, entre 45,6 milhões de pessoas com pelo menos uma das deficiências investigadas no Brasil, 35,7 milhões de pessoas possuem algum tipo de deficiência visual, que corresponde a 3,5% da população brasileira (IBGE, 2011). O fato da perda de visão, na maioria dos casos, está relacionado com o envelhecimento fisiológico, e consta que cerca de 80 milhões de PcD visual no mundo, 45 milhões são cegas, devido aumentar o

comprometimento visual com o passar da idade, assim, aproximadamente 4% das pessoas com mais de 60 anos são cegas, e dentre as causas frequentes estão a catarata, glaucoma, degeneração macular e retinopatia diabética (WHO, 2005).

Além disso, a adaptação do cardápio cumpre os direitos das PcD com a força de Lei, a qual determina a obrigatoriedade nos estabelecimentos de manter e apresentar cardápios em Braille, quando solicitados, como na cidade de São Paulo - SP, regulamentada pelo Decreto Municipal 36.999/1997 (SEED-SP,2011), em Curitiba - PR pela Lei Municipal 11.463/2005 (SINDOTEL,2011), em Juiz de Fora - MG pela Lei Municipal nº 12291/2011(SHRBSJF,2011), Araucária - PR pela Lei Municipal Lei nº 2232/2010, em Santos - SP, Poa - SP, Itapetininga - SP e outras localidades. Logo, existe certo esforço por parte da sociedade brasileira para construir na diversidade um ambiente de equidade na qual vale ressaltar que a Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN,2006), em vista de uma economia promissora, argumenta que ao abarcar o atendimento das necessidades específicas e peculiares de todos favorece na mudança do pensar social, das atitudes sociais e na inserção de adaptações objetivas.

Desta forma, muitos dos estabelecimentos apresentam alternativa de cardápios impressos em Braille para atender pessoas com deficiência visual, possibilitando, assim, uma comunicação ao alcance dos produtos e serviços ofertados. No entanto, o cardápio em Braille atende somente pessoas cegas que dominam a leitura do sistema Braille, sendo que entre as pessoas com deficiência visual no Brasil, cerca de 150 mil são cegos e os demais são considerados baixa visão, ou seja, com algum comprometimento visual (IBGE, 2005). Aliás, segundo a projeção da OMS, preveem 75 milhões de cegos em 2020 para população mundial e a relação à baixa visão aproximadamente três vezes mais (WHO, 2004). Sendo assim, para comunicar e atender a maioria das pessoas com deficiência visual haveria de ter a opção de cardápio com letras ampliadas ou monocromáticas, além do impresso em Braille, pois segundo as normas ABNT (NBR 15599:2008) definem-se as barreiras na comunicação que “qualquer entrave ou obstáculo que dificulte ou impossibilite a expressão ou o recebimento de mensagens por intermédio dos meios ou sistemas de comunicação, sendo ou não de massa”.

## 4.2.2 Elaboração do Projeto de Produto para caso individual do cardápio de pizzaria

### 4.2.2.1 Projeto Informacional para caso individual

Esta fase do projeto investigou os dispositivos da TA utilizados no apoio às pessoas com deficiência visual relacionado à comunicação, bem como, o levantamento das tarefas e as ações durante o uso dos mesmos, inclusive as habilidades necessárias do usuário.

#### a) Sistema Braille e o cardápio impresso em Braille

O sistema Braille foi elaborado por Louis Braille em 1825, baseado na escrita em relevo usada para transmissão e leitura de mensagens secretas de militares para fazer a comunicação noturna na época da guerra. É um método de leitura e escrita composto de símbolos formados nas combinações de seis pontos dispostos numa cela com duas colunas de três pontos, cujos sinais codificam letras do alfabeto, pontuações, números, notas musicais e outros. A leitura dos pontos em relevo é tátil, cada símbolo acomoda-se na ponta do dedo para identificação e interpretação conforme apresenta a Figura 28. A escrita pode ser manual, usando reglete e punção ou uma máquina de escrever em Braille, ou utilizando uma impressora em Braille (FDN, 2011; BENGALALEGAL, 2011; ADEVIPAR, 2011; LARAMARA, 2011; MUNDOCEGAL, 2011; LERPARAVER, 2011; IBC, 2011).

Figura 28 – Leitura tátil do Sistema Braille.



Fonte: SBB (2011).

O cardápio impresso em Braille nos estabelecimentos comerciais possibilita o acesso às pessoas que conhecem o sistema Braille. Outra relevância está na impressão em Braille que ocupa espaço considerável, devido os símbolos em Braille terem tamanho padrão, de forma que, cada letra em relevo acomoda-se na ponta do dedo no momento da leitura. Ou seja, o

Braille utiliza mais área na folha de papel do que a impressão em tinta, como é o caso da Bíblia impressa em Braille, que é composta de 33 volumes no formato 25,0 x 33,0 cm, cuja confecção, a impressora que executa 1,2 mil páginas/hora leva cerca de seis horas para imprimir um conjunto completo, conforme ilustrado na Figura 29 (SBB, 2011). Outro caso, para exemplificar, é o trabalho de Lopes (2009), referente proposta de bula de medicamento em Braille, onde foram necessárias 38 folhas, impressas frente e verso, para imprimir uma bula completa.

Figura 29 – Impressora Braille com velocidade 1,2 mil páginas/hora.



Fonte: SBB, 2011.

### **b) Importância da Tecnologia de comunicação**

Segundo a Intervox (2011), a comunicação por meio de recursos da tecnologia contribui para a PcD visual nos aspectos de melhorar as condições de acesso à educação e conseqüentemente, possibilitar uma melhoria na qualidade de vida, seja no desenvolvimento intelectual, cognitivo, pessoal ou profissional, além de possibilitar a comunicação, seja profissional ou nas formas de entretenimento com outros indivíduos em condições de igualdade.

A Rede Saci (2011) salienta que o sistema de comunicação, numa visão da área de terapia ocupacional, pode se relacionar como apoio para desenvolver aspectos motores e cognitivos do indivíduo e também para auxiliar na realização de suas atividades. Para este

aspecto, as principais características são: velocidade em que a mensagem pode ser enviada; se o dispositivo é portátil; acessibilidade ao usuário em várias posições; a dependência de fontes de poder manuais ou eletrônicas; a qualidade da saída e tempo de duração; a independência do usuário; a flexibilidade do vocabulário (programável ou fixo); o tempo requerido para a reparação e manutenção do dispositivo; técnicas de seleção (varredura, direta, codificação).

### c) Aparelho celular e configuração mínima para pessoas com deficiência visual

O aparelho celular pode ser considerado como dispositivo da TA para PcD visual quando possui alguns recursos como ampliação, alternativa de mudar a tela para monocromática e leitor de tela. Em termos do aparelho, existem diversos modelos conforme ilustrado na Figura 30, sendo uns com teclados em Braille e outros com teclas de fácil percepção pelo tato.

Figura 30 – Aparelhos celulares orientados para pessoas com deficiência visual e diversos tipos de tecla do aparelho celular disponibilizado no mercado.



Fonte: SAMSUNG (2011); NOKIA(2011)

No entanto, tendo o recurso do leitor de tela, algumas pessoas cegas mais habilidosas, conseguem manusear os aparelhos celulares do tipo *touch screen*, ou outros que conectam um teclado avulso no dispositivo.

#### **d) Aparelho celular e o aplicativo de leitura do código de barra**

Em muitos aparelhos celulares encontra-se o aplicativo com função de leitura do código de barra, ou o mesmo é um programa disponível e de fácil acesso para instalar. O código de barra pode ser considerado como ferramenta bem utilizada no mercado global, cuja tecnologia é inovadora e expandiu devido atribuir facilidade no uso e maior segurança das informações, principalmente, para identificar o produto, característica da mercadoria, boleto de pagamento, crachá de identificação e entre outros.

Entre diversos tipos de código de barra existente no mercado está o QR-code, que significa *quick response*, criado em 1994 pela empresa japonesa Denso-Wave (2011) e aprovado como padrão ISO 18004. Este código de barras é bi-dimensional (2D) com capacidade de interpretação rápida. O código QR 2D pode ser lido por uma câmera digital ou aparelho celular e interpretado pelos programas disponível na rede internet. Com a popularização no acesso a rede de internet, o código de barra QR é utilizado principalmente pelo setor de marketing para publicar propagandas de seus produtos, armazenando o endereço para acessar na internet, assim, normalmente quando é lido por algum dispositivo, como o aparelho celular, muitas vezes são direcionados para visitar o site do divulgador.

#### 4.2.2.2 Projeto Conceitual para caso individual

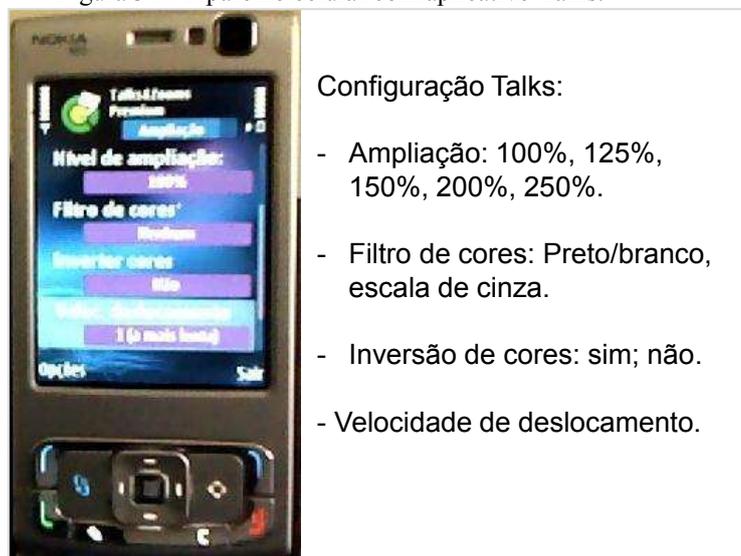
Esta fase do projeto buscou as partes técnicas para delinear o cardápio acessível. Sendo assim, o projeto conceitual abordou os leitores de tela e a ferramenta do código de barra QR.

#### **a) Leitor de tela para o aparelho celular**

O programa - *software* que tem a função de leitor de tela no aparelho celular, que está entre o mais conhecido e utilizado atualmente é o *Talks* da empresa Nuance (2011), e pode-se adquirir a versão completa ou receber uma versão simplificada por instituições que distribuem para pessoas com deficiência visual. Em ambos os casos, o programa *Talks* é instalado no aparelho celular e depois é validado para o uso pela empresa Nuance (2011). Existem outros leitores como o aplicativo *VoiceOver* que vem instalado no aparelho Iphone 4 ou Iphone 3GS da APPLE (TEIXEIRA, 2011). Através do leitor de tela é possível consultar a agenda dos contatos para telefonar, enviar e receber mensagem, e outras funções. Para atender as pessoas com baixa visão, existe a opção para configurar o aplicativo podendo ampliar as informações

da tela do aparelho celular em até 250 vezes, alterar o visual da tela para preto e branco ou na escala de cinza, conforme ilustra a Figura 31.

Figura 31 – Aparelho celular com aplicativo Talks.



Fonte: a autora (2011).

#### b) Definição do código de barra 2D QR-Code

Dentre os aplicativos que se apresentam em alguns aparelhos de celular existe o leitor de código de barra, conforme ilustrado na Figura 32, que está entre as novas tecnologias do mercado e cuja função é de recepcionar a mensagem, interpretar e converter em textos.

Segundo a Denso-Wave (2011), o código de barra 2D foi elaborado com o intuito de aprimorar e aumentar a capacidade de armazenamento do código de barra, principalmente as especificações do produto, podendo suportar, conforme o seu tipo, até um arquivo em PDF (*Portable Data File*) com 4200 caracteres alfanuméricos. Isto devido ao fato de que os primeiros códigos de barra codificavam somente números em quantidade limitada e as empresas automobilísticas necessitavam catalogar diferentes partes do veículo para gerenciamento de inventário, assim, desde ano de 2003, utilizam o código 2D para controle de grandes variedades de componentes. O padrão japonês para QR-Code é o JISX 0510, que reconhece símbolos da escrita japonesa e está disponível desde Janeiro de 1999. O padrão internacional é o ISO/IEC 18004 que foi aprovado em junho de 2000, sendo que o uso do código QR está aberto e disponível no mercado. A imagem do QR-Code pode ser capturada com câmera ou com uso do scanner para transferir no microcomputador através da interface RS-232C.

Figura 32 – Aparelho Celular e captura do código QR.



Fonte: Revista INFO (2009).

#### 4.2.2.3 Projeto Preliminar para caso individual

Na fase do Projeto Preliminar foram escolhidas as ferramentas, o dispositivo celular e os programas, diante das tecnologias disponíveis no mercado para constituir o protótipo do cardápio inclusivo, com finalidade de obter uma visualização geral e completa.

Deste modo, o método aplicado para o protótipo do cardápio seguiu as etapas:

- a) O texto escolhido refere-se aos tipos de pizzas contendo o nome, ingredientes e o preço, conforme aparecem no cardápio usado na maioria do comércio;
- b) Para gerar o texto em código QR utilizou-se o programa on-line do site de Kaiwa (2011), conforme demonstrado na Figura 33, o qual apresentou limitação no número de caracteres para informar, mas o suficiente para efetuar o protótipo do cardápio;
- c) O protótipo do cardápio foi construído utilizando o aplicativo computacional de imagem;
- d) O aparelho celular utilizado foi o modelo N95 da Nokia, porque usa o sistema operacional *Symbian* que é compatível com o programa *Talks*;
- e) O programa *Talks* foi instalado no aparelho celular com licença de uso de demonstração por 30 dias concedida pelo fornecedor, Nuance (2011);
- f) Para recepção da imagem, interpretação e conversão para texto, foi instalado no aparelho celular o programa leitor de código QR disponível no site de Kaiwa (2011), conforme ilustrado na Figura 34;
- g) Teste e avaliação do procedimento.



#### 4.2.2.4 Projeto Detalhado para caso individual

Esta fase constituiu-se em detalhar os procedimentos dos testes para otimizar as especificações dos componentes, seguindo-se para aprovação do protótipo, assim como a preparação de documento para prosseguir a implementação do projeto. Neste aspecto, o cardápio gerado com o código QR, conforme ilustrado na Figura 35, resultou a captura da imagem pelo aparelho celular através do aplicativo de leitor de código de barra da *Kaiwa Reader* anteriormente instalado. Em seguida, o aplicativo interpretou e codificou em texto, de modo que ao acionar os comandos de leitor de tela do programa *Talks*, o texto foi emitido em som possibilitando a acessibilidade para pessoas cegas. No entanto, foi necessário acrescentar no cardápio, acima da imagem do código QR, a escrita em Braille para que a pessoa possa localizar o código de barra no cardápio e em seguida posicionar a câmera do aparelho celular para capturar a imagem.

O uso do fone de ouvido no aparelho celular permite que o som emitido pelo *Talks* não fique exposto ao ambiente proporcionando melhor audição ao usuário.

Figura 35 – Protótipo do Cardápio inclusivo.



Fonte: a autora (2011).

Outra opção de acessibilidade no produto através do programa *Talks* foi para proporcionar às pessoas com baixa visão o que resultou textos com letras ampliadas e cor invertida, conforme apresentado na Figura 36.

Figura 36 – Codificação do Código QR em texto normal, ampliado e cor invertida.



Fonte: a autora (2011).

Deste modo, é possível a visualização do texto, acesso fácil e rápido no aparelho celular, apesar da tela do aparelho celular ter tamanho reduzido.

#### 4.2.3 Implementação para caso individual do cardápio de pizzeria

Na macrofase de implementação avaliou-se o desempenho do cardápio utilizando a leitura do código QR no celular. Esta leitura teve como resultado a descrição do cardápio na forma de som e imagem ampliada do texto na tela do celular. Para a avaliação foram coletadas as opiniões dos comerciantes e dos usuários com e sem deficiência visual de acordo com os seguintes procedimentos:

1. Ensino da definição do código QR e do funcionamento do aparelho celular para leitura do código QR aos comerciantes e pessoas com deficiência visual. Para os comerciantes e as pessoas com deficiência visual, cegas e de baixa visão, foram demonstrados o funcionamento do celular no processo de leitura do código de barra QR;
2. Teste de utilização do celular na leitura do código de barra QR do cardápio pelos comerciantes, pessoas com deficiência visual, cegas e de baixa visão;

### 3. Avaliação dos resultados obtidos para validação.

No experimento com os comerciantes observou-se que a totalidade foi capaz de executar a operação de leitura do código QR do cardápio. Já para as pessoas com deficiência visual, conforme perfil ilustrado no Quadro 14, observou-se que somente os mais jovens ou aqueles que são usuários de longas datas (mais de 3 anos) de microcomputador e celular com leitor de tela conseguiram ler o código através do aparelho, isto porque a maioria possui familiaridade com o uso do aparelho celular. Notou-se também que a maioria desconhecia a funcionalidade e a conceituação do código.

Quadro 14 – Perfil das pessoas com deficiência visual para aplicação da pesquisa

PcDV	Tipo DV (*1)	Sexo (*2)	Idade	Usuário de leitor de tela (*3)		Escolaridade máxima (*4)	Conhece ou já ouviu falar de		Nota de uso (*5)
				Celular	Computador		Código de barra	QR-code	
P (1)	1	1	41	2	2	5	Sim	Não	5
P (2)	1	1	40	2	2	5	Sim	Não	5
P (3)	1	2	42	2	2	3	Sim	Não	5
P (4)	1	1	45	2	2	3	Sim	Não	5
P (5)	2	1	18	2	1	2	Sim	Não	5
P (6)	2	2	14	1	1	2	Sim	Não	5
P (7)	2	1	16	2	1	2	Sim	Não	5
P (8)	1	2	32	2	2	5	Sim	Não	5
P (9)	1	2	39	2	2	3	Sim	Não	4
P (10)	1	1	44	2	2	5	Sim	Não	4
P (11)	1	2	45	2	2	5	Sim	Não	4
P (12)	1	2	34	2	2	4	Sim	Não	4
P (13)	2	1	45	2	2	5	Sim	Não	4
P (14)	2	1	46	2	2	5	Sim	Não	4
P (15)	1	1	17	1	2	2	Sim	Não	4
P (16)	1	1	32	2	2	3	Sim	Não	3
P (17)	2	2	35	2	2	5	Sim	Não	3
P (18)	2	1	52	2	0	1	Sim	Não	3
P (19)	2	1	45	2	0	3	Sim	Não	3
P (20)	1	1	48	1	1	5	Sim	Não	2
P (21)	1	2	45	2	1	3	Sim	Não	1
P (22)	1	2	81	1	2	5	Sim	Não	1

(\*1)- Tipo de deficiência visual: 1=Cegueira total, 2=Baixa visão

(\*2)- Sexo: 1=Masculino, 2=Feminino

(\*3)- Usuário de leitor de tela: 0=Não usa, 1=0 a 2 anos, 2=Mais de 3 anos

(\*4)- Escolaridade: 1=Ensino Fundamental, 2=Ensino Médio incompleto, 3=Ensino Médio, 4=Graduação incompleta, 5=graduação completa ou mais.

