



**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL



**PGDESIGN**  
**UFRGS**

**ESCOLA DE ENGENHARIA  
FACULDADE DE ARQUITETURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

Felipe Schneider Viaro

**PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES PARA O PROJETO DE GRÁFICOS  
INSTRUCIONAIS ESTÁTICOS DE QUALIDADE**

Porto Alegre  
2015



**ESCOLA DE ENGENHARIA  
FACULDADE DE ARQUITETURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

Felipe Schneider Viaro

**PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES PARA O PROJETO DE GRÁFICOS  
INSTRUCIONAIS ESTÁTICOS DE QUALIDADE**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para a obtenção do Grau de Mestre em Design.

Orientador:  
Prof. Dr. Régio Pierre da Silva

Porto Alegre  
2015

CIP - Catalogação na Publicação

Viaro, Felipe Schneider  
Proposição de diretrizes para o projeto de  
gráficos instrucionais de qualidade / Felipe  
Schneider Viaro. -- 2015.  
245 f.

Orientador: Régio Pierre da Silva.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura,  
Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-  
RS, 2015.

1. gráficos instrucionais. 2. design  
instrucional. 3. diretrizes. 4. design de informação.  
5. design visual. I. da Silva, Régio Pierre, orient.  
II. Título.

Felipe Schneider Viaro

## **PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES PARA O PROJETO DE GRÁFICOS INSTRUCIONAIS ESTÁTICOS DE QUALIDADE**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Design, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS.

Porto Alegre, 18 de maio de 2015.

---

Prof. Dr. Régio Pierre da Silva  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS

### **Banca Examinadora:**

---

Orientador: **Prof. Dr. Régio Pierre da Silva**  
Departamento de Design e Expressão Gráfica – DEG/UFRGS

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marion Divério Faria Pozzi**  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS  
Departamento de Design e Expressão Gráfica – DEG/UFRGS

---

**Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira**  
Programa de Pós Graduação em Design & Tecnologia – PGDESIGN/UFRGS  
Departamento de Design e Expressão Gráfica – DEG/UFRGS

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Tânia Luisa Koltermann da Silva**  
Programa de Pós Graduação em Design & Tecnologia – PGDESIGN/UFRGS  
Departamento de Design e Expressão Gráfica – DEG/UFRGS

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, inicialmente, ao meu orientador Régio. Sua orientação foi imprescindível nesta difícil e significativa jornada de construção profissional e pessoal que é o mestrado. Devo, também, agradecer à sua atenção e paciência, sempre buscando tirar o melhor da pesquisa e, ao mesmo tempo, tendo que lidar comigo.

Aos professores da banca de qualificação e defesa, Tânia Silva, Fábio Teixeira e Marion Pozzi, por me auxiliarem a direcionar esta pesquisa e torna-la relevante à área do design, bem como, às suas correções minuciosas que contribuíram para uma pesquisa de maior qualidade e para minha formação como pesquisador.

À minha bela esposa Clariana que, além de me inserir no mundo científico, teve a paciência e sabedoria necessária para me auxiliar nos momentos difíceis. Sua motivação e determinação são qualidades inspiradoras.

Aos colegas do laboratório ViD (Virtual Design), com os quais dividi muitos momentos de aprendizado, angústia e diversão. A convivência com o ambiente de pesquisa foi enriquecedora, muitas pessoas incríveis passaram por ali e continuarão passando. Em especial aos colegas, amigos e professores Rogélio, Stefan, Giovana, Stella, Gustavo, Fernandinho, Pablo, Priscilla, Serginho e Cinthia.

À minha família, pela compreensão em todas as ausências ocasionadas pelo excesso de trabalho, inclusive, no momento em que redijo estes agradecimentos. Em especial à minha mãe, Nádia, que sempre me apoiou com muito amor e generosidade.

Àqueles que contribuíram diretamente para o desenvolvimento da pesquisa, disponibilizando seu tempo para a resposta dos questionários.

À CAPES, pela bolsa de mestrado que possibilita a inúmeros pesquisadores contribuírem em uma área tão importante para o desenvolvimento do país.

## RESUMO

Gráficos e textos são os principais recursos didáticos utilizados na confecção do material instrucional. A linguagem visual tem qualidades diferenciadas que podem ser exploradas no processo de ensino e aprendizagem, tais como a concisão, a obtenção de visão diferenciada a respeito do conteúdo, e a estimulação motivacional. Sabe-se que gráficos de diferentes tipos – fotografias, diagramas e ilustrações – podem ser utilizados de forma efetiva para melhorar o aprendizado. Entretanto, no âmbito educacional, a linguagem verbal sempre foi considerada mais importante em relação à linguagem visual. Como consequência, os profissionais do ensino e de outras áreas relacionadas à produção de materiais instrucionais não sabem utilizar gráficos de forma eficaz para atingir propósitos instrucionais. Portanto, esta pesquisa pretende contribuir para este contexto com a proposição de diretrizes para o projeto de gráficos instrucionais estáticos, que objetivam obter a qualidade dos mesmos. Como fundamentação teórico-metodológica, buscam-se conhecimentos nas áreas do design instrucional e design visual, englobando aspectos desses gráficos, da instrução e aprendizagem, e do âmbito do projeto visual. A metodologia da pesquisa é desenvolvida em três fases principais, nas quais são: levantadas orientações de projeto; sintetizado um conjunto de diretrizes de projeto de gráficos instrucionais estáticos; e verificada a qualidade desses gráficos por meio de avaliação com especialistas. Como principais contribuições desta pesquisa destacam-se: o conjunto de 19 diretrizes projetuais que pode ser utilizado em uma variedade de suportes e tipos de gráficos; o modelo de processo projetual para a concepção de gráficos instrucionais estáticos; e os critérios de qualidade desenvolvidos para os mesmos gráficos que podem ser utilizados também como fatores de análise e avaliação de gráficos. Com a aplicação dessas contribuições, é possível tornar mais eficiente o processo projetual, contribuir para a qualidade dos materiais instrucionais e facilitar a aprendizagem de usuários que utilizarem esses materiais. Além disso, esta pesquisa contribui para o desenvolvimento dos campos teóricos do design instrucional e design visual, especificamente relacionada aos gráficos instrucionais estáticos.

**Palavras-chave:** gráficos instrucionais, design instrucional, diretrizes, design de informação, design visual.

## **ABSTRACT**

Graphics and texts are the main teaching resources used in the production of instructional material. The visual language has different qualities that can be exploited in the process of teaching and learning, such as brevity, obtaining different view about the content, and the motivational stimulation. It is known that graphics of different kinds – photographs, diagrams and illustrations – can be effectively used to enhance learning. However, the educational level, verbal language has always been considered more important in relation to visual language. As a result, school staff and other areas related to the production of instructional materials do not know how to use graphics effectively to achieve instructional purposes. Therefore, this research aims to contribute to this context to propose guidelines for static instructional graphics design, which aim to get the quality. As theoretical and methodological foundation, are sought knowledge in the areas of instructional design and visual design, encompassing aspects of these graphs, education and learning, and the scope of the visual design. The research methodology is developed in three main phases, in which are raised design guidelines; synthesized a set of static instructional graphics design guidelines; and verified the quality of these graphics through evaluation with experts. The main contributions of this research are: the set of 19 projective guidelines that can be used in a variety of media types and graphics; the design process model for designing static instructional graphics; and quality criteria developed for the same graphics that can also be used as factor analysis and evaluation chart. By applying these contributions, you can make more efficient design process, contribute to the quality of the instructional materials and facilitate the learning of users who use those materials. Additionally, this research contributes to the development of theoretical fields of instructional design and visual design, specifically related to static instructional graphics.

**Keywords:** instructional graphics, instructional design, guidelines, information design, visual design.

# SUMÁRIO

<b>I INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>I.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA .....</b>	<b>13</b>
<b>I.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....</b>	<b>19</b>
<b>I.3 PROBLEMA DE PESQUISA .....</b>	<b>22</b>
<b>I.4 HIPÓTESE .....</b>	<b>22</b>
<b>I.5 OBJETIVOS.....</b>	<b>22</b>
I.5.1 Objetivo Geral.....	22
I.5.2 Objetivos Específicos.....	22
<b>I.6 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>23</b>
<b>I.7 ESTRUTURA DA PESQUISA.....</b>	<b>27</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA.....</b>	<b>28</b>
<b>2.1 GRÁFICOS INSTRUCIONAIS .....</b>	<b>28</b>
2.1.1 O que são gráficos instrucionais? .....	28
2.1.2 Valor instrucional .....	33
2.1.3 Propriedades dos gráficos .....	35
2.1.3.1 As três funções gráficas .....	35
2.1.3.2 Forma, conteúdo, legibilidade e leiturabilidade .....	39
2.1.4 Qualidade dos gráficos instrucionais estáticos .....	40
2.1.4.1 Ferramentas para a verificação da qualidade .....	42
2.1.5 Considerações sobre o tópico.....	45
<b>2.2 DESIGN INSTRUCIONAL.....</b>	<b>46</b>
2.2.1 De que trata o design instrucional?.....	47
2.2.2 Aprendizagem com gráficos.....	51
2.2.3 Objetivos de aprendizagem: habilidades cognitivas e conteúdos .....	55
2.2.4 Modelo de planejamento visual para materiais instrucionais.....	59
2.2.5 Considerações sobre o tópico.....	62
<b>2.3 DESIGN VISUAL .....</b>	<b>63</b>
2.3.1 Design gráfico e design de informação.....	64
2.3.2 A interação entre usuário e material instrucional .....	67
2.3.2.1 Material instrucional como produto instrucional .....	67
2.3.2.2 Material instrucional como representação.....	69
2.3.2.3 Leiaute das páginas.....	70
2.3.3 Elementos de design da imagem .....	74
2.3.3.1 Conteúdo visual.....	75
2.3.3.2 Elementos básicos.....	76
2.3.3.2.1 Ponto .....	77
2.3.3.2.2 Linha.....	77
2.3.3.2.3 Área .....	78
2.3.3.2.4 Volume.....	79
2.3.3.3 Tamanho .....	79
2.3.3.4 Forma.....	80
2.3.3.5 Cor .....	81
2.3.3.6 Contraste.....	82
2.3.3.7 Textura.....	83
2.3.3.8 Iluminação.....	83
2.3.3.9 Composição .....	84
2.3.3.10 Tipografia.....	86

2.3.4 Modelo de design da informação para o desenvolvimento de mensagens.....	90
2.3.5 Considerações sobre o tópico.....	95
<b>3 METODOLOGIA DA PESQUISA .....</b>	<b>97</b>
3.1 SOBRE OS PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	101
<b>4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....</b>	<b>103</b>
4.1 LEVANTAMENTO DE DIRETRIZES.....	103
4.1.1 Mapeamento do cenário de projeto .....	103
4.1.2 Levantamento de orientações a partir de revisão de literatura .....	107
4.1.3 Normalização das orientações em diretrizes de projeto.....	110
4.1.4 Listagem das diretrizes preliminares.....	113
4.2 SÍNTESE DAS DIRETRIZES .....	114
4.2.1 Os critérios de qualidade .....	115
4.2.2 Relacionamento entre as diretrizes e os critérios de qualidade .....	116
4.2.3 Discussão dos resultados .....	121
4.2.4 Listagem das diretrizes de projeto de GIE .....	124
4.3 VERIFICAÇÃO .....	126
4.3.1 Aplicação das diretrizes no projeto de gráficos instrucionais.....	126
4.3.1.1 Especificação de design instrucional.....	126
4.3.1.2 Projeto de gráficos instrucionais estáticos.....	129
4.3.1.3 Discussão dos resultados .....	146
4.3.2 Avaliação da qualidade dos gráficos instrucionais estáticos.....	148
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>164</b>
5.1 Implicações práticas .....	164
5.2 Implicações teóricas .....	165
5.3 Alcance dos objetivos e hipótese da pesquisa .....	167
5.4 Sugestões de trabalhos futuros .....	169
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>171</b>
<b>APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE PESQUISA DESTINADO À HIERARQUIZAÇÃO DAS DIRETRIZES PROJETUAIS.....</b>	<b>177</b>
<b>APÊNDICE B – INSTRUMENTO DE PESQUISA DESTINADO À AVALIAÇÃO DOS GIE PROJETADOS.....</b>	<b>179</b>
<b>APÊNDICE C – MODELO DE CONVITE ENCAMINHADO VIA E-MAIL PARA OS PARTICIPANTES DO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO.....</b>	<b>187</b>
<b>APÊNDICE D – MODELO DE CONVITE ENCAMINHADO VIA E-MAIL PARA OS PARTICIPANTES DO SEGUNDO QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>188</b>
<b>APÊNDICE E – MODELO DE CONVITE ENCAMINHADO VIA E-MAIL PARA OS PARTICIPANTES DO APOIO AO PROJETO DO MATERIAL INSTRUCIONAL .....</b>	<b>189</b>

<b>APÊNDICE F – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA OS PARTICIPANTES DO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO.....</b>	<b>190</b>
<b>APÊNDICE G – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA OS PARTICIPANTES DO SEGUNDO QUESTIONÁRIO.....</b>	<b>192</b>
<b>APÊNDICE H – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA O PARTICIPANTE DO APOIO AO PROJETO DO MATERIAL INSTRUCIONAL .....</b>	<b>194</b>
<b>APÊNDICE I – MATRIZ UTILIZADA NO LEVANTAMENTO DAS ORIENTAÇÕES DE PROJETO.....</b>	<b>196</b>
<b>APÊNDICE J – MATRIZ UTILIZADA NA NORMALIZAÇÃO DAS ORIENTAÇÕES EM DIRETRIZES DE PROJETO .....</b>	<b>199</b>
<b>APÊNDICE K – MATRIZ UTILIZADA NA ORGANIZAÇÃO, AGRUPAMENTO E SELEÇÃO DAS DIRETRIZES DE PROJETO.....</b>	<b>203</b>
<b>APÊNDICE L – MATRIZ UTILIZADA NA CODIFICAÇÃO E TABULAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS COM O PRIMEIRO QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>205</b>
<b>APÊNDICE M – SINOPSE DO MATERIAL INSTRUCIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA .....</b>	<b>207</b>
<b>ANEXO A – PRINCÍPIOS, DIRETRIZES E RECOMENDAÇÕES DE DESIGN INSTRUCIONAL PARA O PROJETO DE GRÁFICOS INSTRUCIONAIS .....</b>	<b>208</b>
<b>ANEXO B – PRINCÍPIOS, CARACTERÍSTICAS E DIRETRIZES DE DESIGN VISUAL PARA O PROJETO DE GRÁFICOS INSTRUCIONAIS .....</b>	<b>227</b>
<b>ANEXO C – PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA NA PESQUISA (CEP/UFRGS) .....</b>	<b>239</b>
<b>ANEXO D – PLANO DE ENSINO DE GEOMETRIA DESCRITIVA (ARQ03317) .....</b>	<b>242</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Cartazes Moulin Rouge e AEG. ....	15
<b>Figura 2</b> – Gráficos e textos na obra <i>Orbis sensualium pictus</i> . ....	15
<b>Figura 3</b> – Princípios e diretrizes de design. ....	21
<b>Figura 4</b> - Gráficos instrutivos em material instrucional. ....	30
<b>Figura 5</b> – Gráficos sedutivos em material instrucional. ....	31
<b>Figura 6</b> – Gráficos decorativos em material instrucional. ....	32
<b>Figura 7</b> – Variáveis da eficácia dos gráficos. ....	34
<b>Figura 8</b> - Informação apresentada segundo diferentes funções comunicacionais. ....	37
<b>Figura 9</b> - Parâmetros de qualidade, gráficos e usuários. ....	42
<b>Figura 10</b> – Gráficos avaliados com BLIX. ....	44
<b>Figura 11</b> – Casa da qualidade utilizada no QFD. ....	45
<b>Figura 12</b> - Áreas de influência no design instrucional. ....	47
<b>Figura 13</b> – Métodos instrucionais. ....	49
<b>Figura 14</b> - Modelo da teoria cognitiva da aprendizagem multimídia. ....	53
<b>Figura 15</b> - Modelo TAM, processamento de gráficos no canal visual. ....	54
<b>Figura 16</b> – 3 facetas gráficas. ....	60
<b>Figura 17</b> – Três funções do design gráfico. ....	65
<b>Figura 18</b> - Unidades de aprendizagem curriculares. ....	67
<b>Figura 19</b> – Modelo de comunicação de Petterson. ....	69
<b>Figura 20</b> - Modelo de linguagem. ....	70
<b>Figura 21</b> – Relação de dominância espacial entre gráficos e palavras. ....	72
<b>Figura 22</b> - Posicionamento dos gráficos em materiais instrucionais. ....	73
<b>Figura 23</b> – Alinhamento de sequência de gráficos. ....	74
<b>Figura 24</b> – Nível de realismo de um gráfico: cartum, desenho de linhas e fotografia. ....	76
<b>Figura 25</b> – Exemplos de pontos. ....	77
<b>Figura 26</b> – Proximidade entre pontos e atenção. ....	77
<b>Figura 27</b> – Linhas com variações em propriedades. ....	78