(\*5)- Nota após uso de 1 a 5, onde 1=difícil e 5=muito fácil

Fonte: Autor (2011).

Neste âmbito existe a falta de divulgação e conhecimento do uso do código QR, e também as utilidades dos aplicativos disponíveis para aparelhos celulares. Bem como, não está acessível à maioria das pessoas devido o programa completo de leitor de tela ter custo alto, inclusive os aparelhos celulares com tecnologias modernas.

O programa *Talks* apresenta o recurso para “saída Braille”, o qual não foi abordado na avaliação por falta do dispositivo que transforma o texto em Braille. Este dispositivo é conhecido como “Linha Braille” e é uma ferramenta que possibilita acessibilidade para pessoas com surdocegueira.

Neste projeto pode-se acrescentar imagens de fotos no cardápio e ao lado o código QR com descrição da mesma, abordando as técnicas de audiodescrição. A audiodescrição tem o conceito de transformar o visual em verbal, possibilitando maior acesso à cultura e à informação, o que amplia o atendimento, além das pessoas com deficiência visual, para pessoas com deficiência intelectual, idosos e disléxicos (MOTTA E ROMEO FILHO, 2010; AUDIODESCRIÇÃO, 2011).

#### **4.2.4 Discussão dos resultados obtidos para caso individual**

Projetar um cardápio acessível, delineando na proposta do *framework* conceitual, possibilitou analisar as características e funções dos aplicativos do aparelho celular, a definição de cardápio e a TA de informação e comunicação que concede o acesso dos usuários com deficiência visual, assim como as habilidades e ação destes no manuseio do produto.

Ressalta-se no protótipo o uso da escrita em tinta, escrita em Braille e da imagem do código QR, cujos elementos dispostos no mesmo projeto viabilizam um produto inclusivo, sem direcionar o atendimento a usuário específico, como ocorre no cardápio em Braille que atende somente as pessoas cegas que conhecem o Sistema Braille.

Neste termo, percebeu-se que na elaboração do produto inclusivo de uso individual, através do aparelho celular, existem tecnologias e aplicativos disponíveis que podem ser exploradas e complementadas aos projetos, os quais fortalecem a estrutura do projeto e também se tornam em ferramentas que atendem outras camadas de usuários. Como é o caso do GPS (*Global Positioning System*) que fornece a posição que a pessoa se encontra e o orienta informando a melhor alternativa para chegar ao destino, e tal tecnologia, atualmente, conforme a localidade para recepção das informações via satélite, é utilizado também como dispositivo de TA para pessoas com necessidades especiais.

De acordo com Cybis *et.al* (2007), é relevante compreender o usuário móvel e seu contexto para aplicar técnicas e métodos de engenharia de usabilidade adaptados e desenvolvidos para os computadores de mão, ou seja, o desenvolvimento de aplicativos para os dispositivos portáteis e móveis como aparelho celular é focado na utilidade do usuário e

com interfaces confortáveis e de fácil acesso. Portanto, para abarcar os conceitos de *Design Universal*, há de se buscar além das características, as especificidades e as limitações físicas do usuário para atendê-lo no máximo e que influenciam na interação com o dispositivo.

#### 4.3 ESTUDO DE CASO: ESPORTE EM EQUIPE DE PARAATLETAS - UM PROJETO DE PRODUTO PARA USO EM GRUPO

O PDID possibilita abranger segmentos diversificados, e dentre estes, estão os produtos dirigidos para práticas desportivas que estão cada vez mais presentes no mercado. Esta demanda está concernente ao crescimento do setor, devido surgir novas modalidades esportivas, e também, pelo aumento de número de pessoas adeptas às práticas de exercício físico e dos fortes incentivos e patrocínios nos eventos de competição nacional e internacional como os Jogos Olímpicos, assim como, amplia-se para categorias de paraolimpíadas com participação de pessoas com deficiência (PcD).

O fato de alcançar a prática e a visibilidade do esporte de alto-rendimento de paraatletas é recente no Brasil, no entanto, já em 2006, Vital Severino Neto, que na época presidia o Comitê Paraolímpico Brasileiro, afirmou que este advento trouxe bons resultados nas competições esportivas e está contribuindo para apresentar o esporte adaptado à comunidade acadêmica, tornando-se ferramenta de integração, e ainda, possibilitando garimpar os futuros talentos (FONTES, 2006). Portanto, os esportes relacionados aos paraatletas, mesmo existindo poucas modalidades, tendem a estimular as PcD a praticarem esportes e, acima de tudo, tem também um forte cunho para a inclusão social.

Destarte, o PDID torna-se um forte aliado perante os produtos desportivos para PcD, pois, conforme Back (1983), a elaboração de um projeto é uma atividade orientada para o atendimento da necessidade humana, principalmente daquelas que podem ser satisfeitas por fatores tecnológicos de nossa cultura, abarcando-se os fatores técnicos, humanos, econômicos, sociais e políticos. Ao mesmo tempo, o ambiente da engenharia simultânea faz envolver-se um ciclo metodológico, cujo foco do projeto é o paraatleta, o usuário do produto.

O objetivo deste estudo de caso foi identificar as barreiras e as especificidades dos usuários, cujas informações possibilitam projetar o produto, no caso, a elaboração do projeto de uma bola para jogos aquáticos, sendo orientada para o esporte de paraatleta com deficiência visual e praticada em grupo.

A coleta de dados concerne a dois produtos desportivos, no caso a bola com guizos utilizada no futebol e no *goalball*, para um estudo comparativo de abordagem qualitativa que foram geradas por meio de consultas bibliográficas nas entidades com algum envolvimento no assunto abordado como: Associação Promotora de Estudos de Cegos (APEC) (2011), Confederação Brasileira de Desportos para Cegos (CBDC) (2011), International Blind Sports Federation (IBSA) (2011), Comitê Paraolímpico Brasileiro (FONTES, 2006; NASCIMENTO; MOURATO, 2006), e observações nos filmes de jogos disponíveis na rede de internet.

Desta forma, aplicaram-se os dados coletados no *framework* conceitual proposto, delineando um projeto para concepção de produto esportivo, uma bola adaptada para jogo aquático, especificamente para grupo de pessoas com deficiência visual, por meio de protótipo virtual elaborado no conceito de prototipagem rápida, e a discussão quanto o processo de desenvolvimento de produtos esportivos e inclusivos.

Esclarece também que parte desta pesquisa foi o escopo de dois projetos de Iniciação Científica – PIBITI 2010/2011 da instituição, cujo estudo envolveu a equipe de graduação do Curso de Educação Física e da Engenharia de Produção.

#### **4.3.1 Planejamento do Projeto de Produto para caso em grupo de bola aquática**

Este estudo orientado para pessoas com deficiência visual, que concerne à atividade física em grupo e aquática, abriu a expectativa de inovação na prática de esporte, recreação e principalmente na busca de desenvolvimento e potencialidade do indivíduo. Os aspectos de estimular as potencialidades e o processo de desenvolvimento motor, principalmente para crianças, possibilita contribuir na interação com o mundo físico por meio tátil e auditivo pela reação de detectar e diferenciar estímulos recebidos durante a prática esportiva (GORGATI; COSTA, 2005). Assim, por meio de atividades esportivas, Melo e López (2002) comentam os proveitos às pessoas com deficiência visual, assim como para outras deficiências, que proporcionando o aumento da resistência cardio-respiratória, a força, a resistência muscular, a flexibilidade, entre outras funções que beneficiam o corpo físico.

Desta forma, a IBSA busca oferecer um maior desenvolvimento nas atividades desportos para cegos e pessoas com deficiência visual nos cinco continentes, dando prioridade aos países em desenvolvimento que ainda não atingiram um nível suficiente de difusão de programas de esporte, a formação na escola e concorrência, pois considera-se o esporte como o melhor meio de promover a imagem que integra as pessoas com deficiência visuais e cegas,

em particular, apoiando-as para superar suas deficiências, melhorando a autoestima e capacidade de realização. Assim, a IBSA, a CBDC, a APEC e outras instituições envolvem-se na adaptação do esporte para possibilitar a prática para pessoas com deficiência visual e também incentivam o maior número possível de pessoas cegas para a prática de diferentes esportes e atividades físicas. Nesta expectativa, possibilita que no futuro tenham a oportunidade de identificar novos talentos para ser um paraatleta, participando desde torneios escolares até mesmo em competições de mais alto nível do esporte mundial de elite e Paraolimpíadas.

Nesta proposição, o uso da bola em grupo e dentro da piscina proporciona o domínio do corpo físico através de exercícios, que de certa forma fortalece e estimula a coordenação, o equilíbrio, a resistência e também, contribui na participação esportiva, relacionamento e convívio, favorecendo a inclusão social.

Medina (2007) salienta o valor e a contribuição da atividade física no “que se utiliza do corpo, através de seus movimentos, para desenvolver um processo educativo que contribua para o crescimento de todas as dimensões humanas”, cuja essência encontra-se em estabelecer certa cumplicidade, afirma o suíço Nicolas Bouvier (apud OLIVEIRA,2007) “faz-nos lembrar de que, antes de qualquer outra coisa, além de todas as diferenças, nós somos humanos, portanto semelhantes, portanto próximos uns dos outros”.

#### **4.3.2 Elaboração do Projeto de Produto para caso em grupo**

##### **4.3.2.1 Projeto Informacional para caso em grupo**

Esta fase investigou as modalidades esportivas que estão no contexto deste estudo, as tarefas executadas e as ações durante a prática de esportes em grupo de pessoas com deficiência visual.

##### **a) Modalidade de esporte aquática: Polo aquático**

O polo aquático é uma das atividades esportiva praticado na piscina, cuja modalidade é coletiva, na qual duas equipes disputam para fazer maior número de gols. A piscina tem entre 20m e 30m de comprimento, entre 10m e 20m de largura e 2 metros de profundidade no mínimo. Nas laterais da piscina, os lados mais estreitos, ficam a estrutura retangular para fazer o gol com 3m de largura e 90cm de altura. A equipe se diferencia pela cor da touca usada pelos atletas, inclusive os goleiros usam outras cores da equipe. A bola de pólo aquático pesa

entre 400 e 450 gramas e tem entre 68 e 71 cm de diâmetro. Algumas bolas possuem algumas ranhuras na parte externa para facilitar a pegada nela. Este esporte consta no programa oficial dos Jogos Olímpicos e também é considerada uma atividade recreativa (DARIDO; SOUZA JR, 2007; CBDA, 2011).

b) Atleta com Deficiência Visual: modalidade esportiva

Entre as modalidades desportivas, as pessoas com deficiência visual praticam no Brasil: o atletismo, futsal, *goalball*, judô, natação, ciclismo, xadrez e *powerlifting*. Fazem parte do cronograma de provas Paraolimpíadas as seguintes modalidades: atletismo, *goalball*, futebol, natação, judô e ciclismo (CPB, 2010). Cada um desses esportes possui regras que o regulamentam e exigem estímulos específicos, principalmente táteis e auditivos.

Estes esportes são de responsabilidade da Confederação Brasileira de Desportos para Cegos (CBDC) (2011), que tem a diretriz de fomentar e desenvolver o desporto de paraatleta com deficiência visual, assim como, representar perante competições nacionais e internacionais, sendo afiliada à IBSA (2011). No tocante, o objetivo principal está em desenvolver o desporto de rendimento e divulgar o desporto praticado por atletas cegos e deficientes visuais (VERÍSSIMO; RAVACHE, 2006).

Para práticas esportivas, as pessoas com deficiência visual são classificadas em três categorias B1, B2 e B3. Estas categorias consideram a avaliação do melhor olho, os quais podem ser caracterizados como (NASCIMENTO; MOURATO, 2006; GORGATTI; COSTA, 2005):

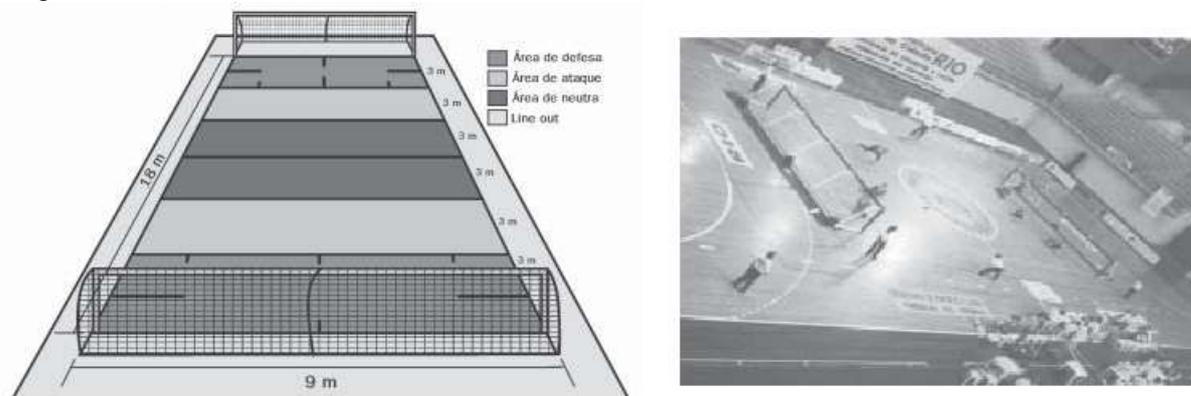
1. Categoria B1 – desde inexistência da percepção luminosa em ambos os olhos até a percepção luminosa, com incapacidade para distinguir formas em qualquer distância e em qualquer direção;

2. Categoria B2 – desde a capacidade de reconhecer a forma de uma mão até a acuidade visual de 2/60 e/ou um campo visual inferior a 5 graus;

3. Categoria B3 – desde a acuidade visual superior a 2/60 e inferior a 6/60 ou um campo visual de mais de 5 graus e menor de 20 graus.

c) Jogos praticados por pessoas com deficiência visual com uso da bola

Figura 37 – Quadra Oficial de Goalball.



Fonte: Nascimento; Mourato (2006).

**1. Goalball:** é um esporte que surgiu logo após a II Guerra Mundial por ex-militantes que ficaram cegos na batalha. O jogo procede no campo que divide-se em quadras de 9 metros cada, perfazendo o comprimento total de 18 metros, conforme Figura 37. Coloca-se preferência do local com piso sintético ou madeira polida.

É obrigatório que os jogadores utilizem vendas, de forma que todos fiquem em igualdades de circunstâncias, e assim, permitindo o jogo entre pessoas cegas, sem deficiência visual ou com deficiência baixa-visão. A regra do jogo é para a equipe atacante, que dispõe de dez segundos, efetuar o lançamento da bola para o gol, após o primeiro contato de defesa com a bola, por parte de qualquer jogador da equipe, demonstrada na Figura 38. Os dez segundos começam a contar a partir do momento do primeiro contato da defesa, contudo se a bola sai, "blocked out", à ordem verbal do árbitro o cronômetro é parado.

Figura 38 - Posição de lançamento de bola pelos paraatletas de goalball.



Fonte: Comissão Paraolimpíada Brasileira (2011); Mayr (2011).

Os atletas são arremessadores e defensores, ou seja, quando a bola é rematada no chão, os jogadores colocam-se em posição abaixado para defender, recorrendo ao ouvido e tentando ocupar a maior área de defesa possível, conforme a posição do atleta para defender a bola ilustrada na Figura 39 e Figura 40, logo, a bola é arremessada de forma rasteira na direção do gol.

Figura 39 – Posição dos paraatletas de *goalball* defender a bola - feminino.



Fonte: Comissão Paraolimpíada Brasileira (2011).

Figura 40 – Posição dos paraatletas de *goalball* defender a bola - masculino.



Fonte: Mayr (2011).

Hoje o *goalball* é praticado em 112 países nos cinco continentes e é um esporte de estímulos auditivos, pois atenta-se ao som que a bola emite quando movimentada, e também de percepção tátil para segurar a bola ou do atleta se localizar na quadra através das linhas em relevo que delimitam e são percebidas ao apalpar, conforme apresenta na Figura 41.

Figura 41 – Marcas em relevo na quadra de *goalball*.



Fonte: Mayr (2011).

**2. Futebol:** O futebol é uma atividade esportiva contemplada pelas crianças e adultos a nível nacional, e também para PcD, existindo a modalidade futebol de cinco, como é conhecido entre os cegos e que está presente nos Jogos Paraolímpicos desde 2004 em Atenas. Para isso, a bola utilizada no futebol passou por uma série de modificações, de tal forma que ela fizesse ou emitisse algum som para os jogadores pudessem localizá-la, sendo que o mais comum era amarrar um saco plástico nela, ou prender guizos do lado de fora da bola. Após diversas adaptações, o modelo atual utilizado pelas pessoas com deficiência visual possui guizos internos que emite som ao balançar quando a bola se movimenta, fazendo com que o jogador a localize (URECE, 2010). A prática do futebol na modalidade de salão para pessoas cegas, conforme ilustra a Figura 42, está classificada em duas categorias: B1 para atletas cegos e B2-B3 para atletas com baixa visão. O goleiro e o chamador não tem deficiência visual. O chamador é a pessoa que fica atrás do gol do adversário chamando os jogadores para orientar o local do gol.