<b>Figura 28</b> - Retângulos e seção áurea. ....	81
<b>Figura 29</b> – Matiz, valor e saturação. ....	82
<b>Figura 30</b> – Uso de tipografia em GIE. ....	87
<b>Figura 31</b> – Diferenças na altura-x em diferentes fontes. ....	89
<b>Figura 32</b> – Processo de transformação da mensagem. ....	91
<b>Figura 33</b> – Modelo de desenvolvimento de mensagens. ....	93
<b>Figura 34</b> – Metodologia da pesquisa. ....	97
<b>Figura 35</b> – Processo projetual de materiais instrucionais com ênfase na concepção de GIE. ....	100
<b>Figura 36</b> – Cenário de projeto de GIE. ....	105
<b>Figura 37</b> – Parte da matriz de listagem e seleção das orientações projetuais. ....	109
<b>Figura 38</b> – Parte da matriz apresentando a normalização de princípios. ....	112
<b>Figura 39</b> – Lista de diretrizes preliminares para o projeto de GIE. ....	114
<b>Figura 40</b> – Relação entre as diretrizes e os critérios de clareza. ....	118
<b>Figura 41</b> – Relação entre as diretrizes e os critérios de simplicidade. ....	119
<b>Figura 42</b> – Relação entre as diretrizes e ambos os critérios de clareza e simplicidade. ....	120
<b>Figura 43</b> – Relação entre as diretrizes e os critérios de qualidade. ....	120
<b>Figura 44</b> – Lista definitiva de diretrizes projetuais. ....	125
<b>Figura 45</b> – Gráficos de referência utilizados no projeto de GIE (G1-G3). ....	129
<b>Figura 46</b> - Referências de GIE (G4-G6). ....	130
<b>Figura 47</b> – Processo projetual de GIE. ....	131
<b>Figura 48</b> – Esboços a lápis dos gráficos G1 e G2. ....	133
<b>Figura 49</b> - Esboços a lápis dos gráficos G3 e G4. ....	134
<b>Figura 50</b> - Esboços a lápis dos gráficos G5 e G6. ....	135
<b>Figura 51</b> – Esboço e concepção do Gráfico 1. ....	138
<b>Figura 52</b> – Esboço e concepção do Gráfico 2. ....	139
<b>Figura 53</b> – Esboço e concepção do Gráfico 3. ....	140
<b>Figura 54</b> – Esboço e concepção do Gráfico 4. ....	141
<b>Figura 55</b> – Esboço e concepção do Gráfico 5. ....	142

<b>Figura 56</b> – Esboço e concepção do Gráfico 6. ....	143
<b>Figura 57</b> - Triangulação dos dados para atestar a qualidade dos GIE projetados. ....	151
<b>Figura 58</b> – Avaliação de qualidade do gráfico G1.....	153
<b>Figura 59</b> – Avaliação de qualidade do gráfico G2.....	154
<b>Figura 60</b> – Avaliação de qualidade do gráfico G3.....	156
<b>Figura 61</b> – Avaliação de qualidade do gráfico G4.....	158
<b>Figura 62</b> – Avaliação de qualidade do gráfico G5.....	160
<b>Figura 63</b> – Avaliação de qualidade do gráfico G6.....	161
<b>Figura 64</b> - Conjunto de orientações de design instrucional. ....	208
<b>Figura 65</b> - Conceitos coordenados exibidos contiguamente. ....	214
<b>Figura 66</b> – Gráfico transformacional para processo cíclico da água.....	215
<b>Figura 67</b> – Gráficos na representação de um coração (simplificado e complexo). ....	215
<b>Figura 68</b> – Gráfico interpretativo para representando painel de controle. ....	216
<b>Figura 69</b> – Gráfico transformacional representacional: abrindo o computador.....	217
<b>Figura 70</b> – Gráfico como organizador de avanço comparativo. ....	221
<b>Figura 71</b> – Comparação entre gráficos complexo e simples demonstrando parte interior do motor de um carro. ....	222
<b>Figura 72</b> – Gráfico de pré-visualização sobre o funcionamento do freio de um carro. ....	223
<b>Figura 73</b> - Orientações de design visual visando auxiliar no projeto de GIE. ....	227
<b>Figura 74</b> – Princípios de design da mensagem. ....	232

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Três tipos de gráficos em materiais instrucionais. ....	33
<b>Quadro 2</b> – Tipos de gráficos estáticos. ....	36
<b>Quadro 3</b> – Função comunicacional dos gráficos. ....	36
<b>Quadro 4</b> – Função psicológica dos gráficos. ....	38
<b>Quadro 5</b> - Propriedades dos gráficos. ....	40
<b>Quadro 6</b> – Instrumento BLIX. ....	43
<b>Quadro 7</b> - Profissionais no design instrucional e suas especialidades. ....	51
<b>Quadro 8</b> – Taxonomias de aprendizagem cognitiva. ....	56
<b>Quadro 9</b> – Taxonomias de conteúdos ou tipos de conhecimento. ....	57
<b>Quadro 10</b> – <b>Taxonomia de conteúdos visando sua representação.</b> ....	<b>58</b>
<b>Quadro 11</b> - Correspondência entre as funções das equipes de design instrucional e design da informação. ....	92
<b>Quadro 12</b> – Conjuntos de orientações selecionados. ....	108
<b>Quadro 13</b> – Lista de atributos dos gráficos. ....	111
<b>Quadro 14</b> – Critérios de qualidade. ....	116
<b>Quadro 15</b> – Diretrizes preliminares. ....	122
<b>Quadro 16</b> – Sinopse do material instrucional. ....	128
<b>Quadro 17</b> – Diretrizes de representação de conteúdo selecionadas para o projeto de GIE. ....	128
<b>Quadro 18</b> – Gráficos de referência comentados pelo especialista de conteúdo e analisados segundo as diretrizes projetuais. ....	132
<b>Quadro 19</b> – Revisão do esboço pelo especialista de conteúdo. ....	137
<b>Quadro 20</b> – Uso das diretrizes durante o processo projetual. ....	144
<b>Quadro 21</b> - Relação das diretrizes que mais contribuem à qualidade e das diretrizes mais utilizadas. ....	145
<b>Quadro 22</b> - Técnicas de destaque utilizadas nos GIE. ....	150
<b>Quadro 23</b> – Comparação entre o gráfico G1 de referência e projetado. ....	153
<b>Quadro 24</b> - Comparação entre o gráfico G2 de referência e projetado. ....	155
<b>Quadro 25</b> – Comparação entre o gráfico G3 de referência e projetado. ....	156

<b>Quadro 26</b> – Comparação entre o gráfico G4 de referência e projetado. ....	159
<b>Quadro 27</b> – Comparação entre o gráfico G5 de referência e projetado. ....	160
<b>Quadro 28</b> - Comparação entre o gráfico G6 de referência e projetado. ....	162
<b>Quadro 30</b> – Gráficos explicativos para construir modelos mentais.....	224

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Somatório e média das diretrizes em relação à clareza, simplicidade e qualidade.....	117
<b>Tabela 2</b> – Respostas ao instrumento de avaliação. ....	150
<b>Tabela 3</b> - Escala de avaliação do questionário.....	152
<b>Tabela 4</b> – Principais resultados da avaliação dos GIE.....	163

# I INTRODUÇÃO

O uso adequado de gráficos com propósitos instrucionais pode contribuir significativamente para o cenário da educação atual e futura. Esse meio de representação de conteúdos tem qualidades distintas da linguagem verbal, expressa por textos (MIJKSENAAR, 1997; PETTERSSON, 2002). Entretanto, o designer instrucional e o professor não possuem as habilidades necessárias para planejar ou criar gráficos, considerando a capacidade instrucional deste formato (CLARK; LYONS, 2011; FILATRO, 2008). Para que isso ocorra, é necessária a contribuição interdisciplinar entre designer instrucional, especialista de conteúdo e projetista de gráficos.

É nesse contexto que se insere esta pesquisa. Este capítulo apresenta a contextualização e problematização do tema, no qual são apresentados o fenômeno em observação e as inter-relações entre as variáveis que o compõem. Em seguida, o tema é delimitado para a realização da pesquisa e são apontados o problema, os objetivos, a hipótese e a justificativa da pesquisa. No fim do capítulo, apresenta-se a visão geral desta pesquisa.

## I.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

A ampliação no consumo de informações no formato gráfico é uma realidade (EDUCAUSE, 2013). Produtos como *smartphones* e computadores ligados à internet possibilitaram o acesso a bancos de imagens, revistas e jornais digitais, vídeos educacionais, dicionários visuais e uma série de materiais informativos baseados no formato gráfico. Mesmo no meio impresso, revistas e jornais sempre utilizaram fotografias e, recentemente, têm recorrido aos infográficos para transmitir informações.

Algumas vantagens desse formato em relação ao formato textual auxiliam a explicar esta tendência: os gráficos fornecem um ponto de vista distinto sobre os objetos; são eficazes para motivar e causar interesse no usuário; e têm a capacidade inerente de transmitir mensagens de forma concisa e direta (MIJKSENAAR, 1997). Newark (2009) acrescenta que os gráficos podem ser compreendidos mais rapidamente do que as palavras. Além disso, existe uma diferença na maneira em que gráficos e textos adquirem significado pelo leitor: os gráficos são informações de caráter icônico, e são compreendidos a partir de sua semelhança com o objeto representado; já os textos têm caráter simbólico, compreendidos por meio de símbolos com significado convencionado pela cultura. Isto faz com que o leitor possa realizar inferências sobre o conteúdo abordado no gráfico a partir de uma leitura e compreensão direta deste tipo de representação (KOSSLYN, 1994).

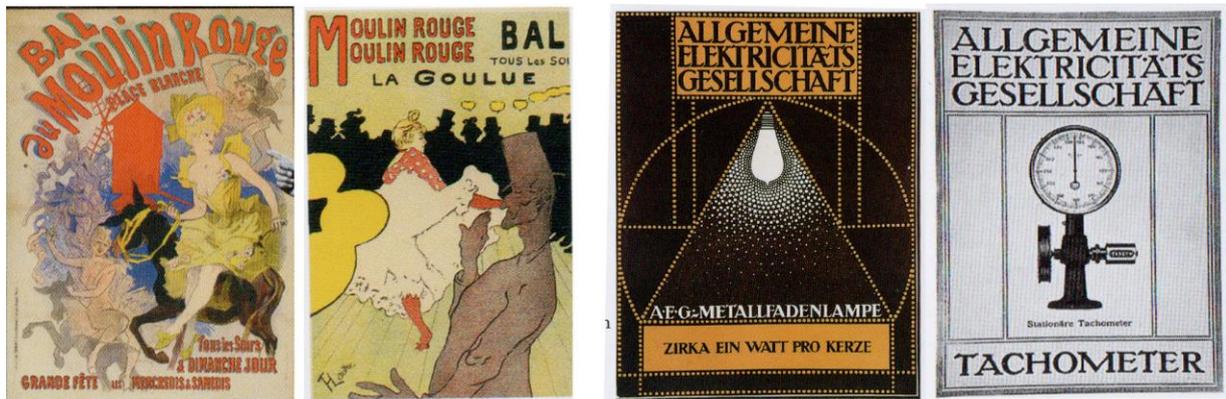
Portanto, considerando a quantidade de informações que os seres humanos processam diariamente e as qualidades apontadas por Mijksenaar (1997), Newark (2009) e Kosslyn (1994), pode-se inferir que o gráfico torna-se uma opção mais prazerosa e, eventualmente, mais eficaz no consumo e compreensão de informações. Pois, quando comparados aos textos, podem ser uma representação mais interessante e direta da realidade.

O termo *gráfico(s)*, utilizado nesta pesquisa, abrange todos os tipos de representações gráficas, podendo ser considerados gráficos estáticos ou gráficos dinâmicos. Os gráficos estáticos referem-se às fotografias, ilustrações, imagens tridimensionais e diagramas, e podem ser utilizados em materiais instrucionais em suportes de papel ou de computadores. Os gráficos dinâmicos referem-se às animações, vídeos e realidade virtual, e podem ser utilizados somente em materiais baseados em computador. Essa terminologia é encontrada em Mayer (2009), Clark e Lyons (2011) e Filatro (2008) e, por ser consistente a este campo de pesquisas, é adotada neste estudo.

A evolução histórica do design gráfico está diretamente associada ao projeto e criação de produtos como cartazes, anúncios promocionais, embalagens e identidades visuais, visando a divulgação e o desenvolvimento de empresas e organizações. A Figura 1 apresenta exemplos de cartazes que utilizam gráficos na promoção do cabaré francês Moulin Rouge e da empresa alemã AEG (WEILL, 2010). Nesse sentido, o design gráfico sempre foi um forte aliado, dos setores de vendas e marketing das empresas (NEWARK, 2009), utilizando gráficos e textos para cumprir as três funções propostas por esta disciplina: identificar (a empresa ou organização); informar (o conteúdo); promover e vender (o produto ou serviço) (HORN, 2000). Para cobrir essas funções e obter soluções projetuais eficazes, persuasão e diferenciação são parâmetros norteadores.

Porém, no contexto atual, é a importância informacional dos gráficos que tem atraído a atenção de áreas que até então subestimavam o seu valor informativo. Os infográficos, por exemplo, têm sido utilizados na mídia jornalística, em pesquisas, em marketing e na educação (EDUCAUSE, 2013). Segundo Schnotz (2005), essa utilização não é recente, pois Comenius, já em 1658, publicara o livro *Orbis sensualium pictus*, que demonstrava a importância de adicionar gráficos aos textos para auxiliar na compreensão do conteúdo. Esse livro é um dicionário de inglês-latim, que apresenta os objetos na forma de ilustrações e textos.

Figura 1 – Cartazes Moulin Rouge e AEG.