Figura 42 - Domínio da bola no jogo de futebol de cinco de cegos.



Fonte: Comissão Paraolimpíada Brasileira (2011); Carvalho (2011); International Blind Sports Federation(2011).

#### 4.3.2.2 Projeto Conceitual para caso em grupo

a) Características da bola utilizada no *Goalball*: é oca, contém guizos no seu interior e possui oito orifícios de 0,01 metros de diâmetro cada um para melhorar a saída do som e favorecer a audição dos jogadores, conforme demonstrado na Figura 43. O peso fica em torno de 1,250 kg, a circunferência aproximada de 76 cm. O material externo é de borracha, e tem uma rigidez que lhe foi determinada pelo Comitê Técnico de Desportos da IBSA (APEC, 2011);

Figura 43 – Foto da bola de *goalball*.



Fonte: Associação Promotora de Estudos de Cegos (2011).

b) Características da bola utilizada no futebol: a cobertura externa é de couro ou de outro material adequado, de forma que não ofereça perigo aos jogadores. A circunferência da bola em torno de 60 cm. O peso da bola varia entre 450 gramas a 510 gramas e pressão de 9 lbs. O sistema de som, por meio de guizos, é interno e permite uma trajetória regular da bola, de maneira que, quando esta gire sobre si mesma de forma centrífuga, mantendo o som e a segurança dos jogadores (FONTES, 2006). A aparência da bola de futebol é semelhante daquela usada no futebol normal, no entanto, começam a surgir em algumas localidades, bolas com pequenos furos concentrados numa parte para melhorar a saída de som dos guizos conforme ilustrada na Figura 44.

Figura 44 – Foto da bola de Futebol



Fonte: International Blind Sports Federation (2011)

c) Características da bola para atividade aquática: a atual bola de polo aquático, para jogos de pessoas que enxergam, tem ranhuras na superfície externa para melhor pegada dos atletas, e o lado externo é constituído de 85% de borracha natural e 15% de borracha sintética. O lado interno compreendem 70% de poliamida, 30% de polyester e 75% de butil, e 25% de laminado de borracha natural.

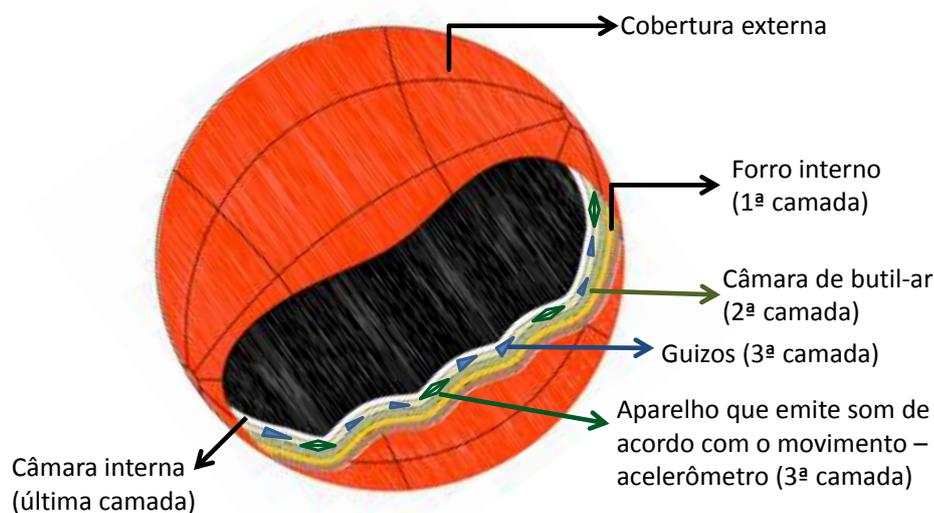
Mediante os dados das bolas, de futebol de cinco e *goalball* pode-se delinear a bola aquática para pessoas com deficiência visual acoplando os guizos para obter as mesmas funções durante a atividade. No entanto, na atividade na piscina, a bola encontra-se muitas vezes jogada no ar, ou seja, deixa de balançar os guizos e assim, não emite nenhum tipo de som ou mesmo quando arremessada, impedindo a localização da mesma. Portanto, a bola necessita de um dispositivo que emita sons conforme o movimento aéreo executado durante a atividade, como o acelerômetro. Quanto o material externo da bola, alça-se nas definições da bola de polo aquático, no entanto, haveria a necessidade de melhorar a saída do som, assim como de fazer a manutenção dos dispositivos internos. Desta forma, assume-se o projeto de montagem, DFA, o qual disponibiliza a possibilidade de desmontar para manutenção dos dispositivos.

#### 4.3.2.3 Projeto Preliminar para caso em grupo

Esta fase constituiu-se em elaborar a forma física da bola para obter uma visualização geral e completa.

Deste modo, uma das soluções foi a prototipagem rápida para configurar o protótipo da bola aquática no ambiente CAD, conforme ilustrado na Figura 45, o qual mostra as 5 camadas da bola, a distribuição dos guizos e o dispositivos de acelerômetro.

Figura 45 – Protótipo da bola para atividade aquática.



Fonte: a autora (2011).

#### 4.3.2.4 Projeto Detalhado para caso em grupo

Esta fase constituiu na aprovação do protótipo e buscou detalhar os procedimentos de testes que otimizam as especificações dos componentes, e também a preparação dos documentos para a próxima macrofase de implementação. Em termos de estudo comparativo, a bola de futebol tem certa semelhança com a de *goalball* por utilizar guizos, no entanto, em termos de otimização da função, a bola de *goalball* tem melhor saída de som por causa dos orifícios espalhados e possuir mais quantidades de guizos, o que a faz mais pesada e de maior tamanho em relação a bola de futebol. Portanto, a bola de futebol depende da forma do atleta conduzi-la para produzir um bom som, no caso, dar o chute que faça a bola “rasteira” ou “quicada” (FONTES, 2006).

Neste aspecto, na bola aquática pode-se otimizar em termos do tipo de materiais e dispositivos de som utilizados para constituí-la, assim como, acoplar outros sensores para atribuir facilidades, como detector de obstáculos tornando-a mais acessível possível, além de considerar as habilidades do atleta dentro da piscina.

### 4.3.3 Implementação para caso em grupo

Nesta fase avaliou-se o desempenho do produto, comparando e fazendo os ajustes adequados nas especificações, assim como o monitoramento quanto à avaliação externa da bola aquática ou opiniões diante dos profissionais da área e dos usuários, pois existem outros aspectos para se considerar além da concepção da bola acessível aos usuários, que são as adaptações das regras do jogo, bem como o paraatleta identificar os companheiros do time, localizar-se dentro da piscina, ou mesmo a direção que se encontra a trave do gol. Desta forma, perfazendo as alterações nos projetos, cujas informações irão melhorar a qualidade da bola e retirando as incertezas, que por sua vez, irá robustecer as fases de desenvolvimento de produto do modelo conceitual proposto.

### 4.3.4 Discussão dos resultados obtidos para caso em grupo

De modo geral, a proposta do *framework* conceitual para concepção de produtos esportivos para paraatletas atenderam as expectativas de identificar as barreiras e as especificidades de PcD por meio do PDIP no ambiente da ES. A aplicação do modelo conceitual nas macrofases de elaboração do projeto, juntamente com estudo comparativo da bola de futebol, do *goalball* e polo aquático possibilitou analisar as características e funções da bola, ação e habilidades por parte do usuário e as regras adaptadas para esta modalidade de esporte para paraatletas com deficiência visual. Neste termo, percebeu-se que a elaboração do produto esportivo compreende outros fatores, como adaptação do local, regras e participação de diferentes áreas de estudo. Assim, concorda-se com a interdisciplinaridade da ergonomia abrangendo os conceitos da usabilidade e a interação dos princípios do desenho universal para esboçar e fortalecer a estrutura do projeto (VIDAL, 1998; IIDA, 2005; CYBIS *et al.*, 2007).

Em relação ao estudo abordando pessoas com deficiência visual pode-se afirmar que centraliza na percepção sensorial do tato e a audição para buscar alternativas nos produtos esportivos. Por isso, os guizos nas bolas são essenciais para dar noção de localizá-la, bem como, observou-se que durante o jogo, a plateia assiste em silêncio, sem fazer barulho, para não incomodar ou confundir o som que a bola emite, exceto quando sai o gol e antes de reiniciar a partida. O tamanho, peso e o tipo de material utilizado na cobertura da bola aquática têm consideráveis influências devido o contato direto das mãos dos atletas. No entanto, sendo modalidade de alto-rendimento, ficou evidente o talento do paraatleta em dominar a bola.

Ao final deste estudo, destacou-se o uso de prototipagem rápida no ambiente CAD proporcionando agilidade e redução de custo no processo.

#### 4.4 ESTUDO DE CASO: MATERIAL DIDÁTICO - UM PROJETO DE PRODUTO NA DIVERSIDADE

A possibilidade de realizar atividades com maior autonomia e independência por pessoas com alguma limitação física ou sensorial, mediante o uso das ferramentas ou recursos da Tecnologia Assistiva (TA), permite maior integração na comunidade. Assim, o produto da TA é um instrumento de apoio que possibilita o acesso das pessoas com necessidades especiais, sendo que o principal escopo para projetá-lo encontra-se no requisito do usuário quanto a sua especificidade para executar a tarefa. Desta forma, Ross (2010) menciona as necessidades especiais como exigências, seja de caráter permanente ou transitório, requeridas pelo usuário para suas atividades de vida diária ou de vida prática, adaptando o ambiente, bem como a utilização de recursos humanos ou tecnológicos, para favorecer a qualidade de vida.

Diante do projeto de produto, Back *et al.* (2008, p.553) argumentam que o atendimento ao usuário compreende as diversidades físicas, capacidades cognitivas e de percepção, e diferenças de personalidade, considerando essas diferenças individuais ao longo das idades.

Neste aspecto, envolvem-se profissionais de áreas multidisciplinares, como engenheiros, fisioterapeutas, professores e outros para versar os produtos da TA para assistir o usuário, conforme o ambiente que está inserido, para realizar suas tarefas.

Dentre os ambientes, cada vez mais, surgem os produtos da TA direcionados ao processo educacional, o qual é reforçado com políticas de inclusão escolar que destacam as “necessidades próprias e diferentes dos demais alunos no domínio das aprendizagens curriculares correspondentes à sua própria idade, requerer recursos pedagógicos e metodologias educacionais específicas” (BRASIL, 1998b). Assim, o desafio na educação se expressa em promover a qualidade e equidade para o desenvolvimento da sociedade atendendo as diferentes necessidades dos alunos.

O caminho da educação é bem reconhecido por exercer forte influência para o desenvolvimento do indivíduo e no crescimento cultural, social e econômico da sociedade. Este enfoque vincula-se com as questões de reduzir as desigualdades sociais, bem como, a erradicação da pobreza e da marginalização. Desta forma, enfatiza-se na Constituição Federal de 1988, a garantia do direito de aprender, ou seja, todos tem o direito à educação, sendo

dever do Estado, da família e da colaboração da sociedade, “visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo com o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho” (BRASIL, 1988).

Todavia, a educação inclusiva é um paradigma social e educacional, pois concerne às pessoas com deficiência e de mobilidade reduzida ter o acesso ao ensino inclusivo de qualidade e gratuito, em igualdade de condições com as demais pessoas na comunidade em que vivem e garantia do exercício da cidadania. Neste contexto, a FEBRABAN (2006) ressalta que o acesso à educação está vinculado a questão do ajuste de oferta de trabalho, cujo baixo grau de instrução e qualificação da população com deficiência, cerca de 78,7% com até 7 anos de estudos, “contribui para uma alta concentração deste público em cargos de baixa remuneração, na base da pirâmide corporativa, e não garante perspectivas de crescimento profissional”. Cabe destacar os dados preliminares do censo demográfico do ano de 2010 constando os índices: 23,9% do total da população tem pelo menos uma das deficiências investigadas e dentre estes, 78,9% são pessoas com deficiência visual (IBGE, 2011), portanto o valor é expressivo para abarcar as questões de acessibilidade, além do social e econômico.

Na acessibilidade educacional, por meio de apoio da TA, muitas barreiras estão sendo desvencilhadas e permitindo o acesso das PcD ao estudo, como o caso do uso de *softwares* de “leitor de tela” ou ampliador de imagem instalados no computador para pessoas com limitação para enxergar.

No entanto, existem lacunas que podem ser otimizadas no manuseio do material de apoio, sendo o mesmo constituído para uso de pessoas com e sem deficiência visual.

Desta forma, o objetivo deste estudo de caso foi delinear no *framework* conceitual proposto a elaboração do material didático para usuário com e sem deficiência visual, a partir das investigações acerca da especificidade do usuário e do apoio de tecnologias e ferramentas da TA. O enfoque está na recepção de informações entre o usuário com limitação e a tecnologia de informação e comunicação, cujo viés foi abordado e problematizado no início do projeto, na macrofase de planejamento, como estratégia, explorando a disciplina de Física.

Justifica-se no projeto a escolha do estudo relacionada à disciplina de Física, devido os aspectos dos conceitos que atribuem à contextualização de interdisciplinaridade, maior articulação de competência e habilidades, ou seja, a Física está integrada nos conteúdos de diferentes disciplinas que contemplam as três áreas do conhecimento: Linguagem e códigos, Ciências da natureza e matemática e Ciências humanas. Estas áreas se inter-relacionam nas dimensões de representação e comunicação, investigação e compreensão e contextualização sociocultural, conforme ilustra a Figura 46 (KAWAMURA; HOSOUME, 2006).

Figura 46 - Relação da Física com as áreas de conhecimento.



Fonte: Kawamura; Hosoume (2006).

A coleta de dados concerne aos produtos da TA que são utilizadas como tecnologia de informação e comunicação, no caso o uso do computador e dos softwares para pessoas com deficiência visual, o Sistema Braille e a explanação da disciplina de Física. Portanto, este estudo orientou-se na busca do material de apoio que proporcione melhor compreensão e aprendizado dos alunos com deficiência visual.

Neste aspecto, o presente estudo é exploratório, de natureza aplicada e abordagem qualitativa, cujos dados coletados foram embasadas nas consultas bibliográficas e observações nas entidades com algum envolvimento de acessibilidade e materiais de apoio educacional como: Web Accessibility in Mind (WEBAIM) (2011), Instituto Benjamin Constant (IBC) (2011), Fundação Dorina Nowill para Cegos (FDN) (2011), Associação Brasileira de Assistência ao Deficiente Visual Laramara (2011), Rede Solidariedade, Apoio, Comunicação e Informação da Universidade de São Paulo (SACI) (2011), Projetos de acessibilidade do Núcleo de computação eletrônica da Universidade Federal de Rio de Janeiro (INTERVOX) (2011), e consultas de *sites*, na rede de *internet*, relacionadas às pessoas com deficiência visual como: Lerparaver (2011), Audiodescrição(2011) e Mundo Cegal (2011).

#### **4.4.1 Planejamento do Projeto de Produto para caso de recepção de informação na disciplina de Física**

Na definição de acessibilidade, foi realçada os aspectos de segurança e autonomia nas diversas áreas de atividade por pessoas com e sem deficiências, seja para apoio ou assistida,

com direito às redes de informações, bem como o direito de eliminação de barreiras arquitetônicas, de disponibilidade de comunicação, de acesso físico, de equipamentos e programas adequados, de conteúdo e apresentação da informação em formatos alternativos (ACESSIBILIDADE BRASIL, 2011).

Neste contexto, problematizou-se uma disposição de acessibilidade às informações, como escopo de estratégia no planejamento do projeto, abordando a tecnologia de informação e comunicação, o *software* leitor de tela, impressão em Braille e a disciplina de Física, que concernem o material didático para alunos com deficiência visual.

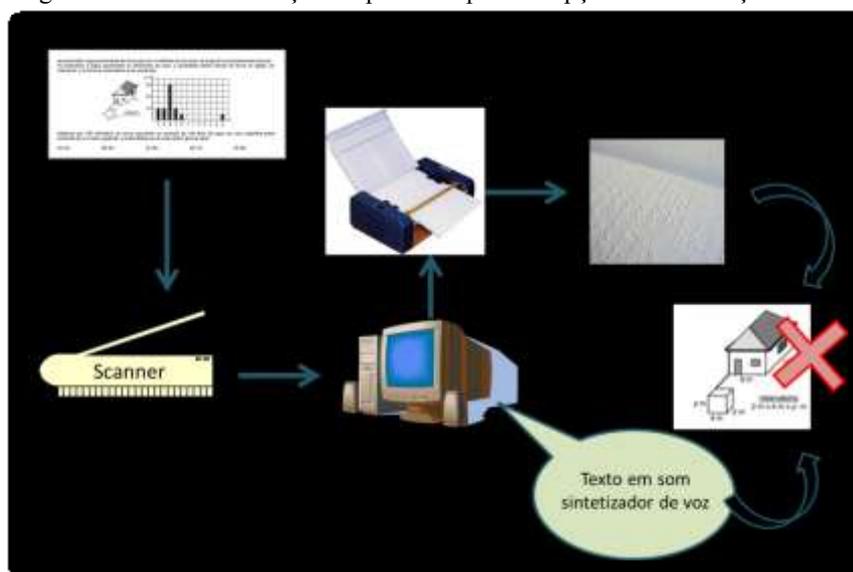
A inovação tecnológica trouxe contribuições significantes para muitas áreas, principalmente quando relacionada ao uso do computador e a rede *internet*, que abriram o acesso às informações e comunicações de forma global. Estas tecnologias de informação e de comunicação (TIC's) também são abarcadas como TA para atender a população com necessidades especiais promovendo a inclusão social, digital e educacional. Assim, os TIC's no processo educacional para pessoas com deficiência visual facilitam o aprendizado com os recursos de escrita, leitura e pesquisa de informação (SACI, 2011), tornando-se ferramentas essenciais para os seus estudos.