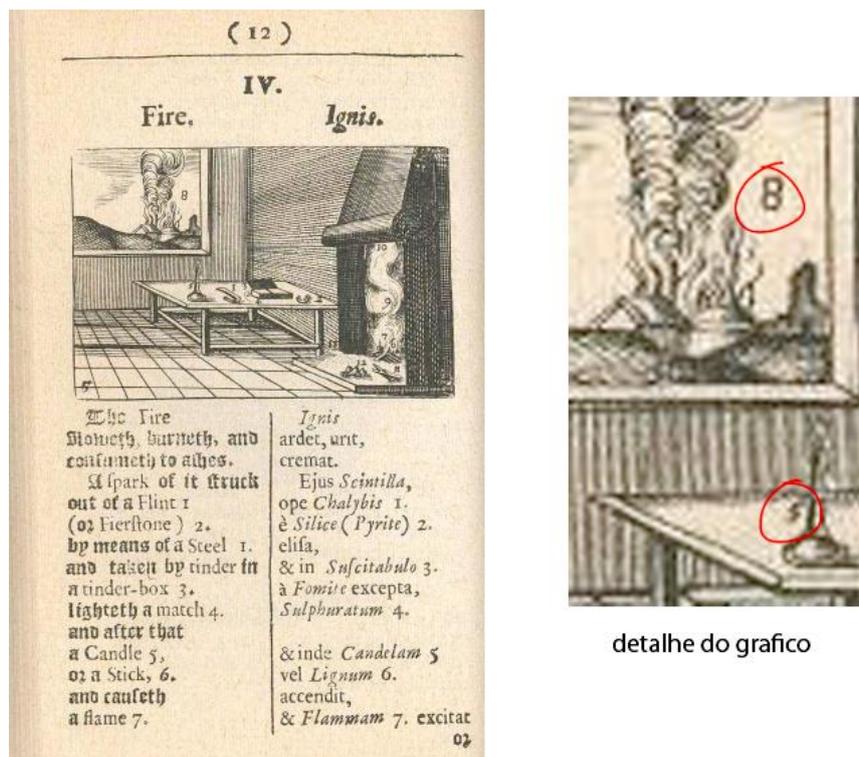


Cartazes Moulin Rouge

Cartazes AEG

Fonte: adaptado de Weill (2010, p.19, 32).

Observa-se, no detalhe da Figura 2, que Comenius inseriu legendas numéricas nos gráficos correspondentes aos objetos descritos no texto nas duas línguas, inglês (esquerda) e latim (direita).

Figura 2 – Gráficos e textos na obra *Orbis sensualium pictus*.

Fonte: adaptado de Manes (2014).

No âmbito educacional, descobriu-se que adicionar gráficos ao texto pode ser considerado o método instrucional mais eficaz para obter resultados positivos na retenção e no aprendizado de conteúdos (MAYER, 2009; PETTERSSON, 2002). Considerando que o principal objetivo do material instrucional é promover a aprendizagem através da mediação entre aluno e conteúdo (RAMOS, 2009), fica claro que devem ser utilizados gráficos nesses materiais para auxiliar a cumprir o seu propósito.

Os gráficos incluídos em materiais instrucionais podem servir a dois propósitos: estimular o interesse dos alunos; e auxiliar na aprendizagem do conteúdo instrucional. Primeiramente, deve-se considerar que os gráficos sempre funcionam como mecanismo motivacional, pois são eficazes em adicionar interesse no material instrucional. Assim, diante da possibilidade de escolha entre ler materiais instrucionais com ou sem gráficos, os leitores se inclinariam aos primeiros. Em relação à aprendizagem, nem sempre os gráficos que representam o conteúdo têm valor instrucional (e.g., um gráfico colorido sem relação com o conteúdo instrucional). Para isso, os gráficos devem ser relevantes aos objetivos de aprendizagem e ter propriedades formais e funcionais adequadas às características dos usuários (CLARK; LYONS, 2011; MAYER, 2009; PETTERSSON, 2002).

Sendo assim, os gráficos adequados auxiliam à aprendizagem, enquanto que os gráficos inadequados podem ser neutros ou até mesmo prejudicar a aprendizagem. É justamente esta combinação, entre eficácia na adição de interesse e incerteza no auxílio à aprendizagem, que torna os gráficos um recurso instrucional ambíguo (CLARK; LYONS, 2011; MAYER, 2009; SCHNOTZ, 2005; SUNG; MAYER, 2012).

Apesar das potencialidades instrucionais do uso de gráficos e materiais instrucionais, autores descobriram que apenas uma pequena porção dos gráficos incluídos nos livros didáticos servem a algum propósito instrucional (MAYER; SIMS; TAJIKA, 1995; WOODWARD, 1993 apud CLARK; LYONS, 2011). Em parte, isso deve-se à valorização histórica da linguagem verbal sobre a linguagem visual no âmbito educacional. Pois, segundo Mayer (2009), a aprendizagem verbal sempre dominou a prática e a pesquisa em educação.

Assim, observam-se barreiras culturais e de conhecimento técnico sobre o uso de gráficos instrucionais: no primeiro caso, os gráficos não são reconhecidos como recursos instrucionais válidos, o que influenciam negativamente professores e alunos no processo no ensino e aprendizagem; no segundo, os profissionais envolvidos no projeto de materiais instrucionais não possuem conhecimento técnico sobre a adequação de gráficos para a aprendizagem, influenciando, também, no primeiro caso (CLARK; LYONS, 2011).

Considerando-se que a utilização de gráficos instrucionais se dá a partir do uso de materiais instrucionais em diferentes contextos, devem-se examinar as diferentes maneiras em que os gráficos são projetados ou inseridos nesses materiais – processos projetuais. Neste caso, são descritas quatro situações possíveis: a elaboração de materiais instrucionais utilizados em

sala de aula, realizada por professores; a elaboração de livros didáticos por uma equipe editorial; a elaboração de materiais instrucionais segundo a metodologia ADDIE (Análise, Design, Desenvolvimento, Implementação e Avaliação<sup>1</sup>) (FILATRO, 2008); a elaboração de materiais instrucionais utilizando o método de Clark e Lyons (2011).

Em uma situação de sala de aula, de forma geral, professores elaboram materiais instrucionais como apresentações digitais, exercícios, cartazes e fichas, no quais os gráficos são incluídos a partir de um processo de seleção. Os gráficos são selecionados ou confeccionados a partir de outros materiais instrucionais como livros didáticos e apostilas, ou então de imagens na internet, baseando-se na experiência e no conhecimento dos professores. Para Chevallard (1998), a criação de materiais instrucionais por parte dos professores passa pelo processo da transposição didática, no qual o conhecimento a ser ensinado sofre uma série de adaptações visando atender as necessidades de ensino. Segundo Grillo (2002), esse processo exige qualidades intrínsecas ao professor como criatividade, domínio do conteúdo, prática reflexiva, troca com colegas e alunos, e conhecimento da cultura local e mundial.

Os livros didáticos são desenvolvidos por editoras em conjunto com autores, que podem ser professores ou pesquisadores de domínios específicos. Assim, o projeto de gráficos não fica mais a critério de uma pessoa, mas de um grupo. As editoras possuem equipes de projeto multidisciplinares compostas de diagramadores, ilustradores, editores de arte, editores de textos e revisores, todos sob coordenação do editor geral, que também é responsável pelo contato com os autores. Inicialmente, os gráficos são sugeridos pelos autores e levados até o editor geral. Então, sob orientação e supervisão do editor de arte, o ilustrador concebe as figuras, desenhos e ilustrações, enquanto o diagramador concebe os quadros e tabelas e executa o projeto gráfico das páginas do material. Em alguns casos, diagramador e ilustrador trabalham juntos para determinar a abordagem de cada função na concepção de páginas e gráficos específicos. O editor de arte é o responsável pela aprovação dos gráficos e, quando necessário, especifica alterações a serem realizadas. Assim, neste contexto, o projeto de gráficos é um trabalho altamente especializado, onde cada integrante do grupo é responsável por uma função específica (AZEVEDO, 2013).

O método ADDIE é utilizado como processo que norteia a intervenção do designer instrucional sobre o contexto educacional problemático. Para colocá-lo em ação, o designer analisa a situação instrucional, toma decisões sobre estratégias, abordagens e materiais instrucionais que irá utilizar, desenvolve e implementa soluções e, então, avalia a solução e o processo realizados. Uma das principais soluções possíveis dessa intervenção está na implementação de materiais instrucionais. Sabendo que os gráficos constituem somente um dos elementos que configuram esses materiais, e que o método ADDIE tem uma visão geral

---

<sup>1</sup> Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation

sobre o problema educacional – determinando papéis instrucionais, abordagens pedagógicas, conteúdos, uso de tecnologias, etc. – a concepção de gráficos não está dentre as preocupações principais deste processo. Dessa forma, os gráficos são especificados pelo designer instrucional, apoiado pelo especialista de conteúdo, em um documento de especificação e projetados pelo projetista de gráficos sob orientação desse documento. Por fim, os gráficos são submetidos à avaliação do designer instrucional e especialista de conteúdo para serem refeitos, quando necessário (FILATRO, 2008).

Considerando as competências dos profissionais envolvidos na especificação e criação de gráficos para materiais instrucionais, observa-se que é questionável a sua habilidade para projetar gráficos relevantes à aprendizagem dos alunos. Mesmo com o conhecimento sobre o conteúdo instrucional e realizando frequentemente a prática da transposição didática, para Coutinho (2006), falta aos professores experiência com a linguagem gráfica, pois esta não é objeto de estudo comum durante sua formação profissional e acadêmica, e o seu contato com formas gráficas restringe-se ao pragmatismo do cotidiano e à estética da mídia. Dessa maneira, o projeto de gráficos para materiais instrucionais realizado pelos professores e especialistas de conteúdo é deficiente, podendo prejudicar a aprendizagem dos alunos (SILVA; COUTINHO, 2010). Clark e Lyons (2011) e Filatro (2008) destacam que mesmo o designer instrucional não tem a experiência adequada com a linguagem visual para projetar gráficos instrucionais de forma eficaz, pois sua formação consiste essencialmente no planejamento, coordenação e implementação de materiais instrucionais. Da mesma forma, o designer visual, somente executa as especificações dos editores e dos designers instrucionais, desconsiderando questões mais específicas de instrução e aprendizagem.

Percebe-se, nos modelos de desenvolvimento apresentados, a falta de uma sistematização que propicie o desenvolvimento de gráficos instrucionais, deixando a escolha, a especificação e a concepção de gráficos a cargo da experiência dos profissionais envolvidos. Além disso, nesses modelos, o conteúdo gráfico é considerado secundário, devido às barreiras culturais e de competência apontadas anteriormente.

Por outro lado, o último cenário abordado para a elaboração de materiais instrucionais – o Modelo de design visual para planejar gráficos sistematicamente de Clark e Lyons (2011) – oferece uma alternativa viável no desenvolvimento de gráficos instrucionais, estabelecendo relações entre estes e os conteúdos. Como o próprio nome do modelo declara, nesta proposta existe a sistematização do planejamento gráfico, bem como, a ênfase no aspecto visual dos materiais instrucionais, questões não atendidas pelos demais modelos apresentados. Neste caso, o designer instrucional realiza a seleção ou especificação de gráficos com base em diretrizes para a representação do conteúdo, desenvolvidas por Clark e Lyons (2011). Essas diretrizes provêm de resultados de pesquisas científicas contendo intervenções experimentais realizadas nas áreas de aprendizagem com gráficos. Cada tipo de conteúdo tem em torno de

cinco diretrizes que determinam características como: tipo de gráfico; conteúdo do gráfico; execução do gráfico<sup>2</sup>; quantidade de gráficos; posição na página ou tela; e situações para o uso de gráficos. Para exemplificá-las, pode-se citar uma diretriz utilizada para a representação de conceitos: *utilize duas fotografias para representar conceitos* – a partir dessa diretriz, o designer instrucional pode selecionar ou especificar para a produção de duas fotografias relacionadas com o conteúdo em questão. Para utilizar as diretrizes com eficácia, o designer instrucional deve, assim como no modelo ADDIE, considerar informações sobre a situação instrucional – e.g., usuários com maior conhecimento prévio podem aprender mais com gráficos mais complexos, ao contrário de usuários com pouco ou nenhum conhecimento prévio, que aprendem melhor com gráficos mais simples (CLARK; LYONS, 2011).

Dessa forma, o modelo de Clark e Lyons (2011) oferece uma sistematização que possibilita ao designer instrucional especificar e selecionar gráficos eficazes na aprendizagem. Entretanto, algumas situações exigem que novos gráficos sejam projetados ou concebidos, e o modelo dessas autoras não fornece suporte adequado a essa questão – o mesmo não especifica os processos de projeção, e trata de forma superficial da execução dos gráficos (e.g., uso de cor, contraste, grau de realismo e tamanho do gráfico).

Isso abre uma oportunidade de projetar gráficos que pode ter vantagens sobre os processos de especificação e seleção abordados por Clark e Lyons (2011) – o total controle sobre os aspectos gráficos possibilita a geração de gráficos mais adequados às necessidades do projeto e de gráficos com maior qualidade.

## **I.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA**

Em situações de criação de novos gráficos, o designer instrucional pode contar com profissionais especializados como designers visuais, fotógrafos, ilustradores e animadores (CLARK; LYONS, 2011). Dentre estes, o que tem maior competência para realizar a concepção de gráficos é o designer visual, já que o mesmo domina as questões da forma e conteúdo e trabalha de maneira interdisciplinar, inclusive, com o auxílio de fotógrafos, ilustradores e animadores (ADG, 2004).

Ambos projeto visual e projeto instrucional são processos que incluem a caracterização dos usuários, a consideração de requisitos e restrições de projeto, bem como, estratégias de concepção e desenvolvimento. Além disso, segundo a ADG (2004), o design visual pode trabalhar tanto como principal meio na solução de um problema, como um meio secundário sob gestão de um projeto maior (e.g., no caso do ADDIE). Dessa forma, verifica-se a

---

<sup>2</sup> Este termo é cunhado por Petterson (2013a), e diz respeito aos elementos visíveis que compõem o gráfico como tamanho, forma, cor, texturas, contraste, iluminação, etc.

compatibilidade entre modelos projetuais dessas áreas com relação à transposição das informações projetuais, bem como, possibilidades de cooperação entre ambos.

Devido ao caráter interdisciplinar do design, é uma prática comum à atividade de projeto incorporar princípios, diretrizes e recomendações provenientes de outras disciplinas para obter resultados de qualidade (MIJKSENAAR, 1997). Assim, existe uma grande variedade dessas orientações que pode ser utilizada em qualquer atividade de design, exigindo discernimento por parte do designer ao considerar cada caso em particular (LOHR, 2000). Para a realização desta pesquisa, podem-se buscar orientações projetuais nos campos do design instrucional e design visual, a fim de projetar novos gráficos com qualidade.

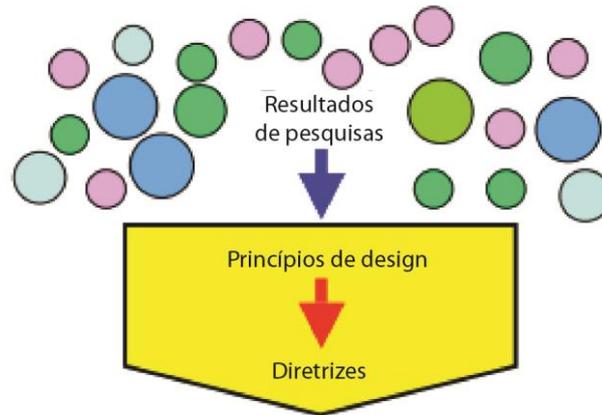
No design instrucional, podem ser encontradas orientações nas áreas de pesquisa *aprendendo com figuras e gráficos e aprendizagem multimídia*, situadas na interseção entre design instrucional e psicologia da aprendizagem. Alguns tópicos importantes estudados nestas áreas são: a representação de conteúdos por gráficos estáticos ou gráficos dinâmicos (ARGUEL; JAMET, 2009; FONTOURA; BECCARI; OLIVEIRA, 2011; HÖFFLER; LEUTNER, 2007; WONG et al., 2009); a atenção necessária para o processamento de gráficos pelo leitor (PEECK, 1993); e o efeito motivacional gerado pelo uso de gráficos em materiais instrucionais (SUNG; MAYER, 2012). Segundo Clark e Lyons (2011), foi somente a partir de 1990 que foram obtidos avanços na forma de teorias, princípios e diretrizes para o uso de gráficos na aprendizagem humana.