Um dos recursos que permite a pessoa com deficiência visual ter o acesso ao mundo da informática é o programa “leitor de telas”, através do sintetizador de voz, possibilitando a leitura, a escrita de textos no computador e inclusive de navegar na rede de *internet*. Desta forma, os textos, encontrados impressos em tinta no papel, podem ser acessíveis, se digitalizados através do periférico “scanner” acoplado no computador, que captura a imagem do texto e transforma no arquivo de símbolos, em seguida, executa-se o programa OCR (*Optical Character Recognition*) para reconhecer as letras do texto para que o programa de “leitor de tela” possa efetuar a leitura ou enviar para impressão em Braille.

No entanto, neste processo de utilizar o leitor de tela ou enviar para impressão em Braille, conforme ilustrado na Figura 47, as informações do tipo figuras, imagens e gráficos não são reconhecidas e interpretadas, tanto que o programa de leitura com voz sintetizada diz apenas “em branco”. No entanto, é indispensável o tratamento de imagem, no caso figuras, desenhos, fotos e gráficos como meio de comunicação, pois Aumont (2002) salienta que “a imagem é universal, mas sempre particularizada”, assim apresenta significado modelado numa estrutura profunda, mais que o seu conteúdo, e relacionado ao exercício de uma linguagem vinculada aos símbolos da cultura e da sociedade “representando o mundo, que tem seu lugar em todas as sociedades humanas”.

Outros tipos de dados são as tabelas mais extensas ou fórmulas com algoritmo mais complexo que ficam descritas de modo incompreensíveis.

Figura 47 – Problematização do processo para recepção de informação



Fonte: a autora (2011).

Neste aspecto, as pessoas com deficiência visual recebem as informações, na maioria das vezes, utilizando os sentidos da audição ou do tato ficando com o entendimento incompleto do contexto e a interpretação prejudicada. Assim, tais materiais didáticos, principalmente folha avulsa de exercício ou informações complementares de disciplina, nem sempre são totalmente acessíveis ao aluno com deficiência visual.

Ressalta-se a escolha da disciplina de Física para esta pesquisa, devido à característica interdisciplinar de estudo, cujo conteúdo abrange os contextos em textos, figuras, gráficos, tabelas e fórmulas matemáticas.

Diante do cenário, constatou-se uma lacuna no processo entre o usuário com limitação e a tecnologia de informação e comunicação a ser preenchida, cuja interface possibilita a otimização na recepção de informações.

Este fato é ressaltado para os livros com ilustrações gráficas, principalmente os didáticos pelo MEC e SEESP (2002), havendo a necessidade de adaptação do texto, de preferência por profissionais que dominem a matéria em apreço, sob o risco de alterar ou omitir as informações essenciais do conteúdo.

Cabe enfatizar o procedimento de transcrição de texto com finalidade de distribuição gratuita para pessoas cegas é amparado pela Lei 9610 de 20 de Fevereiro de 1998, constando na parte de limitações aos direitos autorais, Art.46:

não constitui ofensa aos direitos autorais: a reprodução: [...] d) de obras literárias, artísticas ou científicas, para uso exclusivo de deficientes visuais, sempre que a reprodução, sem fins comerciais, seja feita mediante o sistema Braille ou outro procedimento em qualquer suporte para esses destinatários.

Figura 48 – Impressão na chapa em Braille.



Fonte: Fundação Dorina Nowill para Cegos (2011).

Esclarece que os livros didáticos confeccionados em imprensa não abordam este processo, pois muitos destes são elaborados em chapas de metal, placas finas de liga de alumínio, contendo textos em Braille e figuras com ponto em relevo, e enviados para a impressão de volume expressivo, tal qual ocorre na Fundação Dorina Nowill para Cegos (2011), ilustrado na Figura 48. Assim como, o Centro de Apoio Pedagógico (CAP) ou entidades que atuam na área de deficiência visual prestam o serviço de impressão em Braille, principalmente dos livros didáticos, atendendo o território brasileiro.

#### **4.4.2 Elaboração do Projeto de Produto para caso de recepção de informação**

A macrofase de elaboração do projeto constituiu o estudo nos recursos de TA relacionado como interface de comunicação para pessoas com deficiência visual, bem como as ações vinculadas para recepcionar a informação e realizar a atividade do contexto.

##### **4.4.2.1 Projeto Informacional para caso de recepção de informação**

Na fase do Projeto Informacional investigaram-se os recursos e ferramentas da TA utilizados pelas pessoas com deficiência visual como apoio para realizar atividades

educacionais. As atividades estão relacionadas as interfaces da TIC's no escopo de possibilitar a leitura, compreensão e escrita, bem como as habilidades exercidas quanto a forma de executar as tarefas e as ações durante o uso dos recursos. Neste sentido, as adaptações acerca das TIC's, abarcam os conceitos da ergonomia do produto e a usabilidade nos sistemas computadorizados e ferramentas de apoio, os quais concernem às necessidades específicas dos usuários que facilitam no processo de comunicação com o ambiente social inserido, para este caso, no ambiente educacional.

a) Tecnologia Assistiva de comunicação para pessoas com deficiência visual

A comunicação é fundamental para o desenvolvimento do ser humano contribuindo para conhecer, compreender, transmitir e trocar as informações culturais e sociais na comunidade e no relacionamento entre as pessoas, cujos meios envolvem-se todos os sentidos sensoriais para recepção da mesma. Assim, a visão é considerada responsável por 80% das informações recepcionadas, além de proporcionar a integração e síntese da imagem visual (BRUNO, 1999).

De acordo com Aumont (2002) considera essencial a produção das imagens, pois provem vínculo com o domínio simbólico, fazendo que esteja em situação de mediação entre o espectador e a realidade. As funções das imagens visam estabelecer a relação com o mundo, de modo simbólico, epistêmico e estético. No modo simbólico encontram-se imagens representando símbolos como de religiosos. O modo epistêmico revela imagens relacionadas às informações da realidade ou do ambiente como mapa, cartão postal ilustrado, carta de baralho, retrato, paisagens e outros. O modo estético é designado para agradar o seu espectador oferecendo sensações específicas.

No entanto, na falta do sentido da visão podem recepcionar as informações por outros canais sensoriais, seja na forma auditiva, tátil, olfativa ou degustativa, de tal forma que os meios remanescentes consigam alcançar ao máximo de entendimento das funções atribuídas pelas imagens. Batista (2005) revela que a formação de imagens e conceitos de pessoas cegas constitui das experiências inter-relacionadas com a linguagem das pessoas com quem interage. Portanto, é essencial que a interface de comunicação ou a linguagem utilizada esteja de modo claro, organizado e compreensível para que a pessoa consiga recepcionar e expressar o seu entendimento.

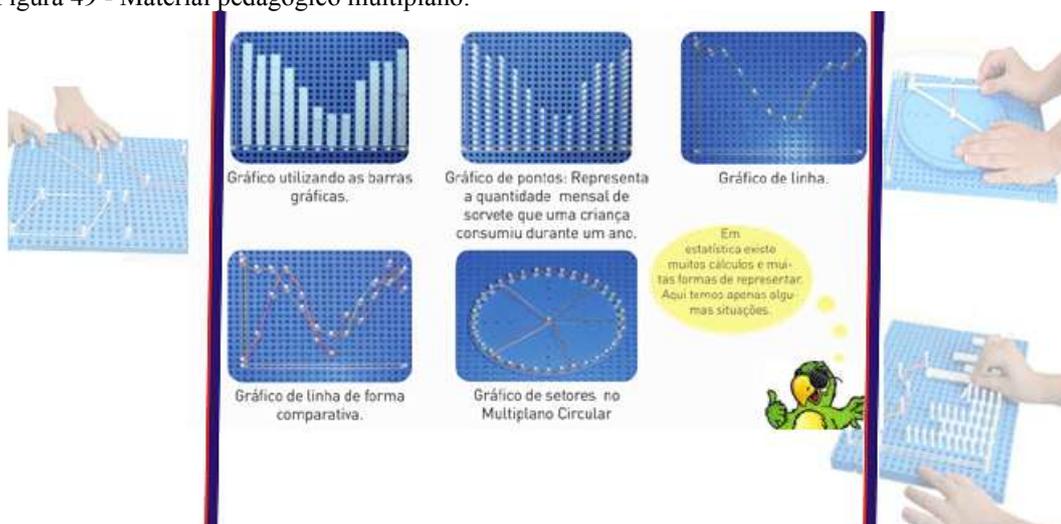
Neste contexto, a linguagem tem papel importante no aprendizado e Santos e César, (2007) e Santos (2008) salientam que na aula de matemática para alunos cegos:

1. a linguagem oral deve ser descritiva procurando atender a rigor da escrita da linguagem matemática;
2. para linguagem escrita, utiliza-se a grafia Braille para os símbolos de matemática e para a Língua Portuguesa;
3. uso da percepção do tato, que permite explorar a nível individual a realidade que os rodeia e ao alcance das mãos. Assim, possibilitando a utilizar os materiais pedagógicos concretos de manipulação ou de relevo para apoio da aula, como o soroban para efetuar cálculo matemático ou o multiplano para visualização no plano.

De certa forma, o uso do tato concerne no planejamento de material didático para obter noção de representação. No entanto, Batista (2005) observa que a captação da informação pelo tato é lenta se comparada pelo sistema visual e tem caráter de buscar de forma sequencial.

O instrumento pedagógico multiplano foi idealizado por Ferronato (2002) e possibilita representar gráficos e figuras geométricas e também permite utilizar símbolos matemáticos em alto-relevo, conforme ilustrado na Figura 49. A princípio o multiplano foi elaborado para atender os alunos cegos, no entanto, ressalta-se o apoio para pessoas com e sem deficiência visual pela facilidade do uso, visualização e compreensão do contexto da matemática.

Figura 49 - Material pedagógico multiplano.



Fonte: Multiplano (2011).

b) Classificação dos recursos de acessibilidade para uso do computador

De acordo com Galvão Filho e Damasceno (2002), os recursos de acessibilidade para uso de computador, relacionada às PcD com mobilidade reduzida ou com alguma limitação, classificam em três grupos a seguir:

1. Adaptações físicas ou órteses: são todos os aparelhos ou adaptações fixadas e utilizadas no corpo da PcD e que facilitam a interação do mesmo com o computador;
2. Adaptações de hardware: são todos os aparelhos ou adaptações presentes nos componentes físicos do computador, nos periféricos, ou mesmo, quando os próprios periféricos, em suas concepções e construção, são especiais e adaptados;
3. Softwares especiais de acessibilidade: são os componentes lógicos das TIC quando construídos como Tecnologia Assistiva, ou seja, são os programas especiais de computador que possibilitam ou facilitam a interação do aluno com deficiência com a máquina.

A WEBAIM (2011) ressalta os quatro princípios de acessibilidade na rede *internet*, acerca de usuários cegos navegarem no ambiente da Web, cujos itens a destacar são:

1. Percepção: acessar as informações considerando a limitação visual sem a percepção para imagens, layout, ou informações baseadas em diferentes tonalidades de cores;
2. Operação: facilitar a operação do usuário de forma funcional para navegar na página da internet e acessar o conteúdo da web, pois normalmente é via teclado, ao invés do mouse;
3. Compreensão: facilitar a compreensão do conteúdo, de forma que não disperse as informações entre outras ou que contenha textos, palavras ou caracteres alheios;
4. Robusto/solidez: compreender as diversas atualizações tecnológicas, pois nem sempre os programas que possibilitam o acesso das pessoas com deficiência visual acompanham as novas atualizações ou as novas versões demoram sair.

c) Programas leitor de telas para acessar textos via computador

Os programas de computador que atribuem a função do sintetizador de voz são considerados uma das principais ferramentas da TA para as pessoas com deficiência visual, pois possibilitam o acesso ao mundo da informática e promovem a inclusão digital. Desta forma, estes programas permitem alcançar recursos que o ambiente de informática oferece

para o aprendizado, pesquisa de informação e participação na rede social e virtual. Entre os programas acessíveis que estão presentes no mercado são (SACI, 2011; ASSISTIVA, 2011):

1. DOSVOX: Programa desenvolvido e distribuído gratuitamente pelo Núcleo de Computação da Universidade Federal do Rio de Janeiro (2011). A principal característica deste *software* é a interatividade com o usuário, por meio de diálogo de voz humana gravada, que estabelece fácil compreensão e operação via teclado.
2. Virtual Vision: Programa leitor de tela desenvolvido pela empresa brasileira MicroPower (2011) e distribuída gratuitamente por estabelecimentos conveniados. O software utiliza o *Delta Talk* que faz o sintetizador de voz em português com boa qualidade de áudio.
3. Jaws: Programa leitor de tela desenvolvido pela norte-americana Freedom Scientific (2011). Este *software* é considerado o mais requisitado no mundo por configurar para diversos idiomas e apresentar mais opções de acesso no computador.
4. NVDA NonVisual Desktop Access: Programa leitor de tela de distribuição gratuita desenvolvido pela NV Acess por Michael Curran, estudante cego, com sede na Austrália e do qual participam várias pessoas de outros países para melhorar o programa. Atualmente tem consórcio com a empresa Adobe para melhorar a acessibilidade dos arquivos em PDF (NV ACESS, 2011). Este leitor é configurável para 20 idiomas diferentes e possui uma versão compacta e portátil que permite o uso do programa gravado em dispositivo móvel – pendrive ou CD, possibilitando a conexão USB ou drive de CD de qualquer computador sem a necessidade de instalação do mesmo.

d) Sistema Braille escrita manualmente via reglete

A escrita manual em Braille pode proceder utilizando a reglete e o punção. Conforme ilustra a Figura 50, existem regletes de bolso e de mesa, que basicamente são duas placas sobrepostas, presas com dobradiça em uma das extremidades e são encontradas em alumínio e plástico. A placa que fica na parte superior é semelhante a uma grade, onde cada janela, chamada de cela, acomoda um símbolo Braille. A placa inferior é constituída de pontos ou trilhas vazadas que servem como guia para fazer os pontos em relevo. A reglete de bolso tem 4 ou 6 linhas, e varia de 13 a 28 celas por linha. A reglete de mesa tem cerca de 29 linhas e cada linha com 34 celas. Para escrever, o papel é anexado entre as placas e pressiona-se com punção para fazer os pontos em relevo. Assim, os pontos em relevo são formados do lado

avesso do papel, por isso, de forma sequencial, a direção da escrita é da direita para esquerda, ordem inversa da leitura.

Figura 50 – Reglete de bolso e mesa



Fonte: a autora (2011).

Desta forma, diferente do uso da caneta, com a qual pode-se escrever em qualquer parte do papel, na escrita com a reglete segue-se certa ordem ou sequência, tornando-se complexa a tentativa de escrever nas diversas posições da cela ou linha.

#### e) Impressora Braille

A impressora Braille é acoplada no microcomputador para imprimir os textos codificados para o Braille. Para codificação do texto em Braille utiliza-se um programa, *software*, como o Braille Fácil da Intervox (2011) de distribuição gratuita. Existe também o programa Monet que possibilita desenhar nas regras de Braille para a impressora interpretar.

#### 4.4.2.2 Projeto Conceitual para caso de recepção de informação

##### a) Transcrição de texto

De acordo com MEC e SEESP (2002), a transcrição de texto para o Braille requer certo conhecimento e alguma experiência no contexto da matéria, do sistema Braille e dos procedimentos para a adaptação do texto, dos quais se destacam os itens:

1. Manter fidelidade ao texto original;
2. Indicar a diagramação mais adequada para o texto em Braille, baseado no conteúdo da matéria e no nível escolar em questão;
3. Avaliar se todas as palavras destacadas por variação de cores e tamanho necessitam, realmente, merecer sinais de maiúsculas, caixa alta e grifo. O uso exagerado desses sinais, que antecedem cada palavra em Braille, além de dificultar

a leitura, não produz o mesmo efeito que os recursos mencionados proporcionam à visão;

4. Considerar os desenhos, fotos, gráficos, tabelas e outras formas de representação, avaliando a real necessidade de reproduzi-los em relevo e as condições técnicas de fazê-lo, de acordo com os equipamentos disponíveis. Quando as figuras têm o caráter de simples ilustração, pode-se deixar de produzi-las em relevo, sem prejuízo do conteúdo.

No caso das figuras necessitarem ser descritas, deve-se fazê-lo com clareza, utilizando poucas palavras e enfocando os aspectos essenciais ao assunto a que se referem. As descrições não se devem confundir com o texto do livro, razão por que recomendamos destacá-las por linhas em branco, linhas pontilhadas ou outras formas previamente estabelecidas para casos semelhantes.

#### b) Audiodescrição

A audiodescrição é um recurso de apoio na comunicação que começa a ser divulgado no Brasil como opção de ouvir algumas horas em rede de televisão ou em alguns filmes. Este recurso é uma TA que possibilita aumentar a compreensão do ambiente cultural que a pessoas com deficiência visual está participando. Motta e Romeu Filho (2010) definem a audiodescrição: “Um recurso de acessibilidade que amplia o entendimento das pessoas com deficiência visual em eventos culturais, gravados ou ao vivo” [...] “por meio de informação sonora. É uma atividade de mediação linguística, uma modalidade de tradução intersemiótica, que transforma o visual em verbal, abrindo possibilidades maiores de acesso à cultura e à informação, contribuindo para a inclusão cultural, social e escolar”.

Para Franco e Silva (2010), a audiodescrição consiste na transformação de imagens em palavras para que informações-chave transmitidas visualmente não passem despercebidas e possam também ser acessadas por pessoas cegas ou com baixa visão.

Exemplo de descrição, conforme Motta e Romeu Filho (2010), da Figura 51:

“Descrição da capa: a capa, criada pela designer Aracy Bernardes, com fundo ocre e tons que vão do vinho ao marrom, é ilustrada por metade de um rosto com destaque para olho e parte da boca no lado direito, três imagens desfocadas, sobrepostas e transparentes do meio para o lado esquerdo superior, um fluxo de letras saindo da boca da pessoa sobre fotos descoloridas de praia e flor na parte inferior. O título: Audiodescrição: Transformando Imagens em Palavras e os nomes dos organizadores: Livia Maria Villela de Mello Motta e Paulo Romeu Filho, estão escritos com letras pretas sobre fundo ocre na parte superior e inferior da capa”.

Figura 51 – Capa do livro Audiodescrição



Fonte: Motta e Romeu Filho (2010).

#### b) Escrita no Sistema Braille

A escrita no Sistema Braille tem tamanho padrão e ordem sequencial para facilitar na leitura, de modo que, conforme Cerva Filho e Geller (2009), a escrita seja linear e utilize um símbolo próprio para cada elemento, não sendo possível escrever de forma subscrita ou sobrescrita, como é grafada a tinta o expoente de um número.

Quanto às representações matemáticas para grafia em Braille, existe o Código Matemático Unificado (CMU) que contém os símbolos de notações de matemática e ciências empregadas na Educação Fundamental até a Educação Superior. O CMU na versão da Língua Portuguesa foi editada pela FDN em 1998. Conforme o MEC e SEESP (2002) orientam para utilizar nota explicativa ao leitor quando empregar os símbolos. Neste aspecto, de acordo com as normas específicas sobre a transcrição de textos do CMU:

1. Os símbolos matemáticos são escritos, geralmente, de forma contínua, sem celas vazias intermediárias, a não ser da necessidade de clareza, deixando uma ou meia cela em branco antes e depois de determinados símbolos;
2. Recomenda-se não utilizar a estenografia, o Braille abreviado, para evitar possíveis dificuldades na leitura;
3. Os símbolos do alfabeto latino, grego e gótico-alemão são usuais e distinguem por prefixos específicos em Braille;
4. Para casos de símbolos cortados por um traço vertical, oblíquo ou horizontal, que podem representar relações negativas ou termos cancelados, são transcritos em Braille pelo prefixo com pontos “45”, antes do símbolo principal, e para o emprego deste símbolo antes das letras latinas minúsculas, usa-se o ponto “5” antecedendo-as;
5. Na transcrição de fórmula deixar duas celas vazias antes e depois;
6. Os símbolos que indicam vetor, ângulo, arco, polígono e outros são transcritos conforme atribuídos no CMU, seguidos das letras que as determinam, independentemente da posição ocupada em tinta;
7. O uso dos parênteses auxiliares como recurso específico para unificar termos que na escrita comum se encontram ligados por circunstâncias;
8. Nas expressões ou sentenças longas que não couber numa linha, devem ser cortadas, preferencialmente, num sinal de relação (igual a, diferente de, maior que, etc.) ou num sinal de operação (mais, menos, vezes, dividido por), procedendo-se como em tinta, isto é, escrevendo o sinal no fim da linha e repetindo-o no início da linha seguinte. O início de uma linha seguinte ao corte de uma expressão ou sentença deve ficar duas celas depois ou duas celas antes da cela que corresponde ao início da linha superior, na qual se efetuou o corte;
9. É indispensável a inserção de expressões ou notas explicativas que esclarecem ao leitor cego, podendo ser colocadas entre parênteses em meio ao texto de forma eficaz.

Portanto, constatou-se relevância na adaptação e na transcrição de textos para o Braille com a funcionalidade da diagramação, sem perder informações e sem prejudicar nos aspectos estéticos, sendo que o principal objetivo é facilitar na leitura do usuário de Braille proporcionando rápida localização do contexto sobre a superfície tátil como tabelas, títulos,

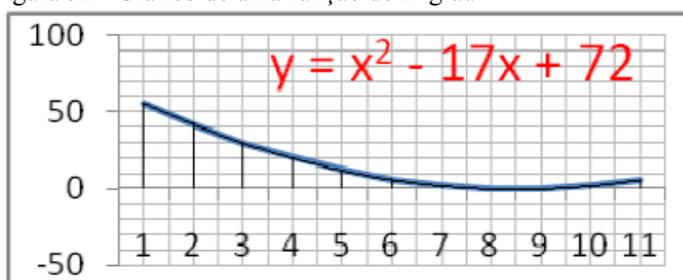
linhas, itens, observações e outras anotações; compreendendo que “bonito para os olhos, nem sempre é funcional para a percepção tátil” (MEC; SEESP, 2002).

### c) Interpretação do Gráfico

De acordo com Cerva Filho e Geller (2009), deve-se cuidar com a linguagem utilizada para realizar o processo de ensino aprendizagem, ou seja, o uso de termos errôneos ou termos facilitados que não levam para total compreensão. Neste aspecto, os autores apresentam os alguns termos facilitador para transcrever o gráfico de uma função de 2º grau, ilustrado na Figura 52: “A curva vai descendo até chegar às raízes 8 e 9 depois vai subindo até o infinito”; “A curva está virada para cima”; “Do oito para trás ela é decrescente ou negativa e do nove para frente é crescente ou positiva”; “A concavidade é para cima”. Em seguida, apresentam a interpretação condizente do gráfico para se ensinar a um aluno cego ou com baixa visão:

“A curva é uma representação da equação  $y = x^2 - 17x + 72$ , onde apresenta-se como sendo côncava, decrescente para valores  $x < 8$  e crescente para  $x > 9$ . As raízes da equação, ou seja, onde a parábola intercepta (toca) o eixo x, são 8 e 9. Para encontrar o vértice da parábola aplicamos a fórmula:  $x = -\frac{\Delta}{2a}$   $y = -\frac{\Delta}{4a}$ .”

Figura 52 - Gráfico de uma função de 2º grau



Fonte: Cerva Filho e Geller (2009).

Segundo MEC e SEESP (2002), ao deparar com um gráfico, orientam para acrescentar uma tabela, utilizando os respectivos significados, além da representação em relevo dos sinais e dos gráficos como se apresentam no sistema comum, ou ainda manter a forma original para caso do autor adotar o treino do aluno a ler gráficos em relevo. Assim como, se possível, manter as figuras geométricas, sendo passível de ser substituída na transcrição em relevo como as figuras de estrelas para pontos ou equivalentes, dentro das orientações contidas.

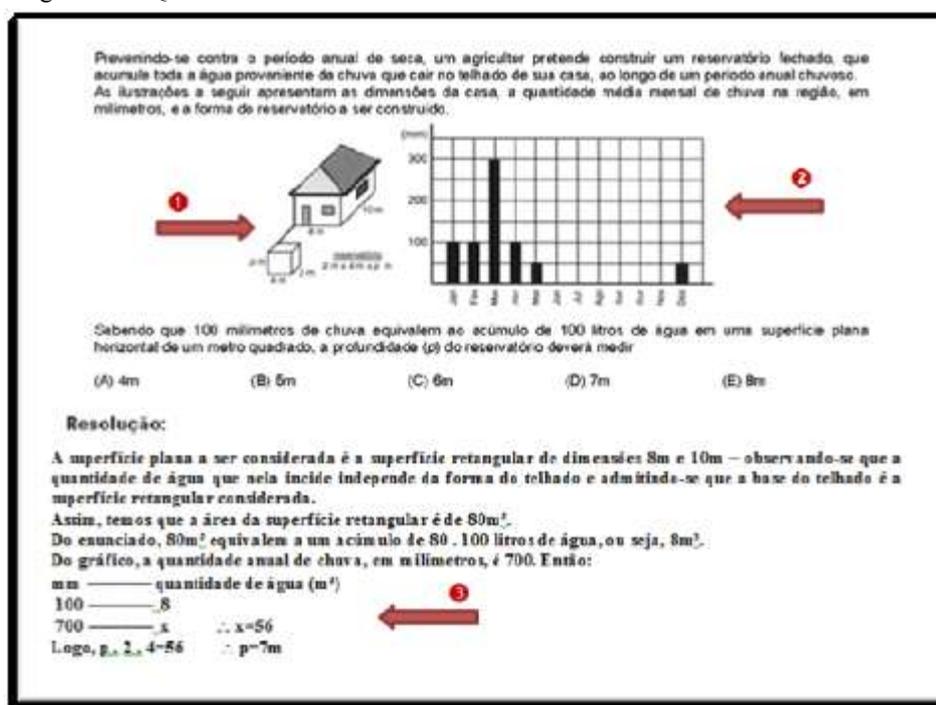
#### 4.4.2.3 Projeto Preliminar para caso de recepção de informação

Esta fase constituiu-se em elaborar o protótipo para representar a forma física e obter a visualização geral e completa do produto. Deste modo, o protótipo concerne no material didático da disciplina de física, que normalmente, apresenta as características problematizadas no planejamento do projeto quanto ao acesso das figuras, gráficos, tabelas e fórmulas pela pessoa com deficiência visual.

Neste aspecto, aplicam-se as informações do projeto conceitual abordando uma questão de física do Enem de 2003 resolvido pelo Curso Anglo (2011) e uma figura explicativa que ilustra o contexto da radiação.

a) Figura, gráfico e linguagem acessível.

Figura 53 – Questão de Física do Enem de 2003.



Fonte: Curso Anglo, 2011.

A questão de Física aborda a construção de um reservatório, onde os textos da introdução e da pergunta são compreensíveis e interpretados pelo programa leitor de tela sem alteração, e também acessível para a escrita em Braille. No entanto, apresenta uma figura constando as informações das dimensões para efetuar o cálculo, conforme o ítem 1 da Figura 53, e, o gráfico com os dados complementares da questão, ilustrado no ítem 2 da Figura 53, que não são interpretados para saída de áudio, assim como, o ítem 3 da Figura 53 demonstra a

resolução da questão e as unidades de medida, necessitando de adaptações para atribuir autonomia e melhor compreensão ao usuário com deficiência visual.

Portanto, para a figura que ilustra a casa, o reservatório e as medidas pode-se acrescentar a descrição da imagem mencionando as notações da questão, conforme o texto a seguir:

“descrição da figura: Uma casa com 8m de largura e 10m de comprimento. A casa está ligada a um reservatório de 2m de largura, 4m de comprimento e  $p$  m de profundidade. Apresenta nota do reservatório: 2m X 4m X pm”.

Figura 54 – Questão de Física com adaptações



Fonte: a autora (2011).

O gráfico da questão apresenta a quantidade de chuva anual por mês, logo como sugestão para melhor visualização destas informações, pode-se adicionar uma tabela contendo os meses e quantidade de chuva, conforme demonstra a Figura 54.

Na parte da resolução da questão, como alternativa de adaptação, pode-se descrever conforme a linguagem utilizada para a leitura de expressão matemática e, também, apresentar uma notação dos pontos das celas para representar os símbolos de matemática em Braille para facilitar na transcrição e/ou ficar como aprendizado do mesmo, conforme ilustra a Figura 55.

Figura 55 – Notação dos símbolos matemáticos em Braille da questão abordada.

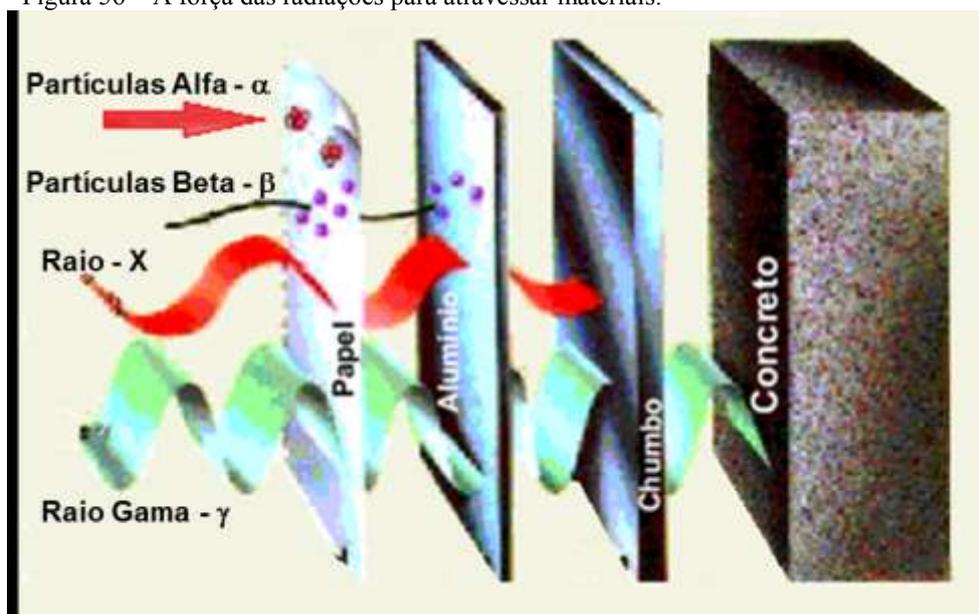
Descrição	sinal	Braille	Pontos na cela
Unidade milímetro	mm	⠠⠠⠠	1-3-4; 1-3-4
Unidade milímetro quadrado	mm <sup>2</sup>	⠠⠠⠠⠠⠠	134; 1-3-4; 4; 1-2
Unidade metro quadrado	m <sup>2</sup>	⠠⠠⠠	1-3-4; 4; 1-2
8 metros cúbicos	m <sup>3</sup>	⠠⠠⠠⠠⠠	3-4-5-6; 1-2-5; 0; 1-3-4; 4; 1-4
Símbolo “está para” ou “tende para”	→	⠠⠠⠠	2-5; 1-3-5
Símbolo “portanto” ou “logo” ou “donde”	∴	⠠⠠⠠ ou ⠠⠠⠠	2-4-6; 1-3-5 ou 2-5; 2
Expressão matemática usada no início e fim		⠠⠠⠠	5; 2-3

Fonte: Baseado em Comissão Brasileira do Braille, 1998; MEC, 1970, 2005.

### b) Imagem para descrever e interpretar

O uso de imagem está cada vez mais difundido nos materiais didáticos para melhor compreensão e aprendizado do aluno. Dentre estes recursos estão montagens de figuras e textos para ilustrar o contexto abordado, como apresentado na Figura 56 da Fiocruz (2011).

Figura 56 – A força das radiações para atravessar materiais.



Fonte: Adaptado de Fiocruz(2011).

O contexto da Figura 56 é sobre a radiação demonstrando, através de desenho, a representação da força das partículas de radiação atravessar certos tipos de materiais. Neste caso, a imagem ilustrada proporciona a explicação do assunto, tendo a necessidade de descrevê-la, interpretando a simbologia utilizada.

Portanto, na Figura 56 pode-se acrescentar a descrição a seguir:

“A figura da Fiocruz, O poder de penetração das radiações, ilustra as diferentes capacidades de atravessar os materiais de 4 tipos de radiação: partículas Alfa, partículas Beta, Raio-X e Raio Gama.

Apresenta 4 tipos de placas enfileiradas na posição vertical, com certa distancia uma da outra, identificadas como materiais de papel, de alumínio, de chumbo e de concreto.

A partícula alfa é representada com flecha vermelha em direção ao papel e suas partículas não atravessam a placa de papel.

A partícula Beta é representada por linha preta com comprimento de ondas longas e baixa frequência que atravessa a placa de papel e é retida na placa de alumínio.

O Raio-X é representada por fita vermelha com ondas curtas e frequência alta que atravessa a placa de papel e alumínio, e retido na placa de chumbo.

O Raio Gama é representada por fita verde com ondas bem curtas e frequência mais alta que o Raio-X, e atravessa a placa de papel, alumínio e chumbo, e retido na placa de concreto.

Logo, quanto mais curta e maior a frequência da onda de radiação, maior é a capacidade de atravessar diferentes tipos de materiais.”

Em vista de constar as letras gregas na identificação dos tipos de radiação, pode-se acrescentar uma tabela para auxiliar na transcrição do Braille, conforme apresenta a Figura 57.

Figura 57 – Protótipo de descrição de imagem

Descrição da Figura:

“A figura da Fiocruz, O poder de penetração das radiações, ilustra as diferentes capacidades de atravessar os materiais dos 4 tipos de radiação: partículas Alfa, partículas Beta, Raio-x e Raio Gama.

Apresenta 4 tipos de placas enfileiradas na posição vertical, com certa distancia uma da outra, sendo identificadas com os materiais: papel, alumínio, chumbo e concreto.

A partícula alfa é representada com flecha vermelha em direção ao papel e suas partículas não atravessam a placa de papel.

A partícula Beta é representada por linha preta com comprimento de ondas longas e baixa frequência que atravessa a placa de papel e é retida na placa de alumínio.

O Raio-X é representada por fita vermelha com ondas curtas e frequência alta que atravessa a placa de papel e alumínio, e retido na placa de chumbo.

O Raio Gama é representada por fita verde com ondas bem curtas e frequência mais alta que o Raio-X, e atravessa a placa de papel, alumínio e chumbo, e retido na placa de concreto.

Logo, quanto mais curta e maior frequência da onda de radiação, maior é a capacidade de atravessar diferentes tipos de materiais.”

Descrição	sinal	Braille	Pontos na cela
Letra grega Alfa – minúsculo	$\alpha$	⠠⠠⠠⠠	4-5-6; 4; 1
Letra grega Beta – minúsculo	$\beta$	⠠⠠⠠⠠	4-5-6; 4; 1-2
Letra grega Gama – minúsculo	$\gamma$	⠠⠠⠠⠠	4-5-6; 4; 1-2-4-5

Fonte: Baseado em Fiocruz (2011), Comissão Brasileira do Braille (1998), MEC (1970,2005).

#### 4.4.2.4 Projeto Detalhado para caso de recepção de informação

Esta fase constituiu no detalhamento dos procedimentos para os testes que visam em otimizar as especificações e obter a aprovação do protótipo, e também a preparação dos documentos para a próxima macrofase de implementação.

Neste caso, o produto final é formado por componentes onde cada parte constitui técnicas diferentes para atender o usuário, conforme a sua especificidade ou limitação e na escolha do tipo de saída de informações, ou seja, abarcam-se os conceitos de DFA avaliando

todo o produto e a função do componente, favorecendo para simplificar a montagem e desmontagem das partes que compõem o material de apoio.

Tendo em vista a otimização, tem-se a opção de escolher a saída dos dados, ou seja, se a saída for áudio, pode-se configurar de tal forma que não necessite alterar o formato visual e a descrição das figuras e gráficos sejam incrementados em *hipertexto*, como ocorrem na navegação das páginas da *internet*. Ou ainda, se a saída é impressão a tinta do texto, acrescentar o código de barra QR contendo a descrição e notas do contexto para se acessar com outras tecnologias como leitor de código de barra ou aparelho celular, demonstrado no estudo de caso de produtos de uso individual.