O design visual é um campo disciplinar que trata essencialmente do projeto gráfico-visual e visa, por meio de um processo sistematizado de planejamento e desenvolvimento, codificar visualmente a informação para satisfazer requisitos comunicacionais (PETTERSSON, 2002). Nesta pesquisa, o design visual é visto como um campo disciplinar que engloba as áreas de design gráfico e design da informação. Dessa forma, o design visual engloba conhecimentos específicos, inclusive, na forma de orientações projetuais, que auxiliam no projeto e apresentação da informação visual. Como exemplo, podem-se citar os conhecimentos sobre a legibilidade (facilidade de leitura), leiturabilidade (facilidade de compreensão), percepção (organização visual), relações entre textos e gráficos, e tipografia.

Segundo Shneiderman (1998) as orientações para o designer organizam-se em três níveis distintos: teorias e modelos; princípios e diretrizes. As teorias e modelos situam-se em um nível mais amplo. Os princípios auxiliam na criação e comparação entre alternativas de design (SHNEIDERMAN, 1998), sendo que seu desenvolvimento é baseado em achados de pesquisas científicas (PETTERSSON, 2013b). As diretrizes são orientações práticas que indicam aspectos específicos para a criação (SHNEIDERMAN, 1998) e que objetivam agilizar os processos de design de acordo com uma rotina definida. Estas podem ser utilizadas por qualquer organização para tornar as ações mais previsíveis e com maior qualidade. O desenvolvimento

de diretrizes tem como principal fonte os princípios (PETTERSSON, 2013b). A Figura 3 apresenta esta relação estabelecida entre pesquisas, princípios e diretrizes.

Figura 3 – Princípios e diretrizes de design.



Fonte: traduzido de Pettersson (2013b, p. 117).

Sendo assim, o escopo delimitado para esta pesquisa restringe-se a etapa de projeto que tem como resultado a concepção de gráficos instrucionais estáticos. O modelo de Clark e Lyons (2011) é utilizado como referência de processo projetual, buscando-se complementação na área do design visual para a projeção dos gráficos. A maior parte das metodologias consolidadas de design visual, bem como, os conhecimentos desta área convergem para a criação de gráficos estáticos, o que justifica a escolha destes em relação aos gráficos dinâmicos. Como abordagem de aprendizagem utiliza-se o construtivismo, visto que o *corpus* de pesquisas sobre gráficos instrucionais utiliza como referência teórica essa mesma abordagem.

Não faz parte do escopo da pesquisa o tratamento de leiaute (composição final entre gráficos e textos) dado à página ou tela, pois esta é uma função específica do designer gráfico e do diagramador. Também não faz parte do escopo da mesma as fases de produção e implementação, nas quais os materiais instrucionais são materializados e colocados em uso pelo público-alvo. Por fim, os infográficos não estão no escopo compreendido pelos gráficos nesta pesquisa. Pois, diferentemente destes, os infográficos podem integrar uma grande quantidade de texto, formando um todo funcional entre gráficos e textos e, assim, podendo ser independentes dos textos (PETTERSSON, 2013a). Os gráficos abordados nesta pesquisa, por sua vez, são formados predominantemente pela linguagem visual, utilizando-se de texto como um meio complementar, sendo assim, compreendidos em conjunto de um texto.

### **I.3 PROBLEMA DE PESQUISA**

Como as orientações projetuais de design instrucional e design visual podem auxiliar no projeto de gráficos instrucionais estáticos de forma a contribuir para a qualidade desses gráficos?

### **I.4 HIPÓTESE**

A qualidade dos gráficos instrucionais estáticos depende de diretrizes de projeto obtidas a partir da combinação de orientações projetuais em design instrucional e design visual e que, em sua formulação, indiquem aspectos de forma e conteúdo, considerando a percepção e compreensão do usuário.

### **I.5 OBJETIVOS**

Os objetivos da pesquisa dividem-se em objetivo geral e objetivos específicos, apresentados a seguir.

#### **I.5.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar orientações projetuais de design instrucional e design visual a fim de estabelecer um conjunto de diretrizes de projeto que contribuam para a qualidade dos gráficos instrucionais estáticos.

#### **I.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Apresentar o conceito de gráficos instrucionais, seu processo de concepção, bem como, os parâmetros de qualidade a fim de identificar fatores que influenciam no projeto dos mesmos;
- Identificar nos conhecimentos de design instrucional, princípios, diretrizes e características que auxiliem no projeto visual de gráficos instrucionais estáticos;
- Identificar nos conhecimentos de design visual, princípios, diretrizes e características que auxiliem no projeto visual de gráficos instrucionais estáticos;

- Relacionar os conhecimentos de design instrucional e design visual para que possibilitem orientar o projeto visual de gráficos instrucionais;
- Estabelecer um conjunto de diretrizes de projeto para contribuir para a qualidade dos gráficos instrucionais estáticos;
- Avaliar a qualidade dos gráficos projetados por meio da aplicação das diretrizes no projeto de gráficos e da verificação desses gráficos.

## 1.6 JUSTIFICATIVA

A principal premissa da Teoria Multimídia de Mayer (2003) é que a utilização combinada de gráficos e textos proporciona uma aprendizagem mais efetiva. Porém, deve-se levar em consideração que os gráficos utilizados de forma inadequada podem ser prejudiciais a esta (CLARK; LYONS, 2011; MAYER, 2003). Portanto, é necessário aprofundar-se na compreensão sobre como as representações visuais podem afetar a aquisição de conhecimento (PORTUGAL, 2013).

Cada vez mais torna-se necessário aos educadores refletirem sobre a articulação entre gráficos e textos, levando em conta seus leitores (PORTUGAL, 2013). De fato, Howard Gardner, o criador da Teoria das Inteligências Múltiplas, descreve as seguintes diretrizes pedagógicas que defendem esse ponto de vista: estimular a atenção e o interesse de alunos a partir de diferentes pontos de entrada para diferentes perfis cognitivos; e apresentar conteúdos em formatos diversificados, utilizando recursos e ambientes variados (RAPOPORT, 2008). Neste sentido, o design pode contribuir com o planejamento e desenvolvimento de gráficos (PORTUGAL, 2013).

Um exemplo de demanda nesta área é a necessidade de utilização de materiais didáticos para apoiar o ensino presencial, como um dos efeitos gerados pela instauração da lei de nacional de cotas em 2012 (GOVERNO, 2012). Considerando essa situação, o Ministério da Educação (MEC) pretende utilizar materiais instrucionais on-line para auxiliar os alunos no acompanhamento das aulas do ensino superior. Este material deve ser baseado no modelo do *site* Khan Academy<sup>3</sup>, que disponibiliza gratuitamente uma gama de materiais instrucionais baseados em vídeos e exercícios interativos para diversas disciplinas (FOREQUE, 2012).

Mesmo com a existência da Lei no. 9.394/96 que determina a obrigatoriedade do ensino das artes como meio de contribuir com o desenvolvimento cultural do aluno, é comum encontrar escolas que incluem as artes visuais como um anexo à literatura, fazendo prevalecer a supremacia da linguagem verbal sobre a linguagem visual (BARBOSA, 2002 apud

---

<sup>3</sup> <https://www.khanacademy.org/>

COUTINHO, 2006). Esta lei considera a aquisição de materiais didáticos como um dos gastos previstos para a educação e tem como um de seus princípios a garantia do padrão de qualidade da educação.

Outro fato importante para esta pesquisa é o crescimento da modalidade de EAD. Somente no Brasil, o número de matrículas realizadas em 2012 teve um aumento de 52,5% em relação a 2011, totalizando 5.772.466 matrículas (ABED, 2013). Nesta modalidade de ensino, o material instrucional assume papel fundamental, pois é o maior responsável na mediação dos conteúdos aos alunos. Dessa forma, o material exige uma qualidade inerente, que é alcançada, em parte, pela coerência e consistência dos seus elementos constituintes. Portanto, é fundamental desenvolver pesquisas que considerem os aspectos gráficos dos materiais instrucionais para melhorar a condição do cenário nacional do EAD.

A interseção entre design e educação gera trabalhos significativos que podem impactar positivamente no desenvolvimento da sociedade. O eixo temático educação figura entre os principais eventos nacionais da área do design – P&D Design, Graphica, CIDI, Ergodesign e Usihc –, o que demonstra a relevância da interseção entre esses campos de conhecimento. Portugal (2013) explica que essa é uma tendência que deve ser observada pelos designers, pois é um campo proeminente de atuação profissional. Além disso, a autora ressalta a responsabilidade social do designer, visto que a cultura visual é um dos pilares da sociedade e, o design, seu agente transformador.

Mesmo assim, no cenário da pesquisa em design no Brasil, são poucos os estudos que tratam especificamente do uso de gráficos com propósitos instrucionais. Um exemplo desses estudos, é a observação das possibilidades educacionais proporcionadas pelo uso de infográficos no processo de ensino e aprendizagem (SILVA et al., 2011). Outra temática inserida nas áreas do design instrucional e design da informação tangencia o tema desta pesquisa: as instruções visuais ou Sequências Pictóricas de Procedimento (SPP), que referem-se a sistemas de informação utilizados na representação de tarefas e são pesquisados por diversos autores no Brasil (ADAM; MARTINS; PENNER, 2010; SCARIOT et al., 2012; SPINILLO; WAARDE, 2011; SPINILLO, 2001). Portanto, observa-se que o campo de pesquisas que faz a interseção entre gráficos e aprendizagem está em desenvolvimento.

No caso desta pesquisa, a questão dos gráficos utilizados na representação de conteúdos extrapola as capacidades da área da educação e, portanto, deve ser auxiliada pelos meios do design. Portanto, buscam-se na área do design instrucional e no campo disciplinar do design visual os métodos e ferramentas adequados para solucionar esta questão.

As áreas de ciências da informação, mídia, comunicação e design preocupam-se, em parte, com os processos e resultados de ações comunicacionais. Entretanto, os gráficos utilizados na conformação das mensagens são, frequentemente, pouco valorizados (PETTERSSON, 2002). Mesmo com uma significativa quantidade de pesquisas na área, pouco se reconhece aplicado

ao design da informação visual (MIJKSENAAR, 1997). Segundo Petterson (2002), é comum os usuários de produtos informacionais se culparem por não conseguir utilizar adequadamente produtos que, na verdade, foram mal projetados. Devido a isso, é importante realizar o design da informação baseado em pesquisas científicas.

Existem algumas pesquisas sobre o aprendizado eletrônico que focam no desenvolvimento da interface educacional (LOHR, 2000; PREVEDELLO, 2011). Porém, são escassas as pesquisas em design que enfocam nos gráficos utilizados na representação de conteúdos. Segundo Filatro (2008), o designer instrucional pode utilizar princípios de usabilidade e de instrução multimídia na organização gráfica do material instrucional. Entretanto, estes princípios estão relacionados de forma mais direta ao leiaute do material (organização dos elementos na página ou tela) e não aos aspectos dos gráficos inseridos nesses materiais. Inclusive, Spinillo et al. (2010) advertem que são poucas as pesquisas da aprendizagem multimídia que se preocupam com os aspectos visuais dos gráficos utilizados, sendo que esses aspectos podem ser determinantes na compreensão de um conteúdo.

Por outro lado, sob a perspectiva da educação, assuntos como os processos de ensino e aprendizagem, o conteúdo do livro didático, desenho, etc., têm sido estudados por educadores, historiadores da arte e, principalmente, psicólogos. Entretanto, poucos são os estudos realizados neste universo tratando da eficácia dos sistemas informacionais (COUTINHO, 2006). Assim, pretende-se preencher uma lacuna neste campo teórico e contribuir para o desenvolvimento de pesquisas no mesmo.

No nível de pós-graduação, algumas pesquisas vem sendo desenvolvidas buscando melhorar os processos de ensino e aprendizagem de disciplinas gráficas como a Geometria Descritiva e o Desenho Técnico (SILVA, R., 2005; SILVA, T., 2005; BRUNO, 2011). A ênfase dessas pesquisas está nos materiais e ferramentas instrucionais utilizados e nos processos metodológicos de ensino para apoiar os processos de ensino e aprendizagem. Ressalta-se que os gráficos utilizados têm papel fundamental na eficácia desses materiais. Portanto, este estudo soma a esta linha de pesquisa que é expoente em território nacional.

Segundo Clark e Lyons (2011), apesar da prática corrente em que a seleção de gráficos é realizada a partir da opinião de especialistas, existe, atualmente, um *corpus* teórico robusto o suficiente para embasar a seleção e o uso de gráficos instrucionais. Visto que os gráficos são pouco explorados como uma ferramenta instrucional, sua importância deve ser considerada na construção de materiais instrucionais. Além disso, os estudos sobre a linguagem gráfica sob uma perspectiva sistêmica, organizacional e prospectiva da atividade do design, podem beneficiar significativamente a qualidade do ensino (COUTINHO, 2006).

Além da contribuição direta para a área da educação, diversos campos de atuação também podem ser beneficiados com a realização desta pesquisa.

Pois, em quaisquer meios em que são transmitidas mensagens que exijam a compreensão ou aprendizagem dos usuários, podem ser utilizados gráficos instrucionais. Portanto, estes podem ser utilizados na educação, mídia em massa, telejornalismo, esportes, estatísticas, dispositivos ou materiais informacionais, treinamento empresarial, formação complementar e jogos educacionais.

## I.7 ESTRUTURA DA PESQUISA

Esta pesquisa é apresentada em cinco capítulos, descritos sumariamente a seguir:

- **Capítulo 1:** apresenta a introdução da pesquisa, que abrange: uma breve introdução ao tema de pesquisa; a apresentação do contexto no qual se insere o fenômeno observado, constatando os principais problemas e soluções já encontrados ao mesmo; a delimitação do escopo da pesquisa, dentro da temática abordada; o problema que se pretende solucionar com a realização desta pesquisa; a hipótese e os objetivos da pesquisa, que constituem os norteadores que orientam o desenvolvimento desta.
- **Capítulo 2:** apresenta a fundamentação teórico-metodológica que fornece base à elaboração da pesquisa. Neste capítulo, são abordados os gráficos instrucionais; os conhecimentos de design instrucional; e os conhecimentos de design visual.
- **Capítulo 3:** demonstra a organização dos procedimentos metodológicos, embasados no capítulo anterior, utilizados para atingir os objetivos da pesquisa.
- **Capítulo 4:** apresenta-se o desenvolvimento da pesquisa, a partir da execução dos procedimentos descritos no terceiro capítulo.
- **Capítulo 5:** apresenta o fechamento da pesquisa. São apontadas as principais conclusões do trabalho, bem como considerações sobre o alcance dos objetivos do trabalho e sobre a execução da pesquisa e dos procedimentos metodológicos. Além disso, são apresentadas sugestões para trabalhos futuros, observadas a partir dos resultados e lacunas encontradas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

Este capítulo apresenta o quadro teórico que embasa o desenvolvimento desta pesquisa, a partir do levantamento de teorias e conceitos e pesquisas que utilizam metodologias específicas para resolver problemas similares. Os seguintes campos de conhecimento, utilizados na revisão bibliográfica, originaram-se a partir das variáveis da pesquisa: design instrucional; ciências cognitivas e psicologia da aprendizagem; design gráfico e design da informação.

O quadro teórico inicia com a apresentação do conceito de gráficos instrucionais, visando compreender o objeto de estudo em perspectiva ao objetivo desta pesquisa.

### 2.1 GRÁFICOS INSTRUCIONAIS

Este tópico apresenta o conceito de gráficos instrucionais a partir de diferentes teóricos e seus pontos de vista sobre o tema, bem como, exemplos de gráficos que auxiliam ou que prejudicam a aprendizagem. Além disso, são descritos os fatores que influenciam no valor instrucional de um gráfico, são determinadas as propriedades dos gráficos, bem como, os parâmetros que constituem a qualidade de dos gráficos instrucionais. Ao final deste tópico, reflexiona-se sobre as suas principais contribuições para o desenvolvimento desta pesquisa.