A técnica de descrição possibilita ampliar para utilização nos trabalhos de exposição ou apresentação como audiodescrição ou como tecnologia de *closed caption*, a legenda oculta que informa os tipos de sons atribuídos, permitindo a acessibilidade para pessoas com deficiência auditiva.

#### **4.4.3 Implementação para caso de recepção de informação - disciplina de Física**

Esta fase fez a avaliação do desempenho do produto para implementar outros aspectos como a de influências externas no projeto. Assim, na macrofase de implementação avaliou-se o desempenho do protótipo da questão de Física com adaptações, ilustrada na Figura 54, e do protótipo de descrição de imagem da Figura 57. Para avaliação seguiram-se os procedimentos:

1. Digitalização dos protótipos utilizando o periférico “scanner” acoplado no computador, que capturou a imagem e transformou em arquivo de imagem;
2. Execução do programa OCR (*Optical Character Recognition*) no arquivo de imagem que codificou em texto;
3. Execução do programa NVDA, “leitor de tela”, para interpretar o arquivo texto com emissão de som através de voz sintetizada do computador.

O texto lido continua com o termo “em branco”, no entanto as imagens, figuras e gráficos foram interpretados e descritos com som conforme os parâmetros de adaptações. Porém, há necessidade de considerar uma avaliação externa e pedagógica, por meio de monitoramento diante de profissionais da área de educação e o usuário aprendiz para obter o desempenho completo do protótipo.

Os procedimentos pedagógicos que beneficiam alunos com e sem deficiência visual, tal como destaca Ross (2010), as aulas devem ser planejadas para que os alunos desenvolvam as habilidades de cooperar, resolvendo problemas juntos e, ensinando e lendo uns aos outros, sem a dedicação exclusiva ao aluno com deficiência. Neste termo, Camargo (2005) salienta que o aprendizado na área de Ciências oferece aos professores a oportunidade receber informações por parte dos estudantes sobre avaliação epistemológicos, cognitivos e sociais, de tal forma que se reconhecem as habilidades alcançadas pelos alunos, facilitando o *feedback* e atribuindo certo equilíbrio e esforço por meio de exploração e de argumentação. Assim, concorda-se com Ross (2010) quanto o aspecto pedagógico juntamente com o uso de mediação adequada, como os recursos e adaptações dos materiais e do ambiente, favorecendo aos alunos para desenvolver as habilidades cognitivas, sociais e sinestésicas, assim como, estes instrumentos são significantes para o processo de abstração necessário à resolução de problemas. Logo, concerne a característica multidisciplinar da TA compreendendo os recursos do material de apoio adaptado, métodos educacionais e a participação de profissionais pedagógicos, bem como, a organização da estrutura e do ambiente para atender no processo de ensino do usuário.

Dentre os recursos da TA, Motta e Romeo Filho (2010) revelam que a audiodescrição é um recurso para atender, além das pessoas com deficiência visual, pessoas com dificuldade de leitura como pessoas com deficiência intelectual, idosos e disléxicos. Deste modo, a técnica de descrever a imagem, o som, o movimento e transcrito na linguagem acessível, seja em texto, em áudio, em Braille ou até mesmo interpretado em Libras – Língua Brasileira de Sinais, possibilita melhor compreensão do contexto abordado e permite estar ao alcance da maioria dos usuários.

Complementando, Capovilla (1994) esclarece que existem diversas adaptações especiais que podem ser implementadas, como caso de tela sensível ao toque, detector de ruídos, mouse alavancado à parte do corpo para aqueles com movimento voluntário e varredura automática dos itens em velocidade ajustável e outros conforme a limitação reduzida do usuário e sua necessidade.

Mediante alternativas que atribuem para inovar os recursos da TA, direciona-se para retroalimentação do PDID, assim fortalecendo a estrutura do *framework* conceitual e corroborando para robustecer as fases de elaboração do projeto.

#### 4.4.4 Discussão dos resultados obtidos para caso de recepção de informação

A proposta do *framework* conceitual para delinear um produto de apoio pedagógico abarcou as habilidades e ações do usuário para executar a tarefa, assim como as adaptações necessárias para envio das informações e da condição de recepcionar com eficiência. Observou-se para cada tópico abordado é transcrito na macrofase de elaboração do produto, independente de outros assuntos se encontrarem em fases diferentes, dispendo-se de tal forma que estruture o processo permeando no ambiente de Engenharia Simultânea. Desta forma, cada informação procede conforme as funções das fases do projeto, os quais acumulam os dados do produto enriquecendo o processo de desenvolvimento de produto.

Diante do material pedagógico acessível, Back (1983) menciona a correlação da função do projeto de produto como um processo de conversão, onde todos os fatores conhecidos, o uso pretendido ou especificações requeridas são parâmetros exatos. Estes parâmetros abrangem técnicas e conceitos de profissionais especializados na área, da especificidade ou habilidade do usuário e dos dispositivos de TIC.

Em termos de habilidade do usuário principalmente no uso dos programas de leitores de tela com saída em áudio, a recepção do som fica configurada para ouvir na velocidade máxima, sendo difícil de acompanhar e compreender por aqueles que não estão acostumados. Na leitura em Braille, nem todas as pessoas com deficiência visual tem a destreza para leitura tátil, principalmente as que perderam a visão na fase adulta e preferiram usar o computador. Quanto o uso do computador com o leitor de tela, muitos dos usuários cegos deixam o monitor desligado, usam o fone de ouvido e utilizam as teclas de atalhos do teclado manuseando com certa rapidez e muitas vezes não terminam de ouvir a frase inteira da leitura, assim, a forma de utilizar o computador ou navegar na internet é diferente daqueles que enxergam. Portanto, a ergonomia do produto e a usabilidade centram-se no produto que será direcionado para os dispositivos da TA que o usuário com deficiência visual normalmente, está habituado a usar.

Entre as técnicas, a audiodescrição é a modalidade de tradução visual que visa a acessibilidade de comunicação por meio de som ou em legenda, e também é um recurso da TA que atende pessoas com limitação de leitura como deficiência visual e intelectual, idosos e disléxicos. E, também às pessoas com deficiência auditiva através do uso de Libras, Linguagem Brasileira de Sinais, ou *closed caption* – Legenda oculta, para facilitar a compreensão do contexto, devido a gramática de Libras constituir as palavras nas frases em ordem diferente da Língua Portuguesa.

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS E CONCLUSÃO

Este capítulo apresenta a análise geral dos resultados obtidos nos estudos casos múltiplos, considerando uma lógica de replicação no *framework* conceitual para identificar os requisitos do usuário para elaboração do PDIP inclusivo. Na sequência, estende-se para a conclusão e recomendação para pesquisas futuras, perfazendo este estudo.

### 5.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Diante dos resultados, a aplicação do método de estudos de casos múltiplos com o propósito de delinear os projetos de produtos inclusivos na proposta de *framework* conceitual, visualizou as possibilidades de investigar tecnologias nas diversas áreas, os quais podem ser implementados no escopo do projeto de produto. Este procedimento de estender em diferentes segmentos fortalece o atendimento dos requisitos do usuário que permeiam nas fases de elaboração de projeto.

No entanto, o ambiente da Engenharia Simultânea é essencial para permitir e coordenar a multidisciplinaridade encontrada em cada ação ou tarefa investigada do usuário, abrindo-se caminhos para explorar e abarcar alternativas de ferramentas e tecnologias, principalmente as que já existem no mercado.

Os procedimentos de coleta de dados, dos estudos de casos, seguiram conforme a limitação do usuário, o tipo de necessidade de apoio para executar a atividade ou a função e a influência do ambiente. Portanto, para cada estudo de caso, a coleta de dados pertence a um caso único, sem o objetivo de servir ao projeto inteiro.

Neste contexto, o estudo de caso acerca do projeto de produto personalizado, o caso da prótese, demonstrou as possíveis soluções de desempenho no processo de elaboração através do algoritmo matemático, ferramentas computacionais e o equipamento DICOM que concede a interface entre a área de medicina e engenharia. Neste aspecto, os dados coletados foram orientados para proporcionar os aspectos funcionais, estéticos e de conforto ao usuário, isto é, mesmo que o produto seja configurado na característica específica do indivíduo, ainda há possibilidades de otimizar as fases dos projetos, implementando métodos e ferramentas que podem aperfeiçoar o processo de desenvolvimento e que refletem na qualidade do produto.

No estudo de caso para produtos de uso individual, abordando a tecnologia de informação e comunicação, certamente o aparelho celular recebe intensamente inovações

tecnológicas para competir e atender a demanda do mercado, e também se torna um dispositivo da tecnologia assistiva ao agregar funções de acessibilidade. Assim, a coleta de dados para elaborar o cardápio acessível com uso do aparelho celular para pessoa com limitação para enxergar, compreendeu as características e funções do aparelho, encontrando o programa de leitor de códigos 2D – QR, que a princípio está relacionado com divulgação publicitária do setor de marketing, cuja tecnologia concedeu, também, a função de contribuir no acesso ao usuário com DV, incrementando textos ao código. Da mesma forma, os levantamentos dos dados referentes às habilidades do usuário e de outros dispositivos da tecnologia assistiva complementaram a fase do projeto informacional corroborando nas fases seguintes de elaboração do produto. Juntamente, as dúvidas foram se esclarecendo conforme o andamento em paralelo entre as fases do projeto, resultando um protótipo do cardápio para pessoas com e sem deficiência visual. Este método, considerando os resultados para acessibilidade, pode-se ampliar para elaboração de outros produtos como embalagens de produtos, manual de descrição e uso do produto, ou mesmo, parte de materiais didáticos.

O estudo de caso para o projeto de produto de uso em grupo concerne ao produto esportivo para paraatletas, em um estudo comparativo, investigando os dados coletados nos produtos existentes, no caso a bola de futebol e *goalball*, para delinear o projeto de uma bola para jogos aquáticos na proposta de *framework* conceitual. Este estudo envolveu os locais praticados e as regras adaptadas do esporte, além das características das bolas e das habilidades e especificidades dos paraatletas para praticar o esporte em grupo. Assim, o protótipo da bola foi elaborado conforme os requisitos mínimo e necessário para atender a limitação do usuário. Entretanto, a prática do esporte ainda depende de fatores externos, como a dos profissionais da área esportiva para configurar as regras adaptadas do esporte aquático, assim como, avaliar o desempenho do produto durante a atividade prática entre os paraatletas. Neste sentido, compreende os princípios de desenho universal, a definição da usabilidade e da interdisciplinaridade da ergonomia do produto, ilustrado na Figura 16, cujo produto para conceder como inclusivo consiste em: atender primeiramente os requisitos do usuário; aprovação entre os integrantes da comunidade relacionada com a atividade do usuário; abranger as questões sociais, culturais e de segurança; e, não agredir o meio ambiente. Destaca-se também no projeto do produto a aplicação do conceito de DFA para facilitar na manutenção posterior do mesmo.

O quarto estudo de caso concerne ao projeto de material didático e acessível aos alunos com e sem DV, cujos dados coletados iniciam-se a partir de uma problematização que abrem lacunas na parte de comunicação e recepção de informações, os quais são delineados

como estratégia na macrofase de planejamento da proposta de *framework* conceitual. Na sequência, a coleta de dados compreende na investigação dos dispositivos e ferramentas de apoio da TA disponíveis no mercado e as tarefas e ação exercida pelo usuário no acesso ao material didático. A princípio, o objetivo do estudo estava direcionado para atender alunos com deficiência visual, no entanto, observou-se que tecnologias como audiodescrição e descrição visual de figura também, favorecem as pessoas com limitação para o aprendizado, como pessoas idosas e disléxicos, assim como às pessoas com deficiência auditiva se incrementado recursos como *closed caption*. Desta forma, para que o material didático seja acessível para a maioria dos usuários, há necessidade de estar configurado ao menos com a descrição dos gráficos, imagens e figuras, que possibilitam a interface com outros dispositivos da TA, seja em Braille ou saída em áudio, na possibilidade do profissional da área de educação, e principalmente do aluno usuário de escolher a forma de receber as informações de modo eficiente para o apoio didático.

Mediante os estudos de casos, os projetos de produtos inclusivos orientados para atender a maioria dos usuários, de certa forma, acompanham atributos com aspectos de flexibilizar ou viabilizar que foram:

- a) Possibilidade para constituir tipos de modelos diferentes do produto ou acrescentar dispositivos de ajuste pelo usuário;
- b) Possibilitar fácil montagem e desmontagem de subpeças que possam ser substituídos, acoplados ou retirados para atender conforme a limitação do usuário, ou ainda para manutenção posterior do mesmo;
- c) Favorecer a conexão padronizada, na entrada ou saída, de forma que possibilite ou facilite na interface com outras tecnologias ou dispositivos;
- d) Permitir a adaptação, implementação ou atualização do produto.

## 5.2 CONCLUSÃO

O propósito desta pesquisa visou investigar as especificidades dos usuários com necessidades especiais ou com alguma limitação, conforme a atividade e também identificar as barreiras deste grupo para projetar um produto inclusivo delineado na proposta de *framework* conceitual. Assim, a proposta de *framework* composta de PDIP no ambiente da Engenharia Simultânea buscou projetar um produto que atenda o maior número possível de usuários, baseada na tecnologia assistiva. Deste modo, entre os conceitos teóricos e a

aplicação nos estudos de casos, o *framework* conceitual apresentou aspectos flexíveis de tal forma que permite projetar conforme a função do produto, atividade do usuário e característica do usuário, isto é, consiste em abarcar projetos de produtos considerados plenamente da TA, como o caso da prótese e da bola aquática ou converter-se em produto da TA através de adaptações, como o caso do cardápio e do material didático.

Na proposta de *framework* conceitual considerou-se ponto relevante a investigação da especificidade do usuário para projetar o produto inclusivo, visto que este procedimento compreende uma pesquisa detalhada no tipo de atividade e a forma de executar a atividade, com forte influência do ambiente que o envolve, além do espaço físico, o relacionamento social e cultural. Vale ressaltar que quanto mais aprofundada a investigação para coleta de dados juntamente com a abordagem das ferramentas e tecnologias na macrofase de elaboração do projeto aumentam a maturidade do processo e do produto, que são revelados nas fases dos projetos e refletem na qualidade do produto.

Nestes procedimentos, ressalta-se a importância da multidisciplinaridade na macrofase da elaboração do projeto, o qual concerne à participação de áreas diferentes de atuarem e contribuir com suas experiências apresentando alternativas de ferramentas e tecnologias, visando o projeto como o todo e focados em atender os requisitos do usuário. Portanto, é relevante a investigação de tecnologias existentes no mercado e que podem ser acopladas no projeto de pesquisa, ou ainda, fazer parte da adaptação para transformar num produto da TA.

Desta forma, os requisitos dos usuários são o principal escopo que incide para projetar o produto inclusivo, considerando-se fortemente os fatores humanos e as limitações da PNE. Estes fatores humanos, juntamente com as características de limitação ou especificidade do usuário traduzem as necessidades de apoio, os quais não podem ser vistas de forma generalizada, sendo o produto orientado para moldar-se ou adaptar-se adequadamente para o uso do usuário, não concebendo a ordem inversa do ser humano se adaptar ao produto.

Dentro da expectativa, além da inovação e ampliação no mercado, o PDIP no ambiente da Engenharia Simultânea baseada na TA buscam-se soluções de compromisso para eliminar ou diminuir as barreiras de pessoas com necessidades especiais, assim como estratégias que faz com que este grupo participe mais ativamente na comunidade viabilizando oportunidades e contribuindo na inclusão social.

### 5.3 RECOMENDAÇÃO PARA PESQUISAS FUTURAS

Para perfazer este estudo apresentam-se alguns temas como sugestões para pesquisa futuras:

- a) Incrementar outras ferramentas de design na macrofase da elaboração do projeto, como o *Design for Manufacturing*, o *Design for Life Cycle*, ou o *Design for Reliability*;
- b) Implementar o estudo de tipos de materiais e a ferramenta *Design for Environment* para projetar produtos inclusivos constituídos de materiais que melhore o desempenho, reduza o custo e não agrida o meio ambiente;
- c) Aprofundar os estudos acerca de fatores humanos e limitações sejam sensoriais, intelectuais ou de mobilidade reduzida, investigando as barreiras da diversidade para delinear na fase do projeto informacional.

## REFERÊNCIAS

- ACESSIBILIDADE BRASIL. Disponível no site: <http://www.acesso brasil.org.br>. Acesso em 14 nov 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ASSISTÊNCIA AO DEFICIENTE VISUAL LARAMARA. Disponível em: <<http://www.laramara.org.br/portugues/index.php>> . Acesso em 15 mai. 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9241-11**: Requisitos ergonômicos para trabalho de escritórios com computadores. Parte 11, Orientação sobre usabilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR9050:2004**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Comitê Brasileiro de Acessibilidade (ABNT/CB-40) e Comissão de Edificações e Meio (CE-40:001.01). Rio de Janeiro: ABNT, 2004. Disponível em: <<http://www.mpdft.gov.br/sicorde/NBR9050-31052004.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15599:2008**: Acessibilidade Comunicação na prestação de serviços. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- ASSOCIAÇÃO DOS DEFICIENTES VISUAIS DO PARANÁ. Disponível em: <<http://www.adevipar.com/>> . Acesso em 15 mai. 2011.
- ALVAREGA, F.B. **Uma abordagem metodológica para os projeto de produtos inclusivos**. 2006. 218 p. Tese (Professor orientador Franco Giuseppe Dedini) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2006.
- AMDOCS. Ciborg, centauro ou caubói do espaço. Qual destes avatares é você? In. **E-thesis tecnologia e negócios**, Tecnologia opinião abalizada, 25 jul.2011. Disponível no site: <[http://www.e-thesis.inf.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=7621&Itemid=52](http://www.e-thesis.inf.br/index.php?option=com_content&task=view&id=7621&Itemid=52)> . Acesso em: 06 Out. 2011.
- ANDREASSEN, M. M.; HEIN, L. **Integrated Product Development**. UK: IFS (Publications) Ltd / Springer Verlag, 1987.
- ASSISTIVA. Portal Nacional de Tecnologia Assitiva –. Disponível em <[www.assistiva.org.br](http://www.assistiva.org.br)>. Acesso em 16 out 2011.
- ASSOCIAÇÃO PROMOTORA DO ENSINO DOS CEGOS. Instituto António Feliciano de Castilho. Lisboa, Portugal. Disponível no site <http://www.apec.org.pt/>. Acesso em 10 jun. 2011.
- ARAUJO, C.S.; DUFFY, A.H.B. **Assessment and Selection of Product Development Tools**. In the Proceedings of the 11th International Conference on Engineering Design - ICED'97. Tampere, Finland, August 19-21, 1997. p 157-162.