#### 2.1.1 O QUE SÃO GRÁFICOS INSTRUCIONAIS?

Como o objetivo desta pesquisa trata do desenvolvimento de gráficos instrucionais, deve-se conceituá-los, buscando identificar os fatores que determinam sua efetividade em promoverem a aprendizagem dos usuários. Para isso, são abordados os autores Clark e Lyons (2011), Sung e Mayer (2012) e Weidenmann (1994). Inicialmente, deve-se compreender que nem todos os gráficos que fazem parte de materiais instrucionais são considerados gráficos instrucionais. Segundo esses autores, o conceito gráficos instrucionais refere-se somente aos gráficos que auxiliam na aprendizagem dos alunos-usuários.

Para Clark e Lyons (2011, p. 5, tradução minha) os *gráficos instrucionais* são “expressões icônicas do conteúdo projetadas para otimizar o aprendizado e o desempenho de forma a melhorar o funcionamento básico das organizações”. A ênfase dessas autoras está sobre o meio profissional, visando melhorar o desempenho das organizações e auxiliar a execução das atividades profissionais por meio de materiais instrucionais. Weidenmann (1994) utiliza os termos *gráfico instrucional* e *figura instrucional* para referir-se aos argumentos visuais criados por um autor com o domínio de códigos gráficos de forma a auxiliar o usuário no

processo de aprendizagem. Ainda, para Sung e Mayer (2012), os *gráficos instrutivos* são aqueles que auxiliam no aprendizado do conteúdo principal de um material instrucional. Dentre os termos apresentados neste tópico, o termo gráficos instrucionais será adotado ao longo desta pesquisa.

Para compreender o funcionamento dos gráficos instrucionais, podem-se apresentar duas abordagens distintas. Para Sung e Mayer (2012), os gráficos são instrucionais quando são diretamente relevantes ao objetivo de aprendizagem<sup>4</sup> e ativam o conhecimento prévio<sup>5</sup> adequado para o entendimento do conteúdo principal em estudo. Por outro lado, para Clark e Lyons (2011), os gráficos são instrucionais quando apoiam um ou mais eventos instrucionais<sup>6</sup>, a saber: apoiar a atenção; ativar ou construir o conhecimento prévio; minimizar a carga cognitiva; construir modelos mentais; apoiar a transferência de aprendizagem; e apoiar a motivação. Por outro lado, segundo essas autoras, os gráficos são prejudiciais à aprendizagem quando prejudicam os eventos citados. Entretanto, as mesmas não deixam claro o resultado de aprendizagem obtido quando um gráfico apoia um ou mais eventos e, simultaneamente, prejudica outros.

As Figuras 4, 5 e 6, apresentadas a seguir, mostram exemplos dos tipos de gráficos possíveis contidos em materiais instrucionais. Estas figuras foram retiradas do livro *Ergonomia do objeto* de Gomes Filho (2010), ilustrando uma parte em que o autor realiza um estudo de caso do produto *bicicleta*, envolvendo todos os aspectos ergonômicos desse produto. Todos os gráficos contidos nesse estudo de caso são fotografias – um dos tipos possíveis de gráficos instrucionais estáticos.

A Figura 4 apresenta a página de um material instrucional contendo **gráficos instrucionais** que apresentam mecanismos de suspensão em diferentes partes da bicicleta – selim, quadro e garfo. Os gráficos são considerados instrucionais pois apresentam um conteúdo diretamente relevante ao tópico de *conforto*, um dos requisitos ergonômicos para o projeto de bicicletas.

---

<sup>4</sup> Os objetivos de aprendizagem descrevem um resultado de ensino que se pretende alcançar, exprimindo o que o aluno realizará ao dominá-los (FILATRO, 2008; MAGER, 1976). Muitas vezes, os termos objetivos de aprendizagem, objetivos instrucionais e objetivos educacionais são utilizados intercambiavelmente.

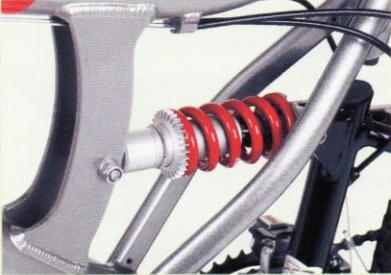
<sup>5</sup> Conhecimento pré-existente na memória de longa duração de uma pessoa (MAYER, 2009).

<sup>6</sup> Os eventos instrucionais compreendem uma taxonomia que relaciona as fases envolvidas em um ato de aprendizagem com as atividades que podem ser utilizadas para estimular processos internos de aprendizagem (FILATRO, 2008).

Figura 4 - Gráficos instrutivos em material instrucional.

de sua configuração física. Envolve também sua estrutura e seus demais sistemas e componentes, que podem comprometer a condução do veículo por eventuais falhas ou defeitos mecânicos. Nesse caso, o erro seria atribuído à máquina. Mesmo assim, com os avanços verificados, dificilmente as bicicletas apresentam falhas, assegurando quase que total segurança ao usuário.

O terceiro nível refere-se ao entorno do percurso do usuário (ruas, avenidas, estradas, trilhas etc.), por onde ele estiver andando, levando em conta fatores como sinalização, condições do solo, disciplina e respeito por parte de pedestres e de outros veículos, eventualmente, fazendo parte deste entorno. Aqui, esses problemas ou circunstâncias não são relacionados com a ergonomia.



**Conforto**

O fator de conforto na bicicleta está intimamente associado à segurança, pois, quanto maior o desconforto (e este é predominante, conforme já dito), maior é a probabilidade de o usuário cometer atos inseguros. Aqui também temos alguns níveis de conforto (ou falta) de cunho subjetivo e prático.

**Condições orgânicas do usuário.**

Parece óbvio que quanto melhor for o preparo físico e a juventude do usuário, melhores serão as condições deste suportar os eventuais desconfortos que poderão, em muitos casos, até passar despercebidos. Esses desconfortos são traduzidos quase sempre pelas inadequações de postura corporal, alcance e percepção dos instrumentos de ação, controle e de leitura, associados também à percepção do entorno.

**Condições da bicicleta.**

Aqui o desconforto já é sentido de maneira prática e objetiva. Nesse caso são várias as razões que causam desconforto e que se apresentam inter-relacionadas em três níveis:

- **Relação usuário-assento-condições do solo.** Bicicletas que não têm sistema de

▲ Atualmente as bicicletas modernas são dotadas de sofisticados sistemas de suspensão, localizados em pontos estratégicos (selim, quadro, garfo etc.). Ajudam a incrementar a performance e a tornar menos desconfortável e insegura a utilização de bicicletas em diversas situações de trepidação ou vibração, sobretudo em função de solos irregulares.

Fonte: Gomes Filho (2010, p. 63).

Por outro lado, existem os gráficos que podem prejudicar a aprendizagem e que devem, portanto, ser evitados em materiais instrucionais. Para Clark e Lyons (2011), os gráficos prejudiciais à aprendizagem são aqueles que perturbam os eventos instrucionais citados anteriormente. Para Sung e Mayer (2012), os gráficos prejudiciais à aprendizagem são

considerados *gráficos sedutivos*, pois distraem o usuário do conteúdo principal e fazem com que ele traga à memória de trabalho conhecimentos irrelevantes a esse conteúdo. Assim, os gráficos sedutivos têm alto interesse aos alunos e não têm relevância direta ao objetivo instrucional. A Figura 5 apresenta a parte introdutória do estudo de caso de Gomes Filho (2010), em que o autor explica o tipo de análise realizada e características gerais do objeto de estudo – bicicleta. O que torna este **gráfico sedutivo** é a falta de relação do conteúdo do gráfico com as explicações fornecidas no texto e o uso de uma fotografia de uma menina sorridente, o que chama mais a atenção para o rosto da menina do que para a bicicleta.

Figura 5 – Gráficos sedutivos em material instrucional.

Estudo de caso completo *Bicicleta*

A bicicleta é um produto de uso clássico, de variável complexidade, rico em análise e um veículo difundido aos milhões de unidades no mundo inteiro. Só para citar três países onde seu uso é muito intenso, temos, por exemplo, na China 450 milhões de unidades, nos Estados Unidos 100 milhões e no Japão 72 milhões. (Fonte: Revista *Made in Japan*, ano I, nº 12.)

Com este estudo, damos início efetivo à leitura no campo do conhecimento da ergonomia através de exercitação conceitual, calcada sobre os Fatores Ergonômicos Básicos – FEB, e que abrange o conjunto de suas três partes, constituídas pelos blocos conceituais: requisitos de projeto, ações de manejo e ações de percepção.

A bicicleta, na sua versão moderna, é um produto configurado por diversas categorias que se desdobram, por sua vez, em outras tantas classes, tipos e modelos de uso, assim como tem sua função de utilização estendida, para diversas modalidades – desde as mais simples, utilizadas para pequenos deslocamentos, até as máquinas mais sofisticadas, utilizadas para as atividades de lazer e outras mais avançadas ainda, em termos de inovação tecnológica e de design, utilizadas para as competições esportivas.

Por se tratar de uma leitura ergonômica predominantemente conceitual, este trabalho abrange a categoria bicicleta de forma genérica incluindo, portanto, qualquer classe, tipo ou modelo ditos convencionais. Não inclui, entretanto, configurações de bicicletas que são frutos de pesquisa e de experimentos de design mais avançados, muitos deles extrapolando até mesmo sua função de veículo terrestre, como bicicletas “voadoras” e bicicletas “aquáticas”. Também são excluídos outros tipos, como por exemplo, bicicletas que alcançam limites de velocidade acima de 150 quilômetros por hora (impensável para uso normal), que exigem do ciclista severas medidas de proteção e de segurança incômodas, posturas de



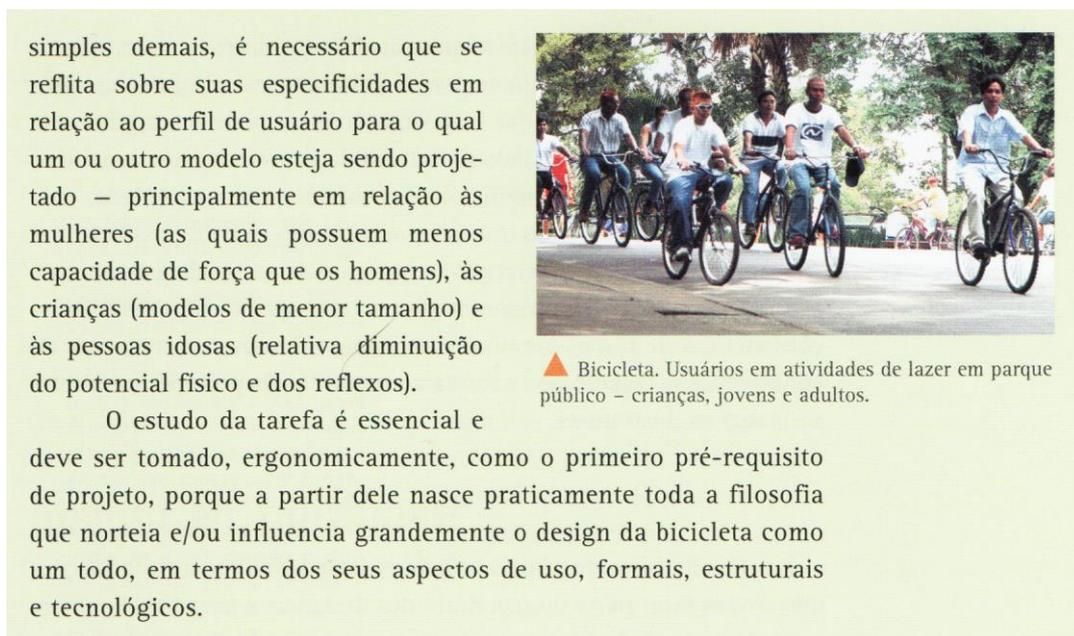
Bicicleta. Veículo utilizado aos milhões no mundo inteiro em atividades de locomoção para o trabalho, lazer e competições esportivas. ▶

Fonte: Gomes Filho (2010, p. 59).

Além dos gráficos que auxiliam e prejudicam a aprendizagem, ainda existem os que são considerados neutros em relação à aprendizagem. Sung e Mayer (2012) consideram estes como sendo os *gráficos decorativos*, neutros em impacto cognitivo e positivos em impacto afetivo.

Este tipo de gráfico pode ser exemplificado através da Figura 6, que apresenta um grupo de ciclistas pedalando em um parque arborizado para representar visualmente um texto sobre o desempenho da tarefa de andar de bicicleta e as diferenças entre usuários. O conteúdo da fotografia não representa exatamente o conteúdo textual, entretanto, essa fotos criam uma atmosfera agradável sem distrair excessivamente o leitor. Dessa forma, o **gráfico decorativo** é neutro em impacto cognitivo e prazeroso em impacto afetivo.

Figura 6 – Gráficos decorativos em material instrucional.



Fonte: Gomes Filho (2010, p. 62).

Assim, estes gráficos podem servir como um recurso instrucional para estimular o interesse do usuário sem prejudicar o seu aprendizado (SUNG; MAYER, 2012). Corroborando, Clark e Lyons (2011) afirmam que o uso de gráficos em materiais instrucionais é uma forma de adicionar interesse no material. Entretanto, as mesmas autoras alertam que, devido ao fato de não serem relacionados aos objetivos instrucionais, o uso excessivo desses gráficos prejudica o aprendizado.

A partir de relações estabelecidas entre a relevância aos objetivos instrucionais, aos efeitos motivacionais e cognitivos provocados, Sung e Mayer (2012) determinam os tipos de gráficos que podem aparecer em materiais instrucionais (Quadro 1). Os gráficos instrucionais são diretamente relevantes ao objetivo instrucional e têm efeitos positivos na aprendizagem; os gráficos decorativos são cognitivamente neutros, e sem relevância direta ao objetivo

instrucional; os gráficos sedutivos são sem relevância direta ao objetivo instrucional e com efeitos negativos na aprendizagem. Todos esses gráficos têm efeitos positivos no interesse dos leitores.

Quadro 1 – Três tipos de gráficos em materiais instrucionais.

<b>Tipo de gráfico</b>	<b>Relação com objetivo instrucional</b>	<b>Interesse ao usuário</b>	<b>Efeito cognitivo</b>
Instrucional	Diretamente relevante	Positivo	Positivo
Decorativo	Sem relação direta	Positivo	Neutro
Sedutivo	Sem relação direta	Positivo	Negativo

Fonte: traduzido de Sung e Mayer (2012, p. 1619).

Considerando os tipos de gráficos apresentados neste item, o interesse desta pesquisa está sobre os gráficos instrucionais. Portanto, os critérios observados aqui devem ser considerados no desenvolvimento da mesma.

No item a seguir, são identificados fatores relevantes ao valor que um gráfico tem para a aprendizagem.

### **2.1.2 VALOR INSTRUCIONAL**

Este item apresenta o conceito de valor instrucional, que determina os principais elementos a serem considerados para que os gráficos promovam a aprendizagem, bem como as relações existentes entre eles. Clark e Lyons (2011) determinam três principais elementos que influenciam nesta questão (Figura 7): as propriedades de um gráfico; o objetivo instrucional; e as diferenças interpessoais. Corroborando, para Pettersson (2013a), a escolha do tipo de gráfico em instruções – se uma fotografia ou uma ilustração, por exemplo – considera, principalmente, os objetivos instrucionais e as características dos usuários.