AUDIODESCRIÇÃO. Blog da Audiodescrição. Disponível no site: <<http://blogdaaudiodescricao.blogspot.com>>. Acesso em 15 mai. 2011.

AUMONT, J. **A imagem**. 7. ed. Campinas, SP: Papyrus, 2002.

BACK, N. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

BACK, N.; FORCELLINI, F.A. **Projeto de produtos**. Florianópolis, 2000. (Apostila Disciplina de Projeto Conceitual, Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina).

BACK, N.; OGLIARI, A. **Desenvolvimento do produto: Engenharia simultânea**. Florianópolis, 2001. (Apostila Disciplina de gerenciamento de projetos. Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina).

BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J.C. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri, SP: Manole, 2008.

BARROSO NETO, E. **Desenho Industrial: Desenvolvimento de Produtos: Oferta Brasileira de Entidades de Projeto e Consultoria**. Brasília: CNPq/Coordenação Editorial, 1982.

BASTIEN, C.; SCAPIN, D. **Human factors criteria, principles, and recommendations for HCI: methodological and standardization issues**. (Internal Report). INRIA. 1993.

BATISTA, C.G. Formação de conceitos em crianças cegas: questões teóricas e implicações educacionais. In. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**. Brasília: Instituto de Psicologia, 2005, v. 21, n.1, p. 07-15.

BAXTER, M. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos** 2.ed.rev. – São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

BENGALALEGAL. Cegos, Inclusão e Acessibilidade. Disponível em: <[www.bengalalegal.com](http://www.bengalalegal.com)>. Acesso em 10 mai. 2011.

BERSCH, R. **Introdução à tecnologia assistiva**. Porto Alegre: CEDI - Centro Especializado em Desenvolvimento Infantil, 2008. Disponível em <<http://www.assistiva.com.br/tassistiva.html#artigos>>. Acesso em 27 nov. 2010.

BERTO, R.M.V.S.; NAKANO, D. N. A produção científica nos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um levantamento de métodos e tipos de pesquisa. **Rev.Produção**, v. 9, n. 2,p. 65-76, 2000. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999\\_A0943.PDF](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999_A0943.PDF)>. Acesso em: 18 out. 2010.

BLANCO, R.; MASCARDI, L.; NARVARTE, L. **Sistema regional de informações educacionais dos estudantes com deficiência – SIRIED, Proposta metodológica**. Santiago, Chile: OREALC/UNESCO, 2010.

BOMFIM, G. A.; NAGEL, K. D.; ROSSI, L. M. **Fundamentos de uma Metodologia para Desenvolvimento de Produtos**. Rio de Janeiro: COPPE / UFRJ, 1977.

BONSIEPE, G. **Design de Máquinas Especiais**. Brasília: CNPq, Coordenação Editorial, 1986.

BONTRAGER, K.L. **Tratado de Técnica Radiológica e Base Anatômica**. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

BRASIL. **Constituição Federal de 1988**, Art. 205. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constitui%C3%A7ao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constitui%C3%A7ao.htm)>. Acessado em 12 set. 2011.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Adaptações Curriculares** / Secretaria de Educação Fundamental. Secretaria de Educação Especial. Brasília: MEC/SEF/SEESP, 1998b.

BRASIL. **Decreto Federal nº 3298 de 20 de dezembro de 1999**. Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d3298.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3298.htm)>. Acesso em: 14 abr. 2011.

BRASIL. **Lei Federal Nº 10.048 de 08 de novembro de 2000**. Prioridade de atendimento às pessoas portadoras de deficiência, os idosos com idade igual ou superior a sessenta anos, as gestantes, as lactantes e as pessoas acompanhadas por crianças de colo. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L10048.htm>>. Acesso em: 14 abr. 2011.

BRASIL, 2000b. **Lei Federal nº 10.098 de 19 de dezembro de 2000**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L10098.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L10098.htm)>. Acesso em: 14 abr. 2011.

BRASIL. **Decreto Federal Nº 10.741 de 01 de outubro de 2003**. Estatuto do idoso. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/2003/L10.741.htm#art114>>. Acesso em: 14 abr. 2011.

BRASIL. **Decreto Federal nº 5.296 de 02 de dezembro de 2004**. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5296.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5296.htm)>. Acesso em: 14 abr. 2011.

BRASIL. **A inclusão de pessoas com deficiência no mercado de trabalho**. 2. ed. Brasília: MTE, SIT, 2007.

BRASIL. **Decreto nº 6.949 de 25 de agosto de 2009**. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/decreto/d6949.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6949.htm)>. Acesso em 12 abr. 2011.

BRASIL. **I seminário nacional de saúde: direitos sexuais e reprodutivos e pessoas com deficiência**. Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Brasília: Ministério da Saúde, 2010.

BRUNO, Marilda Moraes Garcia. **O significado da deficiência visual na vida cotidiana: análise das representações dos pais-alunos-professores.** Dissertação de Mestrado em Educação. Universidade Católica Dom Bosco. Campo Grande: 1999.

BRYMAN, A. **Research methods and organization studies.** Londres: Unwin Hyman, 1989.

CAMARGO, E. P. **O ensino de Física no contexto da deficiência visual: elaboração e condução de atividades de ensino de Física para alunos cegos e com baixa visão.** Tese de doutorado em Educação. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação. Campinas: 2005.

CANCIGLIERI JUNIOR, O. ; RUDEK, Marcelo ; GREBOGE, T. A Prosthesis Design Based on Genetic Algorithms in the Concurrent Engineering Context. In: **ISPE Concurrent Engineering 2011 - CE2011.** USA. Boston : Springer, 2011. v. 1. p. 12-24.

CAPOVILLA, F. C. Pesquisa e desenvolvimento de novos recursos tecnológicos para educação especial: Boas novas para pesquisadores, clínicos, professores, pais e alunos. In: Alencar, E. (Org.), **Tendências e desafios de Educação Especial** (pp. 196-211). Brasília: Secretaria de Educação Especial, 1994. p.196-211.

CARLETTO, A.C.; CAMBIAGHI, S. **Desenho universal – Um conceito para todos.** Gabrielli, Mara (realização), 2010. Disponível em: <[http://www.vereadoramaragabrielli.com.br/files/universal\\_web.pdf](http://www.vereadoramaragabrielli.com.br/files/universal_web.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2010.

CATÁLOGO NACIONAL DE AJUDAS TÉCNICAS DO SECRETARIADO NACIONAL PARA A REABILITAÇÃO E INTEGRAÇÃO DAS PESSOAS COM DEFICIÊNCIA. Portugal: SNRIPC, CNAT, 2008. Disponível em: <[www.ajudastecnicas.gov.pt/about.jsp](http://www.ajudastecnicas.gov.pt/about.jsp)>. Acesso em: 02 abr. 2011.

CARVALHO, P. **Um Futebol Espetacular: O Futebol para cegos.** In. PC no Gramado, postado 5 de mai. 2011. Disponível: <<http://pcnogramado.blogspot.com/2011/04/normal-0-21-false-false-false-pt-br-x.html>>. Acesso em 20 ago. 2011.

CERVA FILHO, O.A.; GELLER, M. O ensino de matemática no município de Porto Alegre: a realidade dos alunos deficientes visuais. GT 07 – Educação Matemática, avaliação e inclusão escolar. In. **X Encontro Gaúcho de Educação Matemática**, 2 a 5 de Julho de 2009, Ijuí – RS.

CHAPANIS, A. **A engenharia e o relacionamento homem máquina.** São Paulo: Atlas, 1972.

CHAPANIS, A. **The chapanis chronicles: 50 years of human factors research, education, and designer.** Santa Barbara: Aegean, 1999.

CLARK, S.C.W.; CLARK, K.B. **Leading Product Development.** New York, NY: The Free Press, 1996

CLARK, K.B.; FUJIMOTO, T. **Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry.** Boston, MA, Harvard Business Press, 1991.

CLARK, K.B.; WHEELWRIGHT, S.C. **Managing new product and process development: text and cases.** New York, NY, The Free Press, 1993.

CLAUSING, D. **Total quality development: a step-by-step guide to world-class Concurrent Engineering.** New York: ASME, 1994.

CLEETUS, K.J. **Definition of concurrente engineering.** Concurrent Engineering Research Center – technical report. Morgantown, WV: West Virginia University, 1992.

CEN;CENELEC. **Guide 6 - Guidelines for standards developers to address the needs of older persons and persons with disabilities.** ed.1. European Committee for Standardization and European Committee for Electrotechnical Standardization, 2002.

COMISSÃO BRASILEIRA DO BRAILLE. **Código Matemático Unificado para a Língua Portuguesa.** Fundação Dorina Nowill para Cegos, São Paulo, 1998.

COMITÊ DE AJUDAS TÉCNICAS, SECRETARIA ESPECIAL DOS DIREITOS HUMANOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Ata da Reunião VII - Brasília, dezembro de 2007.** Disponível em: <[www.mj.gov.br/corde/arquivos/doc/Ata\\_VII\\_Reunião\\_do\\_Comite\\_de\\_Ajudas\\_Técnicas.doc](http://www.mj.gov.br/corde/arquivos/doc/Ata_VII_Reunião_do_Comite_de_Ajudas_Técnicas.doc)>. Acesso em: 01 fev. 2011.

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE DESPORTOS AQUÁTICOS. Disponível em: <<http://www.cbda.org.br/esporte/polo-aquatico>>. Acesso em: 25 set. 2011.

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE DESPORTOS PARA CEGOS. Disponível em: <<http://www.deficientesemacao.com/entidades-esportivas/108-associacao-brasileira-de-desportos-para-cegos-abdc>>. Acesso em: 02 abr. 2011.

COOK, A.; HUSSEY, S. **Assistive technologies: Principles and Practice,** Mosby - Year Book, Missouri, USA, 1995.

COORDENADORIA NACIONAL PARA INTEGRAÇÃO DA PESSOA PORTADORA DE DEFICIÊNCIA. **Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência – CORDE/SEDH/PR.** Brasília: SISCORDE, 2007.

CORRÊA, H. L; GIANESI, I. G. N. **Administração estratégica de serviços: operações para satisfação do cliente.** São Paulo: Atlas, 1994.

CUNHA, G.D. A evolução dos modos de gestão do desenvolvimento de produtos. **Revista Produtos&Produção**, v. 9, n. 2, p. 71-90, jun. 2008.

CYBIS, W.; BETIOL, A.H.; FAUST, R. **Ergonomia e usabilidade: conhecimentos, métodos e aplicações.** São Paulo: Novatec Editora, 2007.

DARIDO, S.C.; SOUZA JR., O.M. **Para ensinar educação física: Possibilidades de intervenção na escola.** Campinas, SP: Papirus, 2007.

DAVIS, L. **The Handbook of Genetic Algorithms**. New York : Van Nostrand Reinhold, 1991.

DENSO-WAVE. QR-Code. Disponível em: <<http://www.denso-wave.com/qrcode/index-e.html>>. Acesso em 15 mai. 2011.

DIAS, Cláudia. **Usabilidade na Web: criando portais mais acessíveis**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2007.

Federação Brasileira de Bancos - FEBRABAN. **A ação de Recursos Humanos e a Inclusão de Pessoas com Deficiência**. São Paulo: Febraban, 2006.

FERREIRA, W.B. EJA & Deficiência: estudo da oferta da modalidade EJA para estudantes com deficiência. In. **Educação de Jovens e Adultos: o que dizem a pesquisa**. Aguiar, Marcia Argela da S. (coord.). UFPE/MEC SECAD. Recife: Gráfica J.Luiz Vasconcelos Ed, 2009.

FERRONATO, R. **A Construção de Instrumento de Inclusão no Ensino de Matemática**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

FONTES, M.S. Futebol de cinco para cegos. In. CASTELLI, D.P.; FONTES, M.S. **Futebol paraolímpico: manual de orientação para professores de educação física**. Brasília: Comitê Paraolímpico Brasileiro, 2006.

FRANCESCONI, T. **Proposta metodológica para modelagem geométrica a partir de imagens médicas**. Dissertação, mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Paraná, Curitiba, 2008.

FRANCO, E.P.C.; SILVA, M.C.C.C. Audiodescrição: Breve Passeio Histórico. In: **Audiodescrição: transformando imagens em palavras**. Livia Maria Villela de Mello Motta, Paulo Romeu Filho (org.). São Paulo: Secretaria dos Direitos da Pessoa com Deficiência do Estado de São Paulo, 2010.

FREEDOM SCIENTIFIC. JAWS for Windows Screen Reading Software. Disponível em: <<http://www.freedomscientific.com/products/fs/jaws-product-page.asp>>. Acesso em 16 set.2011.

FUNDAÇÃO DORINA NOWILL PARA CEGOS. Disponível em: <<http://www.fundacaodorina.org.br/>>. Acesso em 14 abr.2011.

GALVÃO FILHO, T. A.; DAMASCENO, L. L. As novas tecnologias e a tecnologia assistiva: utilizando os recursos de acessibilidade na educação especial. In: **Anais do III Congresso Ibero-americano de Informática na Educação Especial**. Fortaleza: MEC, 2002.

GALVÃO FILHO, T.A. Tecnologia Assistiva. **Revista AREDE - tecnologia para inclusão social**. editorial n.53. São Paulo: Momento, 2009.

GALVÃO FILHO, T. A (2009b). A Tecnologia Assistiva: de que se trata? In: MACHADO, G. J. C.; SOBRAL, M. N. (Orgs.). **Conexões: educação, comunicação, inclusão e**

interculturalidade. Porto Alegre: Redes Editora, p. 207-235, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GODINHO, F.A.F.B. **Uma nova abordagem para a formação em Engenharia de Reabilitação em Portugal**. 2010. Tese (doutorado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores). Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Portugal - Vila Real, 2010.

GOLDBERG, D. E. Genetic Algorithm in Search. In. **Optimization and Machine Learning**, 1st Ed., Addison-Wesley Professional, 1989.

GONZALEZ, R.C., WOODS, R.E. **Digital Image Processing**. 2 ed. Boston: Addison-Wesley Longman Publishing Company, 1992.

GORGATTI, M.G.; COSTA, R. F. **Educação física adaptada: qualidade de vida para pessoas com necessidades especiais**. Barueri: Manole, 2005. 589 p.

GRANDO, N. **Segmentação de imagens tomográficas visando a construção de modelos médicos**. Dissertação (mestrado em Ciências). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, 2005.

GREBOGE, T.; RUDEK, M.; CANGIOLIERI JUNIOR, O. Conceptual Geometric Model For Prothesis Modeling In CAD System: A Case Study To Skull Repairing With Asymmetric Defect. In: **21st International Conference on Production Research - ICPR 21**. Germany. Stuttgart : IFPR, 2011.

GRUPO DE ERGONOMIA E NOVAS TECNOLOGIAS (COPPE/UFRJ). Disponível em: <<http://www.acaoergonomica.ergonomia.ufrj.br/edicoes.php#container>>. Acesso em: 25 mar. 2011.

GRIFFIN, A. **Research on new product development practices: updating trends and benchmarking best practices**. Journal of Product Innovation Management, v.14, p.429-458, 1997.

HARTLEY, J.R. **Engenharia simultânea**. Porto Alegre: Bookman, 1998.

HAUSER, J. R.; CLAUSING, D. **The house of quality**. Harvard Business Review, p.63-73, mai./jun. 1988.

HUBKA, V.; EDER, E. W. **Design Science: Introduction to Needs, Scope and Organization of Engineering Design Knowledge**. Great Britain: Springer Verlag, 1996.

HUNT, V.D. **Reengineering: leveraging the Power of integrated product development**. Essex Junction, Oliver Wight, 1993.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2 ed. rev. e ampli. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

INSTITUTO BENJAMIN CONSTANT. Ministério da Educação. Disponível em:<<http://www.ibc.gov.br/>>. Acesso em 15 mai.2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo demográfico 2000 - **Características gerais da população**. Rio de Janeiro: IBGE, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: **Acesso à Internet e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2005**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estudos&Pesquisas informação demográfica e socioeconômica**: Projeção da população do Brasil por sexo e idade - 1980-2050. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Síntese de indicadores sociais**: Uma análise das condições de vida da população brasileira 2010. Estudos e pesquisas informação demográfica e socioeconômica, n.27. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/indicadoresminimos/sinteseindicossociais2010/SIS\\_2010.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/indicadoresminimos/sinteseindicossociais2010/SIS_2010.pdf)>. Acesso em: 02 mar. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Projeção da população do Brasil por sexo e idade 1980-2050** – revisão 2008. Estudos e pesquisas informação demográfica e socioeconômica, n.24. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao\\_da\\_populacao/2008/projecao.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2008/projecao.pdf)>. Acesso em 28 fev. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE e CORDE abrem encontro internacional de estatísticas sobre pessoas com deficiência. (atualização em 16 Set 2005; acesso em 02 Out 2008). Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_impresao.php?id\\_noticia=438](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impresao.php?id_noticia=438)>. Acesso em 15 mai. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resultados preliminares da amostra Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICA APLICADA. **Ciclo da vida e motivações financeiras** (com especial atenção aos idosos brasileiros). Texto para discussão n.691. Rio de Janeiro: Ministério do planejamento, orçamento e gestão, 1999.

INTERNATIONAL BLIND SPORTS FEDERATION. **Members of the International Paralympic Committee (IPC) - The legitimate representatives of sport for the blind**. Disponível em: <<http://www.ibsa.es/eng/>>. Acesso em: 02 abr. 2011.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION. **Definição internacional de ergonomia**. Revista Ação ergonômica, Interdisciplinaridade da ergonomia, volume 1, Número 2, dez/2001.

INTERVOX. Projetos de acessibilidades do NCE/UFRJ – Núcleo de computação eletrônica da Universidade Federal de Rio de Janeiro. Disponível em:<<http://intervox.nce.ufrj.br/>>. Acesso em 16 mai. 2011.

ISO. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs). Part 11 **Guidance on Usability**. ISO 9241-11. Switzerland: ISO, 1998.

ITS; MICROSOFT. **Cartilha tecnologia assistiva nas escolas** - Recursos básicos de acessibilidade sócio-digital para pessoal com deficiência. ITS – Instituto de tecnologia social e Microsoft Educação, 2008. Disponível em: < [http://www.itsbrasil.org.br/sites/default/files/Digite\\_o\\_texto/Cartilha\\_Tecnologia\\_Assistiva\\_nas\\_escolas\\_-\\_Recursos\\_basicos\\_de\\_acessibilidade\\_socio-digital\\_para\\_pessoal\\_com\\_deficiencia.pdf](http://www.itsbrasil.org.br/sites/default/files/Digite_o_texto/Cartilha_Tecnologia_Assistiva_nas_escolas_-_Recursos_basicos_de_acessibilidade_socio-digital_para_pessoal_com_deficiencia.pdf)> . Acesso em 14 nov.2010.

KACHAR, V. Envelhecimento e perspectivas de inclusão digital. **Revista Kairós Gerontologia**, São Paulo, v.13, n.2, p. 131-147, nov., 2010.

KAIWA. Services for mobile internet. Disponível em:< [www.kaiwa.com](http://www.kaiwa.com) >. Acesso em: 15 mai. 2011.

KATALOGO. Software Able – **3D Doctor**. Disponível em: < <http://www.katalogo.com.br/Produtos/?IdProduto=CAT5500001-0#> >. Acesso em: 14 ago. 2011.

KAWAMURA, M.R.D.; HOSOUME, Y. A contribuição da Física para o novo ensino médio – Física Escola, v.4, n.2, 2003. In.Coleção explorando o ensino da Física, v.7. Brasília: MEC, Secretaria de Educação Básica, 2006.

KRUGLIANSKA, I. Engenharia Concorrente: organização e implantação em empresas brasileiras. In: **Simpósio de gestão da inovação tecnológica** (XVII.: São Paulo: 1992). Anais. São Paulo, 1992.

KRUGLIANSKA, I. Estratégia empresarial para a compressão do ciclo de vida de projetos: engenharia simultânea e técnicas associadas. In: **Simpósio de gestão da inovação tecnológica** (XVIII.: São Paulo: 1994). Anais. São Paulo, 1994. P.853-872.

LERPARAVER. Uma janela para o mundo. Disponível em < <http://www.lerparaver.com/>>. Acesso em 16 mai. 2011.

LOPES, M. O. **Proposta de bula de medicamentos em braille direcionada ao usuário cego**. Dissertação (Mestrado em Design), orientadora: Profª. Carla Galvão Spinillo, Setor de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009. 254 f.

MAGRAB, E. **Integrated Product and Process Design and Development**: The Product Realization Process. CRC Press LLC, 1997.

MALHOTRA, N. K. **Marketing research: an applied orientation**. New Jersey: Prentice-Hall, 1993.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MAYR, Gabriel. 2011. Disponível em: <http://urece.org.br>. Acesso em 14 set. 2011.

MEC. Código Braille de Matemática. Ministério da Educação e Cultura, Departamento de Educação Complementar, Campanha Nacional de Educação dos Cegos. MEC: São Paulo, 1970.

MEC; SEESP. Normas técnicas para a produção de textos em Braille/Secretaria de Educação Especial. Brasília: MEC; SEESP, 2002 70 p.

MEDEIROS, Estevão Neiva de. **Uma Proposta de Metodologia para o Desenvolvimento de Projeto de Produto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Produto e Gerência da Produção), Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 1981.

MEDINA, João Paulo S. **A educação física cuida do corpo e mente: Bases para a renovação e transformação da educação física**. 23ªed. Campinas, SP: Papirus, 2007.

MELO, Ana Cláudia Raposo; LÓPEZ, Ramón F. Alonso. O esporte adaptado. EFDeportes.com. **Revista Digital**, Buenos Aires. v. 8, n. 51, 2002. Disponível em: <http://www.efdeportes.com/efd51/esporte.htm>. Acessado em: 20 mar. 2010.

MICRO POWER. Virtual Vision: Acessibilidade para deficiente visuais. Disponível em: [http://www.micropower.com.br/v4/tecnologia\\_virtualvision.html](http://www.micropower.com.br/v4/tecnologia_virtualvision.html). Acessado em 12 set. 2011.

MIGUEL, P.A.C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Rev. Produção**, v. 17, n. 1, p. 216-229, jan. a abr. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prod/v17n1/14.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2011.

MIGUEL, P.A.C. Adoção do estudo de caso na engenharia de produção. Cap.6. p.129-143. In: **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações** / Paulo Augusto Cauchick Miguel (Org.). Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MONTMOLLIN, Maurice de. **A Ergonomia**. Tradução Joaquim Nogueira Gil. Col. Sociedade e Organizações. v. 6. Lisboa: Ed. Instituto Piaget, 1990.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 2. ed. São Paulo: Cortez; Brasília, DF : UNESCO, 2000. São Paulo: Cortez, 2000.

MOTTA, L.M.V.M. A Audiodescrição vai à Ópera. In: MOTTA, L.M.V.M.; ROMEU FILHO, P. Audiodescrição: transformando imagens em palavras (org.). São Paulo: Secretaria dos Direitos da Pessoa com Deficiência do Estado de São Paulo, 2010.

MOTTA, L.M.V.; ROMEU FILHO, P. **Audiodescrição: transformando imagens em palavras** / Livia Maria Villela de Mello Motta, Paulo Romeu Filho, organizadores. São Paulo: Secretaria dos Direitos da Pessoa com Deficiência do Estado de São Paulo, 2010.

MULTIPLANO, Produtos Educacionais. Disponível no site:<[www.multipiano.com.br](http://www.multipiano.com.br)> Acesso em 18 jun 2011.

MUNDO CEGAL. Disponível em:< <http://www.mundocegal.com.br/>> . Acesso em 18 mai. 2011.

NASCIMENTO, D.F.; MOURATO, M.P. **Goalball: manual de orientação para professores de educação**. Brasília: Comitê Paraolímpico Brasileiro, 2006.

NIELSEN, J. **Usability engineering**. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 1993.

NORTON, K. A Brief History of Prosthetics. In. **iMotion**. v.17, ed 7, Nov/Dez, 2007. Tennessee: Amputee Coalition of América, 2007. Disponível em: <[http://www.amputeecoalition.org/inmotion/nov\\_dec\\_07/history\\_prosthetics.html](http://www.amputeecoalition.org/inmotion/nov_dec_07/history_prosthetics.html)> . Acesso em 16 set. 2011.

NUANCE Communications Inc. Talks. Disponível em: <http://nuance.com>. Acesso em 15 mai. 2011.

NUNAN, D. **Research methods in language learning**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

NV ACCESS. **NVDA** Non Visual Desktop Access. Australia, 2011. Disponível em: <<http://www.nvda-project.org/>>. Acesso em 16 out 2011.

OLIVEIRA, João V. Ganzarolli de. **Por que não eles? – Arte entre os deficientes**. Vargem Grande Paulista, SP: Editora Cidade Nova, 2007.

OTTO BOCK. **Knowledge and application**. Otto Bock, Quality for life. HealthCare GmbH – Materials. Disponível no site:<[www.ottobock.com](http://www.ottobock.com) >. Acesso em 16 set. 2011.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering Design: a Systematic Approach**. Ed. Springer Verlag, 1996.

PASSARELLI, M.C.G. O processo de envelhecimento em uma perspectiva geriátrica. **Rev. O mundo da saúde**, São Paulo: v.21, n.4, p.208-212, jul/ago,1997.

PEDRINI, H. **Reconstrução 3D a partir de seções transversais de objetos**. Dissertação (mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.

PELEGRINO, P.S. Saúde e envelhecimento. In: PELEGRINO, P.S.; LEAL, M.G.S. **Perspectiva biopsicológica do envelhecimento**. [coord.geral Áurea Eleotério Soares Barroso]. São Paulo: Secretaria Estadual de Assistência e Desenvolvimento Social: Fundação Padre Anchieta, 2009.

PRASAD, B. **Concurrent engineering Fundamentals**: integrated product and process organization. New Jersey, Prentice Hall, 1996.

PRASAD, B. **Concurrent engineering fundamentals**. New Jersey, NY, Prentice Hall, 1997.

PRASAD, B.; WANG, F.; DENG, J. A concurrent workflow management process for integrated product development. **Journal of Engineering Design**. V.9, n.2, 1998, p.121-135.

PUGH, S. **Total Design**. Great Britain: Addison-Wesley Publishing Company, 1991.

RADABAUGH, M.P. Selecting and obtaining assistive technology – IBM national support center for persons with disabilities. In: **Interagency Project for assistive technology – IPAT**. North Dakota: IPAT, 1993. Disponível em: <<http://www.ndipat.org/uploads/resources/395/microsoft-word---brochure-select-and-obtain-at.pdf>>. Acesso em 02 fev. 2011.

RENNER, G.; EKÁRT, A. Genetic Algorithm. In. **Computer-Aided Design**, Vol. 35, No. 8, pp. 709-726, 2003.

REVISTA INFO. Aponte a câmera para o QR Code! Network, 21 de abril de 2009. Disponível em: <http://info.abril.com.br/professional/network/aponte-a-camera-para-o-qr-code.shtml>. Acesso em 15 mai. 2011.

ROCHA, E. F.; CASTIGLIONI, M. C. Reflexões sobre recursos. **Rev. Ter. Ocup. Univ. São Paulo**, v. 16, n. 3, p. 97-104, set./dez., 2005.

ROMANO, L.N.; SCALICE, R.K.; BACK, N. A Importância do Processo de Planejamento na Gestão de Desenvolvimento de Produtos. **II Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto**. São Carlos – SP, 30-31 agosto de 2000.

ROMANO, L.N. **Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas**. 2003. 266p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2003.

ROSS, P. R. As Janelas da não visualidade. In: MOREIRA, L.C.; SEGER, R.G. (Org.). **Cadernos de Educação Inclusiva**. Cap. 3. Curitiba: UFPR, Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional, 2010.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F.A.; AMARAL; D.C.; TOLEDO, J.C.; SILVA, S.L.; ALLIPRANDINI, D.H.; SCALICE, R.K. **Gestão de desenvolvimento de produtos – Uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SANTOS, A. **Desenvolvimento de produtos competitivos: exemplo de um modelo integrando a metodologia "Desdobramento da Função Qualidade (QFD)"**. 1996. 283p. Tese de doutorado, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 1996.

SANTOS, R.C. Systems Usability Evaluation Metrics Review. **Global information management strategies**. Global business and technology association conference – GBATA. Espanha – Madri: GBATA, 2008.

SASSAKI, R. K. **Inclusão construindo uma sociedade para todos**. 3 ed. Rio de Janeiro: WVA, 1999.

SASSAKI, R. K. **Vida independente: história, movimento, liderança, conceito, reabilitação, emprego e terminologia**. São Paulo: Revista Nacional de Reabilitação, 2003.

SCHULMANN, D. **O Desenho Industrial**. Campinas, SP: Papyrus, 1994.

SCHWARZ, A; HABER, J. **Cotas**: como vencer os desafios da contratação de pessoas com deficiência. São Paulo: i.Social, 2009.

SECRETARIA MUNICIPAL DA PESSOA COM DEFICIÊNCIA E MOBILIDADE REDUZIDA - SEED-SP. **Direitos das Pessoas com Deficiência**. Prefeitura de São Paulo, Acessibilidade e Inclusão. Disponível em [http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/pessoa\\_com\\_deficiencia/legislacao/conhec\\_a\\_seus\\_direitos/index.php?p=9804](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/pessoa_com_deficiencia/legislacao/conhec_a_seus_direitos/index.php?p=9804). Acesso em 15 mai. 2011.

SINDICATO DE HOTÉIS, RESTAURANTES, BARES E SIMILARES DE JUIZ DE FORA E 114 MUNICÍPIOS DE MINAS GERAIS. **Cardápio Braile**. Disponível em [http://shrbjsjf.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=150:braille&catid=12:noticias-da-categoria](http://shrbjsjf.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=150:braille&catid=12:noticias-da-categoria). Acesso em 15 mai. 2011.

SINDICATO DE HOTÉIS, RESTAURANTES, BARES E SIMILARES DE CURITIBA. **Cardápio em braile vira lei em Curitiba**. Disponível em [http://www.sindotel-tbta.com.br/ver\\_info.asp?id=31](http://www.sindotel-tbta.com.br/ver_info.asp?id=31). Acesso em 15 mai. 2011.

SMITH, R.P. The Historical roots of concurrent engineering fundamentals. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v.44, n.1, 1997, p.67-78.

SOCIEDADE BÍBLICA DO BRASIL. Imprensa braile. Disponível em: <http://www.sbb.org.br/interna.asp?areaID=37>. Acesso em 15 mai. 2011.

SOLIDARIEDADE, APOIO, COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Disponível em: <<http://saci.org.br/>> . Acesso em 15 mai. 2011.

STORY, M.; MUELLER, J.; MACE, R. **The universal design file**: Designing for people of all ages and abilities, Raleigh North Carolina: NC State University Center for Universal Design, 127 p., 1998. Disponível em: <[http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/search/detailmini.jsp?\\_nfpb=true&\\_ERICExtSearch\\_SearchValue\\_0=ED460554&ERICExtSearch\\_SearchType\\_0=no&accno=ED460554](http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/search/detailmini.jsp?_nfpb=true&_ERICExtSearch_SearchValue_0=ED460554&ERICExtSearch_SearchType_0=no&accno=ED460554)>. Acesso em 14 nov. 2010.

TAKEUCHI, H.; NONAKA, I. **The New Product Development Game**. Harvard Business Review, 1986, January-February: p. 137-146.

TEIXEIRA, J. Iphone 4 com voice over. Ver com outros olhos. Lerparaver – Informática e Tecnologia, 02 mar. 2011. Disponível em: <http://www.lerparaver.com/node/10255>. Acesso em 15 mai. 2011.

TELLIS, G.; GOLDBERGER, P. **First to market, first to fail? Real causes of enduring market leadership**. Sloan Management Review, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, USA, v. 4, n.5, p. 49-65, 1997.

TORRES, E.F.; MAZZONI, A.A. ; ALVES, J.B.M. A acessibilidade à informação no espaço digital. **Ciência Informação**, Brasília, v.32, n.3, p.83-91, set./dez.2002. Disponível <<http://revista.ibict.br/index.php/ciinf/article/view/153/132>>, acesso em 02 de fev de 2011.

ULLMAN, D. G. **The Mechanical Design Process**. Singapore: McGraw-Hill, 1992.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product Design and Development**. New York: McGraw-Hill, 1995.

UNESCO. **Overcoming Exclusion Through Inclusive Approaches in Education**. 2003. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001347/134785e.pdf>>. Acesso em: 10 Abr. 2011.

UNICEF, Fundo das Nações Unidas para a Infância. Situação da infância e da adolescência Brasileira 2009. **O Direito de aprender: potencializar avanços e reduzir desigualdades**. Brasília, DF: UNICEF, 2009.

UNIT-ISO 9999. Norma Internacional **ISO 9999:2007**. Productos de apoyo para personas com discapacidad – Clasificación y terminología. la traducción de AENOR en la Norma UNE-EN ISO 9999:2007. Comité General de Normas, 2008. Disponível em: <<http://www.unit.org.uy/misc/catalogo/9999.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2011.

UNIVERSITY OF IOWA. **History of Prostheses**. Medical museum - The Cultural Body. University of Iowa Health Care. Disponível em: <<http://www.uihealthcare.com/depts/medmuseum/wallexhibits/body/histofpros/histofpros.html>>. Acesso em 16 set. 2011.

URECE, Esportes e Cultura para Cegos. **Futebol para Cegos: História**. Disponível em: <<http://www.urece.org.br/novosite/content/futebol-para-cegos>>. Acesso em: 22 mar. 2010.

VERÍSSIMO, W.; RAVACHE, R. **Atletismo paraolímpico: manual de orientação para professores de educação física**. Brasília: Comitê Paraolímpico Brasileiro, 2006.

VIDAL, M.C.R. **Introdução à ergonomia**. Rio de Janeiro, 1998. (Apostila do Curso de especialização em ergonomia contemporânea do Rio de Janeiro, CESERG, COPPE/UFRJ).

VIDAL, M.C.R. A interdisciplinaridade da ergonomia. **Revista Ação ergonomia**, v.1, n.2, dez.2001. COPPE/UFRJ. Disponível em: <<http://www.acaoergonomica.ergonomia.ufrj.br/edicoes.php#container>>. Acesso em: 25 mar. 2011.

Web Accessibility in mind - WEBAIM. **Visual disabilities – blindness. Expanding the wev’s potential for people with disabilities**. Disponível em <<http://webaim.org/articles/visual/blind>>. Acesso em 14 set. 2011.

WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K. B. **Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency, and Quality**. New York: Free Press, 1992.

World Health Organization – WHO. Vision 2020: developing an action plan to prevent blindness and national, provincial and district levels. Geneva: WHO; 2004. Disponível em: [http://www.who.int/ncd/vision2020\\_actionplan/documents/DevelopingAnActionPlanV2.pdf](http://www.who.int/ncd/vision2020_actionplan/documents/DevelopingAnActionPlanV2.pdf). Acesso em 15 mai. 2011.

World Health Organization - WHO. **Envelhecimento ativo: uma política de saúde** / World Health Organization; tradução Suzana Gontijo. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2005. 60p.: il.

YIN, R.K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Trad. Daniel Gassi. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.