Este conceito mostra que não existem gráficos instrucionais que adequam-se a qualquer situação instrucional<sup>7</sup> em absoluto, pois estes são sempre dependentes de fatores distintos - usuários e objetivos instrucionais. Isso torna um mesmo gráfico com valor instrucional variável, pois mesmo que estejam alinhados aos objetivos instrucionais, as diferenças nos usuários podem atribuí-lo grande valor instrucional para alguns usuários e pouco valor instrucional para outros. Portanto, considerando o projeto de gráficos, esses elementos devem ser analisados e equacionados para determinar as propriedades dos gráficos de forma a torná-los eficazes à aprendizagem (CLARK; LYONS, 2011).

<sup>7</sup> A situação instrucional – conceito proveniente do design instrucional – é composta de: objetivos de aprendizagem; características dos usuários; ambiente de aprendizagem; e restrições projetuais (REIGELUTH, 1999).

Figura 7 – Variáveis da eficácia dos gráficos.



Fonte: adaptado de Clark e Lyons (2011).

A relação entre objetivos de aprendizagem e gráficos foi analisada no item 2.1.1, podendo ser expressa da seguinte forma: *quando o conteúdo do gráfico é relevante ao objetivo de aprendizagem, o gráfico pode auxiliar na aprendizagem* (CLARK; LYONS, 2011; MAYER, 2009).

Por outro lado, a relação entre gráficos e usuário é mais complexa. O próprio elemento usuário é determinado por diferentes variáveis demográficas - sexo e idade - e psicossociais - conhecimento, estratégias de aprendizagem, experiência, interesses pessoais, cultura, etc. Destas, o fator do usuário que mais influencia na aprendizagem com gráficos é o seu conhecimento prévio – conhecimento anterior que o aluno possui sobre um determinado assunto (CLARK; LYONS, 2011).

Por exemplo, sabe-se que a adição de gráficos em materiais instrucionais é mais eficaz para a aprendizagem quando o conhecimento prévio dos usuários sobre o conteúdo apresentado é baixo ou inexistente (MAYER, 2009). Além disso, os usuários com pouco conhecimento prévio beneficiam-se de gráficos mais simples, enquanto que os usuário com maior conhecimento prévio podem beneficiar-se de gráficos mais complexos (CLARK; LYONS, 2011). Por outro lado, quando um usuário é especialista em um conteúdo, somente uma fonte de informação – gráfico ou texto – é o suficiente para auxiliá-lo na aprendizagem (SCHNOTZ, 2005). Assim, observa-se que usuários com diferentes graus de conhecimento prévio exigem gráficos com diferentes propriedades.

A partir da argumentação exposta neste item, pode-se inferir outra questão que aumenta a complexidade da adequação dos gráficos aos usuários: o caráter heterogêneo de turmas escolares – apesar do nivelamento cognitivo pressuposto pelo currículo escolar, sabe-se que em uma mesma turma convivem alunos com diferentes níveis de conhecimentos prévios que, inevitavelmente, utilizam os mesmos materiais instrucionais e gráficos.

Devido à importância deste conceito para esta pesquisa, as propriedades dos gráficos são apresentadas, em maior detalhamento, no item a seguir.

### 2.1.3 PROPRIEDADES DOS GRÁFICOS

Como foi explicitado no item anterior, é a partir da manipulação das propriedades dos gráficos que o designer concebe gráficos adequados às características dos usuários e aos objetivos de aprendizagem. Clark e Lyons (2011) apontam que um dos principais problemas para o projeto de gráficos instrucionais é que ao especificar ou referir-se aos gráficos, geralmente, são mencionados apenas aspectos como o tipo de gráfico (e.g., fotografia, ilustração ou animação) e o conteúdo (e.g., uma mulher loira com trinta anos de idade). Dessa forma, aspectos importantes aos propósitos instrucionais como funcionalidades acerca da comunicação e aprendizagem são ignorados.

Sendo assim, a fim de obter uma compreensão mais completa acerca dos gráfico instrucionais, apresentam-se as propriedades dos gráficos a partir das perspectivas do design instrucional e do design visual. O próximo item apresenta a visão de Clark e Lyons (2011), que compreendem os gráficos a partir de três propriedades: superfície; função comunicacional; e função psicológica.

#### 2.1.3.1 As três funções gráficas

A **superfície** indica a aparência de um gráfico ou a maneira como foi criado. Segundo sua superfície, um gráfico pode ser estático como uma fotografia ou ilustração, ou pode ser dinâmico como um vídeo, animação, ambiente de realidade virtual e realidade aumentada (CLARK; LYONS, 2011; FILATRO, 2008). Esta pesquisa delimita-se ao projeto de gráficos estáticos. Os mesmos possuem maior abrangência do que os gráficos dinâmicos, pois podem ser utilizados tanto em materiais impressos como em materiais digitais. O Quadro 2 descreve e exemplifica a superfície dos gráficos estáticos considerando critérios de classificação sua aparência e maneira como são criados.

Podem-se observar, a partir deste quadro, algumas características básicas dos gráficos estáticos: as ilustrações abrangem todos os gráficos bidimensionais que podem ser criados pelo designer ou artista gráfico nos meios impresso e digital (e.g., diagramas, fluxogramas, pinturas, desenhos, etc.); as fotografias referem-se aos gráficos capturados diretamente da realidade, seja por uma câmera ou um software; a modelagem refere-se aos gráficos modelados em softwares especializados em modelagem tridimensional. Portanto, as ilustrações podem ser compreendidas como gráficos bidimensionais criados, as fotografias como gráficos capturados da realidade, e os modelos como gráficos tridimensionais criados.

Quadro 2 – Tipos de gráficos estáticos.

<b>Tipo de gráfico</b>	<b>Descrição</b>	<b>Exemplo</b>
Ilustração	Representação de elementos visuais utilizando diversas mídias e técnicas (e.g., caneta e tinta, aquarela, softwares computacionais).	Desenho de contorno com caneta e tinta; Pintura bidimensional de partes de flores em aquarela; diagramas e fluxogramas.
Fotografia	Imagem capturada por meio de tecnologias fotográficas ou digitais.	Captura de tela de um software em operação; fotografia de uma pessoa atendendo o telefone.
Modelado	Representação fiel da realidade produzida por meio de softwares computacionais.	Representação 3D de um escritório; Representação 3D de um motor à combustão.

Fonte: traduzido de Clark e Lyons (2011, p. 6).

A **função comunicacional** diz respeito à maneira em que um gráfico comunica a mensagem. Os gráficos podem comunicar: utilizando apelo humorístico; representado objetos de forma realista; demonstrando relações quantitativas ou qualitativas entre as variáveis; demonstrando mudanças ao longo do tempo e espaço; demonstrando princípios abstratos; e fornecendo auxílios à memória. São sete as funções comunicacionais: decorativa, representacional, mnemônica, organizacional, relacional, transformacional e interpretativa. O Quadro 3 apresenta a função comunicacional dos gráficos com sua respectiva descrição.

Quadro 3 – Função comunicacional dos gráficos.

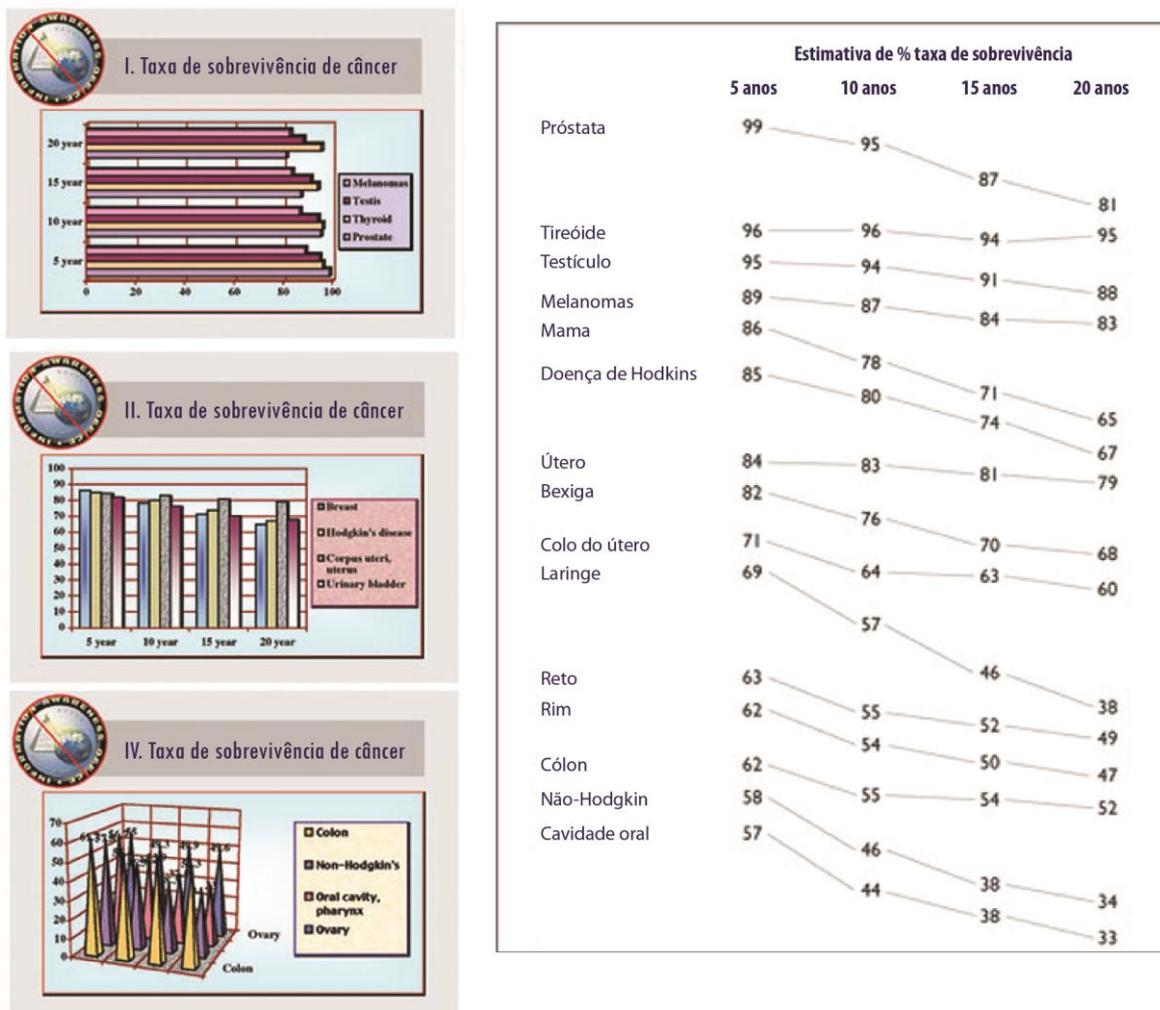
<b>Função</b>	<b>Objetivo</b>
Decorativa	Adicionar apelo estético ou humor.
Representacional	Representar um objeto de forma realista.
Mnemônica	Fornecer pistas para a recuperação de informação.
Organizacional	Mostrar relações qualitativas do conteúdo.
Relacional	Mostrar relações quantitativas do conteúdo.
Transformacional	Mostrar mudanças dos objetos no tempo ou no espaço.
Interpretativa	Ilustrar teoria, princípio, ou relações causais.

Fonte: traduzido de Clark e Lyons (2011, p. 9).

A função comunicacional tem relação direta com as diretrizes de representação de conteúdo. Por exemplo, uma diretriz de representação de conceitos determina que devem-se utilizar dois ou mais gráficos representacionais. Isto indica que o designer instrucional deve buscar fotografias, ilustrações realistas ou modelos tridimensionais para representar adequadamente o conceito em questão (CLARK; LYONS, 2011).

Pode-se apresentar um exemplo em que a qualidade do gráfico é transformada por meio do uso de diferentes gráficos organizacionais. A Figura 8 apresenta o mesmo conteúdo informacional a partir de gráficos distintos: no conjunto slides, a apresentação montada com o uso do software PowerPoint® utiliza gráficos de barra coloridos e complexos em uma sequência de slides; na tabela, esta informação é apresentada de forma concisa em uma página. Segundo Vulture (2007), a qualidade da apresentação na tabela é maior do que a apresentação em slides, pois aquela está mais simplificada e demonstra relações entre as variáveis. Ambos os gráficos – tabelas e gráficos de barra – têm a função comunicacional relacional e, ainda assim, percebe-se grande diferença na apresentação do conteúdo.

Figura 8 - Informação apresentada segundo diferentes funções comunicacionais.



Fonte: adaptado de Vulture (2007).

A **função psicológica** trata da interação entre gráficos e usuário, visando sua aprendizagem. Segundo Clark e Lyons (2011), para que o aprendizado ocorra, o gráfico deve apoiar um ou mais eventos instrucionais. Os gráficos podem atuar segundo seis eventos

instrucionais: apoiar a atenção; a motivação; a transferência de aprendizagem; construir modelos mentais; minimizar a carga cognitiva; e ativar o conhecimento prévio.

Essas autoras utilizam como base de sua concepção de aprendizagem o método instrucional de Robert Gagné (1980), no qual o autor observa que um ato de aprendizagem é tipicamente composto de oito fases (eventos de aprendizagem) que ativam, respectivamente, oito processos cognitivos de aprendizagem. A seguir, descrevem-se as fases e processos ativados: motivação – expectativa; apreensão – atenção e percepção seletiva; aquisição – codificação; retenção – armazenamento na memória; rememoração – recuperação; generalização – transferência; desempenho – resposta; retroalimentação – reforço. Segundo esse autor, os eventos de aprendizagem podem ser organizados em eventos externos de forma a estimular os respectivos processos cognitivos de aprendizagem dos alunos, tornando-se procedimentos instrucionais.

Segundo Filatro (2008), como esses eventos ocorrem em ordem cronológica, os mesmos podem ser utilizados para guiar um processo de ensino. Clark e Lyons (2011), por sua vez, selecionam seis eventos (de oito) que julgaram mais relevantes em relação à interação de usuários e gráficos. Diferentemente de Gagné (1980) e Filatro (2008), Clark e Lyons (2011) não veem esses eventos como um ciclo que passa por determinadas etapas, pois utilizam-se desses como eventos independentes, bastando ativar um ou mais para se consumir a aprendizagem. O Quadro 4 apresenta a taxonomia da função psicológica, segundo Clark e Lyons (2011).

Quadro 4 – Função psicológica dos gráficos.

<b>Função</b>	<b>Objetivo</b>
Apoiar a atenção	Direcionar a atenção ao conteúdo principal.
Ativar ou construir conhecimento prévio	Recuperar ou fornecer modelos mentais que suportem o novo conteúdo.
Minimizar carga cognitiva	Minimizar carga cognitiva prejudicial imposta pelo material.
Construir modelos mentais	Auxiliar a construir novas memórias na Memória de Longa Duração (MLD).
Apoiar transferência de aprendizagem	Incorporar características-chave do ambiente de trabalho; promover entendimento aprofundado.
Apoiar motivação	Tornar o material interessante sem prejudicar o aprendizado.

Fonte: traduzido de Clark e Lyons (2011, p. 11).

Sumarizando o que foi apresentado neste item, a *superfície* refere-se à aparência dos gráficos, podendo ser classificados em gráficos estáticos – sem movimentação ou sem interatividade como fotografias, ilustrações, diagramas e modelos 3D – ou gráficos dinâmicos – com movimentação ou interatividade como animações, vídeos e infográficos interativos. A

*função comunicacional* indica o estilo em que o gráfico transmite um conteúdo, podendo ser a partir de apelo humorístico, representações realistas, diagramas e gráficos que relacionam variáveis, ilustrações mnemônicas, etc. Por fim, a *função psicológica* refere-se às influências que o gráfico exerce nos eventos instrucionais (ver item 2.1.1), podendo apoiar a atenção, recuperar conhecimentos prévios, apoiar a motivação, etc. (CLARK; LYONS, 2011).

### 2.1.3.2 Forma, conteúdo, legibilidade e leituraabilidade

Alguns autores de design visual compreendem os gráficos a partir de dois componentes equivalentes, porém com terminologia distinta: para Frascara (2004), a mensagem visual é composta de forma e significado; Munari (2006) compreende o gráfico como uma combinação entre suporte e informação; para Meggs (1992), o gráfico é um fenômeno ótico e um sinal comunicativo; Pettersson (2013a) compreende o gráfico a partir de conteúdo e execução. Desses autores, o último é o que mais detalha os componentes dos gráficos, fornecendo maior controle sobre a qualidade do produto final (GIE) e, portanto, será adotado nesta pesquisa.

O *conteúdo* está relacionado à informação contida no gráfico, podendo ser representado através de aspectos como estrutura (grau de realismo e complexidade), conteúdo factual (objetos, tempo e lugar, e estatísticas), eventos (movimento e ritmo, som, humor e sátira) e emoções. A *execução* trata dos componentes pictóricos que configuram o gráfico, incluindo elementos básicos (ponto, linha, plano, volume), tamanho, forma, cor, contraste, textura, iluminação, composição, e perspectiva (PETTERSSON, 2013a). Essas propriedades tratam da aparência e da representação do conteúdo pelo gráfico, podendo ser relacionados com a superfície e a função comunicacional de Clark e Lyons (2011). Entretanto, não abordam a interação entre gráfico e usuário, aspecto fundamental à aprendizagem.

Neste sentido, Frascara (2004) adiciona que o significado (conteúdo ou informação) de um gráfico pressupõe um processo de interpretação pelo usuário. Assim, o conteúdo só adquire sentido na medida em que o usuário interage com o gráfico e o interpreta. Para atingir o propósito comunicacional – entendendo-o como um requisito para o propósito instrucional –, esse autor aponta como fatores essenciais em uma mensagem a facilitação da percepção e da compreensão. Frascara (2011) reitera, explicando que os dois princípios fundamentais na leitura de uma mensagem são sua legibilidade – um problema perceptivo – e leituraabilidade – um problema cognitivo.

A legibilidade é dependente da execução (ou forma) do gráfico, e diz respeito a facilidade de leitura e de discernimento entre as partes de um gráfico. O parâmetro que indica um alto grau de legibilidade em um gráfico é sua *clareza*. A leituraabilidade depende da eficácia na adaptação do conteúdo aos usuários, dizendo respeito à habilidade dos usuários na

compreensão do estilo de um gráfico. O parâmetro que indica alto grau de leiturabilidade de um gráfico é sua *simplicidade*. A simplicidade, por sua vez, é diretamente relacionada a processos cognitivos essenciais à aprendizagem como a percepção, o processamento e a memória (PETTERSSON, 2013a). Portanto, os princípios da legibilidade e leiturabilidade relacionam a eficácia de um gráfico em relação a sua interação com o usuário, podendo ser relacionados com a *função psicológica*, uma das dimensões dos gráficos estabelecida por Clark e Lyons (2011).

Quadro 5 - Propriedades dos gráficos

<b>Design visual</b> (PETTERSSON, 2002; FRASCARA, 2004; 2011)	<b>Design instrucional</b> (CLARK; LYONS, 2011)
Execução	Superfície
Conteúdo	Função comunicacional
Legibilidade	Função psicológica
Leiturabilidade	

Fonte: adaptado de Pettersson (2002), Frascara (2004; 2011) e Clark e Lyons (2011).

O item a seguir apresenta os parâmetros de qualidade definidos visando contribuir ao projeto de gráficos instrucionais estáticos (GIE) de qualidade.

#### 2.1.4 QUALIDADE DOS GRÁFICOS INSTRUCIONAIS ESTÁTICOS

Definir qualidade não é uma tarefa fácil, pois depende de pontos de vista e de critérios estabelecidos para verificá-la. Baxter (2000) descreve a variabilidade do conceito de qualidade com o seguinte exemplo: para um engenheiro, qualidade é o funcionamento constante e sem falhas; e para um gerente de produção, é a facilidade de fabricação e montagem. Entretanto, ao buscar um denominador comum, teóricos do design de produto concordam que o mais essencial na atribuição de qualidade a um produto é o atendimento das necessidades do usuário (BACK et al., 2008; BAXTER, 2000; MORRIS, 2009). Segundo Löbach (2001), é por meio das funções do produto que ocorre a interação entre usuário e produto e, portanto, que se pode atender às necessidades dos usuários.

No âmbito do design visual, Frascara (2004) aponta que a *qualidade em design* deve ser mensurada dentro de quadros de referência, longe de conjuntos de valores absolutos ou abstratos e, fundamentalmente, independente de custo de produção. Os critérios de avaliação devem ser comunicacionais, funcionais e culturais. Para isso, consideram-se: o cumprimento dos objetivos do projeto; o atendimento das funções do produto; e a satisfação de necessidades culturais (promover o valor cultural) – considerando estética, prazer e socialização. Esse autor exemplifica um produto que atende a esses critérios: um material instrucional que deve ensinar

a somar e que somente ensina a somar é um design insuficiente; ele deveria ensinar a somar e promover o aprendizado; deveria produzir prazer ao ser utilizado, para que o usuário relacione prazer e aprendizado; deveria encorajar o usuário a ir além do conteúdo, promovendo o interesse em números e letras, quantidades e relações; deve também estimular a observação, memória, diálogo, raciocínio e comunicação; o produto deve auxiliar o professor e o aluno, e deve adicionar valor ao ambiente e às atividades nas quais é utilizado.

Frascara (2004) admite que esse exemplo denota *alta qualidade* em design, promovendo o *valor cultural* e estimulando o designer a explorar ao máximo as possibilidades de um projeto. Porém, o conceito de alta qualidade em design não se aplica aos GIE, pois a influência destes no contexto em que se inserem é limitada em promover o valor cultural e atingir os objetivos do projeto. Isso ocorre porque os gráficos são componentes, juntos aos textos, do material instrucional, e é por meio deste produto que o usuário relaciona-se com o gráfico. Sendo assim, infere-se que a qualidade dos GIE deve ser conceituada de forma mais específica.

Para Simlinger (2007), a qualidade de uma informação se dá na medida em que: amplia o conhecimento existente para que uma pessoa possa tomar decisões confiáveis na realização de determinadas tarefas; e que sua execução (gráfica) possibilite que o usuário ache rapidamente e compreenda a informação necessária. No caso específico dos gráficos, Pettersson (2013a) afirma que não existe um consenso universal sobre sua qualidade. Porém, aponta algumas características ou funções que um gráfico de qualidade deve conter: qualquer gráfico concebido para transmitir informações deve conter a informação que pretende transmitir; o gráfico (englobando seu conteúdo, execução, contexto e formato) deve provocar uma resposta, percepção e, possivelmente, aprendizado; e, de forma geral, o gráfico deve otimizar a percepção.

Segundo Pettersson (2013a), a qualidade e, conseqüentemente, o desempenho dessas funções, estão diretamente relacionados ao conceito de valor de leitura, o qual denota que um gráfico tem valor quando seu conteúdo é interessante de um ponto de vista funcional e semântico. O valor de leitura é composto por valor estético, legibilidade e leiturabilidade (ver item 2.1.3): o valor estético diz respeito a percepção de beleza de uma mensagem; a legibilidade e leiturabilidade dizem respeito à percepção e a compreensão da mensagem.

Pettersson (2013a) observa que o interesse pessoal tem um papel fundamental no valor de leitura de uma mensagem. Isso significa que, mesmo tendo alto valor de leitura, sem interesse, o usuário não irá ler a mensagem. Entretanto, Simlinger (2007) parte da premissa que no design de informação a intenção de uso por parte do usuário já é uma realidade, já que o mesmo utiliza a informação para atingir a um propósito específico. Sendo assim, já existe a predisposição do usuário em utilizar a informação. Essa visão enfatiza o aspecto funcional do gráfico e elimina a *promoção de interesse no aluno* por meio da manipulação das propriedades

do gráfico, fator que muitas vezes leva à criação e uso de gráficos sedutivos (CLARK; LYONS, 2011).

Portanto, são considerados como critérios de qualidade de GIE, nesta pesquisa, a otimização da legibilidade e leiturabilidade, já que têm relação direta com os processos envolvidos na aprendizagem – seleção, organização e integração (ver item 2.2.2). Segundo Pettersson (2013a), o parâmetro que indica alto grau de legibilidade é a **clareza**, enquanto que, o alto grau de leiturabilidade é reconhecido como **simplicidade**. A Figura 9 apresenta um esquema relacionando os parâmetros de qualidade com as características dos gráficos e os processos de percepção e compreensão dos usuários.

Figura 9 - Parâmetros de qualidade, gráficos e usuários.



Fonte: o autor.

No item a seguir, apresentam-se as ferramentas que podem ser utilizadas para avaliar a qualidade dos GIE.

#### 2.1.4.1 Ferramentas para a verificação da qualidade

Este item apresenta ferramentas para avaliar a legibilidade e leiturabilidade dos GIE, estabelecidos como os critérios que constituem a qualidade desses gráficos. Além disso, apresenta-se a ferramenta casa da qualidade, que possibilita a relação entre elementos de projeto visando a qualidade do resultado.

Segundo Wileman (1993, p.86 apud PETTERSSON, 2013a), é possível avaliar a legibilidade de um gráfico a partir de uma lista de verificação:

- As imagens e palavras são grandes o suficientes para vê-las?
- As imagens e palavras são impactantes/fortes o suficientes para vê-las?
- Existe um bom contraste entre figura e fundo?
- O gráfico está adequado para o público-alvo?
- Quais recursos visuais são utilizados para direcionar a atenção do leitor?

- O gráfico contém somente a informação essencial?
- São utilizadas técnicas adequadas de sequenciamento visual para apresentar ideias complexas?

A leitura de um gráfico pode ser avaliada a partir do instrumento BLIX – índice de leitura da figura<sup>8</sup> – de Pettersson (2013a). O avaliador responde afirmativa ou negativamente a cinco questões sobre aspectos relevantes à leitura de um gráfico, atribuindo uma nota. O número total de respostas positivas indicam a leitura de um gráfico, onde: (0) gráfico é virtualmente incompreensível; (1) muito difícil de ler; (2) difícil de ler; (3) nem difícil, nem fácil de ler; (4) fácil de ler; e (5) muito fácil de ler. O Quadro 6 apresenta a ferramenta que pode ser utilizada em uma coleta de dados.

Quadro 6 – Instrumento BLIX.

Questões		Sim/Não
1	(a) Figura colorida: a figura é executada em cores realistas? (b) Figura em preto e branco: o contraste e a escala de cinza na figura está claro?	
2	A figura tem uma forma além de um quadrado ou um retângulo ou cobre a página inteira?	
3	A figura tem uma legenda que é concisa, fácil de compreender e que lida com a figura?	
4	A figura não é ambígua nem muito “artística”?	
5	A figura tem um centro de interesse dominante próximo ao seu centro óptico (centro da figura) e poucos detalhes que podem ser considerados distrativos?	
Número total de respostas sim		

Fonte: traduzido de Pettersson (2013a, p. 62).

A Figura 10 apresenta gráficos ilustrando cogumelos que foram submetidos à avaliação com o BLIX. O gráfico da esquerda obteve nota 4.8 (valor próximo ao muito fácil de ler) e, o da direita, 2.5 (mais para difícil do que para fácil de ler).

<sup>8</sup> Picture readability index (PETTERSSON, 2013a, p. 60, tradução minha).

Figura 10 – Gráficos avaliados com BLIX.

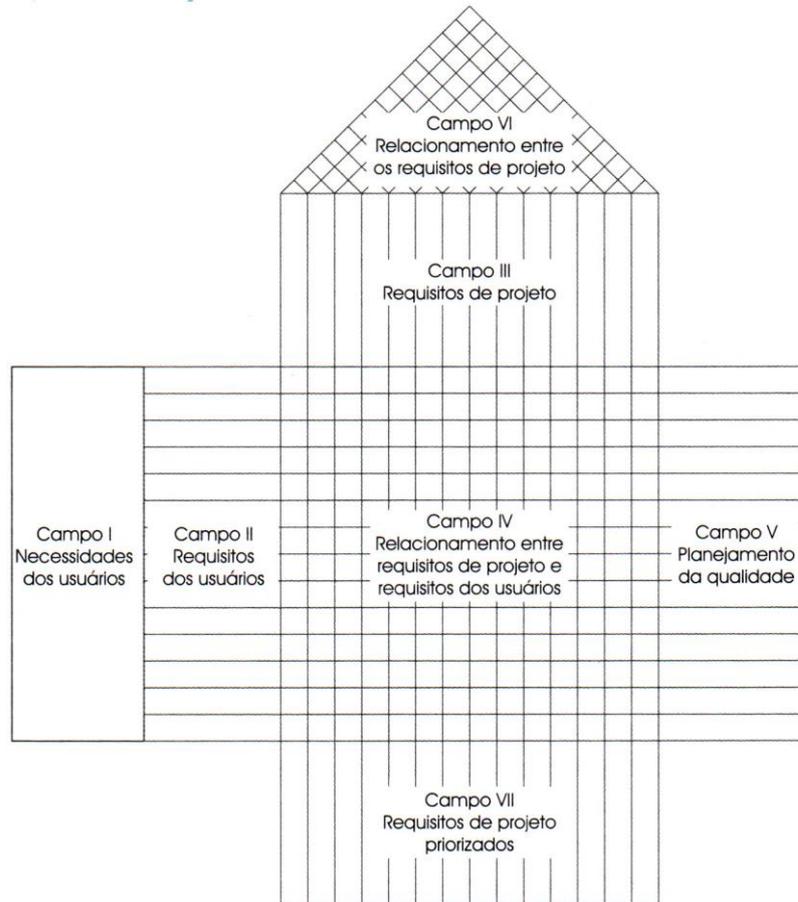


Fonte: Pettersson (2013a, p. 61).

O desdobramento da função qualidade (QFD) constitui um método que serve essencialmente para quantificar as relações entre requisitos de usuário e requisitos de projeto, fornecendo dados objetivos para auxiliar no desenvolvimento do projeto (MORRIS, 2009). Back et al. (2008) utilizam esse método para a transformação das necessidades do usuário em especificações de projeto, segundo o seguinte processo: levantamento das necessidades do usuário; transformação dessas necessidades nos requisitos de usuário; priorização desses requisitos; transformação dos requisitos do usuário em requisitos de projeto; priorização dos requisitos de projeto; relação entre requisitos de usuário e requisitos de projeto; relação entre os requisitos de projeto; e conversão dos requisitos de projeto em especificações de projeto. Esse método apoia-se na ferramenta *casa da qualidade*, matriz na qual ocorrem os relacionamentos recém descritos (Figura 11).

Segundo Baxter (2000), o QFD pode ter outros usos como controlar a qualidade do projeto. Morris (2009) destaca que, por ser uma ferramenta visual, a casa da qualidade pode se tornar um meio de comunicação entre a equipe de projeto. Considerando as funcionalidades da casa de qualidade, apresentadas por Back et al. (2008), e a possibilidades de usos distintos, esta ferramenta é utilizada no desenvolvimento da pesquisa, estabelecendo relações entre os critérios de qualidade estabelecidos e a orientações para o projeto de GIE.

Figura 11 – Casa da qualidade utilizada no QFD.



Fonte: Back et al. (2008, p. 213).

A seguir, apresentam-se as principais contribuições deste tópico para o projeto de GIE de qualidade.

### 2.1.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O TÓPICO

Este tópico, que abrangeu os itens 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3 e 2.1.4 e está relacionado ao primeiro objetivo específico desta pesquisa, no qual buscou-se apresentar o conceito de gráficos instrucionais e identificar os fatores que influenciam no seu projeto.

Foram apresentadas as conceituações de Clark e Lyons (2011), Sung e Mayer (2012) e Weidenmann (1994). Destas, utiliza-se como base a abordagem de Sung e Mayer (2012), visto que esses autores criaram uma taxonomia que diferencia os gráficos instrucionais de outros tipos de gráficos que não fazem parte da delimitação desta pesquisa – gráficos decorativos e gráficos sedutivos.

Em relação aos elementos que influenciam no projeto de gráficos instrucionais, destacam-se aqueles relacionados ao valor instrucional: objetivos de aprendizagem e características dos

usuários (CLARK; LYONS, 2011; MAYER, 2009; PETTERSSON, 2013a). As propriedades dos gráficos devem ser relevantes aos objetivos de aprendizagem e adequadas às características dos usuários. Isso é obtido quando o conteúdo de um gráfico é relevante ao(s) objetivo(s) de aprendizagem e sua execução favorece à interação com o usuário. Dentre as características dos usuários que influenciam na execução do gráfico, a mais importante é o conhecimento prévio – exigindo gráficos de maior ou menor complexidade, por exemplo (CLARK; LYONS, 2011; MAYER, 2009).

Em relação às propriedades dos gráficos, a visão de Clark e Lyons (2011) estabelece relações pertinentes ao propósito instrucional desses gráficos a partir de sua função comunicacional, porém não aborda de forma detalhada o projeto de gráficos. Para isso, buscaram-se autores do design visual que detalham melhor as propriedades dos gráficos. Destes, Pettersson (2013a) oferece uma visão que divide os gráficos em conteúdo e execução, subdividindo essas propriedades em diversos aspectos que podem ser manipulados pelo projetista. Considerando a interação gráfico-usuário, podem ser utilizados os princípios da legibilidade e leiturabilidade que lidam, respectivamente, com a percepção e compreensão do gráfico (FRASCARA, 2004, 2011; PETTERSSON, 2013a).

Os parâmetros de qualidade dos GIE foram definidos levando em conta a interação usuário–GIE, conforme sugere Löbach (2001), correspondendo aos processos de percepção e compreensão do usuário. Portanto, a qualidade dos gráficos é obtida através da otimização da legibilidade e da leiturabilidade, o que segundo Pettersson (2013a) corresponde, respectivamente, à clareza e simplicidade.

Este tópico apresentou os gráficos instrucionais, bem como, uma visão inicial sobre os principais elementos e propriedades que influenciam no seu projeto. Portanto, o tópico seguinte aprofunda conceitos relevantes para o desenvolvimento desta pesquisa, pertinentes ao design instrucional: objetivos de aprendizagem; interação gráfico-usuário, com ênfase nos processos cognitivos envolvidos na aprendizagem; processo projetual para o desenvolvimento de gráficos instrucionais.

## **2.2 DESIGN INSTRUCIONAL**

Este tópico apresenta contribuições do design instrucional a partir da delimitação estabelecida no tópico anterior – na qual foram identificados os principais elementos de influência no projeto de GIE. Dessa forma, inicialmente, apresenta-se este campo disciplinar, enfatizando os objetivos e métodos utilizados e o papel do designer visual – projetista de gráficos estáticos – na equipe de design instrucional. Além disso, são abordados conceitos

importantes relacionados ao projeto de gráficos instrucionais como a aprendizagem e os objetivos de aprendizagem, bem como, o modelo de planejamento de gráficos instrucionais.

### 2.2.1 DE QUE TRATA O DESIGN INSTRUCIONAL?

O design instrucional engloba um *corpus* de conhecimento teórico e prático que vai além de sua função mais reconhecida – o desenvolvimento de materiais para *e-learning* (FILATRO, 2008). O seu objetivo é auxiliar na aprendizagem e no desenvolvimento dos seres humanos por meio da aplicação de métodos instrucionais adequados a situações instrucionais específicas (FILATRO, 2008; REIGELUTH, 1999). A ênfase no conceito de *instrução* auxilia a compreender os meios dessa disciplina: para Mayer (2009), instrução é a manipulação do ambiente de aprendizagem de forma a promover o aprendizado; para Filatro (2008), é a atividade de ensino que, a partir da comunicação, visa facilitar a aprendizagem.

De caráter interdisciplinar, o design instrucional envolve áreas que lidam com a instrução e aprendizagem com perspectivas e ênfases diferenciadas. Conforme apresenta a Figura 12, as áreas que exercem maior influência no design instrucional são a cognição, a linguagem e a comunicação – considerando o design gráfico como uma disciplina de linguagem; e design da informação e design instrucional como disciplinas de comunicação (PETTERSSON, 2013b).

Figura 12 - Áreas de influência no design instrucional.



Fonte: traduzido de Pettersson (2013b, p. 90).

Segundo Reigeluth (1999) as teorias de design instrucional são aquelas que oferecem orientação explícita sobre como auxiliar, da melhor forma possível, as pessoas a aprenderem e se desenvolver. Essas teorias caracterizam-se por serem probabilísticas ao invés de determinísticas – suas causas aumentam as chances de ocorrerem os resultados esperados,

mas não os garantem. Para Filatro (2008), essas teorias dedicam-se à produção de conhecimentos na forma de métodos e princípios de instrução adequados a determinados tipos de aprendizagem.

Entretanto, Reigeluth (1999) ressalta que, para funcionarem de forma eficaz, teorias e métodos instrucionais devem estar alinhados à situação instrucional. A fim de exemplificar os métodos instrucionais, a Figura 13 apresenta uma lista de possibilidades e suas potencialidades.

Porém, antes de selecionar métodos instrucionais, é necessário conhecer o conjunto de aspectos contextuais que compõem a situação instrucional:

- A natureza do que será aprendido: e.g., o aprendizado de *compreensões* se dá de forma distinta do aprendizado de *habilidades*.
- A natureza do aprendiz: e.g., conhecimento prévio, estratégias de aprendizagem e motivações;
- A natureza do ambiente de aprendizagem: e.g., independentemente em casa, em um grupo de 26 alunos na sala de aula, ou em uma equipe de trabalho;
- A natureza das restrições de desenvolvimento instrucional: e.g., quanto tempo e recursos financeiros se tem para planejar e desenvolver a instrução.

Com o conhecimento dessas variáveis, é possível descrever alguns aspectos contextuais que formam a situação instrucional abordada nesta pesquisa. Do ponto de vista do design instrucional, a mesma trata de *auxiliar na aprendizagem de conteúdos a partir de gráficos inseridos em materiais instrucionais*. Portanto, percebe-se influência nas variáveis de aprendizagem – aprendizagem de conteúdos – e do ambiente de aprendizagem – gráficos em materiais instrucionais.

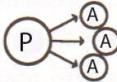
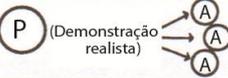
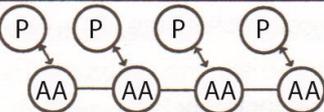
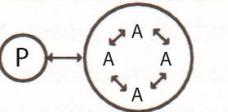
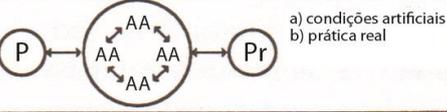
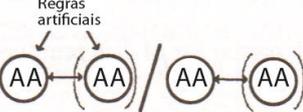
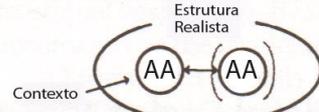
Portanto, essa identificação de variáveis da situação instrucional, embora incompleta considerando o projeto instrucional, já permite selecionar teorias, métodos e princípios compatíveis para auxiliar na aprendizagem. Considerando os métodos instrucionais apresentados na Figura 13, identifica-se o método *controle independente/do aprendiz*, pois o mesmo inclui o trabalho com materiais instrucionais, que é o foco desta pesquisa. Esse método implica na relação direta do aluno com o recurso (material) instrucional apoiado pelo professor/tutor. Por outro lado, pode-se destacar a Teoria da Aprendizagem Multimídia (TAM) de Mayer (2009), que enfoca na apresentação do material instrucional como meio de promover a aprendizagem. Dessa teoria deriva o conceito de *apresentação instrucional multimídia* como sendo a "apresentação envolvendo palavras e figuras que destinam-se a promover a aprendizagem" (MAYER, 2009)<sup>9</sup>. A TAM auxilia o designer instrucional por meio de um modelo de aprendizagem que considera gráficos e textos, bem como, de princípios

---

<sup>9</sup> Posição 210 (ebook)

instrucionais que consideram a apresentação do material instrucional. Devido sua importância para esta pesquisa, a TAM é abordada em maior profundidade no item seguinte (2.2.2).

Figura 13 – Métodos instrucionais.

Métodos		Forças
Palestra/Apresentação	(falando) 	Eficiente Padronizado Estruturado
Demonstração/Modelagem		Orientação Aplicação
Tutorial		Customizado Responsabilidade do aprendiz
Exercícios & Prática		Automatizado Maestria
Controle Independente/do aprendiz		Implementação flexível
Discussão, Seminário		Significativo, realista, pertencido, customizado ao aprendiz
Aprendizagem em grupo cooperativa		Propriedade Construção de equipes
Jogos (regras artificiais)		Alta transferência Alta motivação
Simulações		
Descoberta Individual		
Em grupo		
Resolução de problemas/ Laboratório		Pensamento de Ordem Elevada em problemas mal-estruturados

 = Professor (ao vivo ou automatizado)     
  = Aluno     
  = Recurso (Instrucional)     
 - - - = Envolvimento indireto  
 = Problema     
  = Atividade de Aprendizagem     
  = Recurso (bruto)     
 > = Direção do controle

Fonte: traduzido de Reigeluth (1999, p. 33).

Por outro lado, do ponto de vista prático-aplicado, o design instrucional pode intervir em uma situação instrucional problemática a partir da implementação de soluções, geradas segundo modelos de desenvolvimento específicos, visando a construção de habilidades e conhecimentos em usuários/estudantes (FILATRO, 2010). O designer instrucional pode atuar considerando três níveis distintos de abrangência: macro; meso e micro. Tomando como exemplo documentos que orientam a atuação de professores e alunos em uma instituição de ensino: o nível macro refere-se à concepção do projeto pedagógico; o nível meso, ao plano de uma disciplina ou curso; e o nível micro, ao plano de aula (FILATRO, 2008).

Os principais produtos ou soluções de design instrucional são cursos, aulas, todos os tipos de auxílios de aprendizagem e materiais instrucionais (PETTERSSON, 2013b). Considerando que a intervenção dos materiais instrucionais se dá nos níveis meso e micro de design instrucional, é nesse contexto que esta pesquisa pode contribuir para a prática do design instrucional.

Segundo Filatro (2008), o modelo de desenvolvimento mais utilizado no design instrucional é o ADDIE, o qual, inclusive, serve de base para o modelo de planejamento de gráficos instrucionais (CLARK; LYONS, 2011). Em ambos os modelos, o projeto de gráficos ocorre em uma fase de desenvolvimento, após as fases de análise da situação instrucional e da definição de especificações de projeto – a qual engloba os objetivos de aprendizagem, abordagens pedagógicas, conteúdos, materiais instrucionais, etc. A diferença entre esses modelos é a seguinte: no ADDIE, as especificações são mais abrangentes, englobando aspectos educacionais como as abordagens pedagógicas, a definição de papéis de aprendizagem, entre outros; já no modelo de Clark e Lyons (2011), as especificações enfatizam aspectos do projeto visual como gráficos, leiaute e interface utilizados.

Ambos modelos tratam o projeto de gráficos – a concepção de novos gráficos – como um serviço terceirizado, em que o designer instrucional encomenda ao designer visual os gráficos especificados. Assim, de forma geral, o designer visual faz parte ou trabalha para uma equipe interdisciplinar de projeto instrucional constituída por diversos profissionais como: designer instrucional; designer gráfico; especialista de conteúdo; web designer; designer de interface; ilustrador; animador; etc. (FILATRO, 2008).

O Quadro 7 apresenta os profissionais envolvidos no desenvolvimento do projeto visual dos materiais instrucionais, segundo Clark e Lyons (2011).

Quadro 7 - Profissionais no design instrucional e suas especialidades.

<b>Papel</b>	<b>Responsabilidade</b>
Designer instrucional	Projeta a instrução e identifica quais materiais necessitam visualização.
Escritor	Escreve o conteúdo.
Diretor de arte	Supervisiona a qualidade e o caráter do trabalho visual; seleciona e contrata os profissionais para realizar o trabalho visual. Geralmente trabalham em agências de publicidade, editoras, revistas, ou trabalham como <i>freelancers</i> para organizações.
Designer gráfico	É um solucionador de problemas visuais. Um artista profissional que trabalha com elementos gráficos (tipografia, ilustração, fotografia e impressões) para criar materiais de comunicação.
Designer de interface	Desenvolve a interface gráfica do usuário (GUI) que permite a navegação no software ou web site. Possui treinamento adicional em ergonomia e usabilidade.
Equipe de arte (animadores, cartunistas, ilustradores, fotógrafos, artistas digitais, etc.)	Cria os gráficos
Coordenador da produção	Verifica todos os aspectos do material antes de encaminhá-lo para a produção.
Equipe de produção (arte-finalista, verificador de cor, etc.)	Prepara a arte dos artistas para a produção.

Fonte: adaptado de Clark e Lyons (2011).

A equipe apresentada nesse quadro enfatiza o projeto gráfico de materiais instrucionais. O tamanho desta equipe, bem como, as funções exercidas pelos seus componentes são variáveis, dependendo do tamanho e da natureza do projeto (CLARK; LYONS, 2011). Poderiam fazer parte da equipe de projeto outros profissionais como: designer de interação, roteirista, especialista de conteúdo, etc. Em equipes mais enxutas, alguns (ou até mesmo um) profissionais assumem outras funções no desenvolvimento do projeto. Entretanto, uma função do designer instrucional é irrevogável: acompanhar e avaliar os principais documentos produzidos para o projeto para mantê-los sempre alinhados aos objetivos de aprendizagem e aos métodos instrucionais selecionados (FILATRO, 2008).

Considerando o propósito do design instrucional em promover a aprendizagem, o próximo item trata da concepção e dos processos de aprendizagem a partir de gráficos instrucionais.

### **2.2.2 APRENDIZAGEM COM GRÁFICOS**

Considerando a situação instrucional identificada para esta pesquisa – a aprendizagem de conteúdos a partir de gráficos em materiais instrucionais –, este item propõem-se a compreender como ocorre esse tipo de aprendizagem, enfatizando nos processos cognitivos envolvidos na entre interação gráfico e usuário.

No item 2.1.1, a aprendizagem com gráficos foi abordada a partir de Sung e Mayer (2012) e Clark e Lyons (2011). Os primeiros ressaltam que o gráfico instrucional devem recuperar o conhecimento prévio necessário para a compreensão do conteúdo principal do material instrucional. Para os segundos, os gráficos instrucionais devem apoiar um ou mais eventos instrucionais. No item 2.1.3, foram abordados autores de design visual (FRASCARA, 2004, 2011; PETTERSSON, 2013a) que tratam da interação entre usuário e gráficos por meio de parâmetros de legibilidade e leiturabilidade de gráficos: a legibilidade tratando da percepção do gráfico; e a leiturabilidade, de sua compreensão. Porém, esses autores não explicam os processos cognitivos envolvidos durante a aprendizagem.

Segundo a maior parte dos teóricos no design instrucional, a aprendizagem pode ocorrer em três domínios distintos: cognitivo; afetivo; e psicomotor. O domínio cognitivo lida com a recordação ou identificação de conhecimentos e com o desenvolvimento de entendimentos e habilidades e capacidades intelectuais. O domínio afetivo enfatiza atitudes e valores, emoções e sentimentos, moral e ética e o desenvolvimento pessoal. O domínio psicomotor enfatiza o desenvolvimento de habilidades reprodutivas e habilidades produtivas (REIGELUTH; MOORE, 1999). Esta pesquisa enfatiza na aprendizagem a partir do domínio cognitivo.

A aprendizagem é uma mudança no conhecimento de quem aprende, ocasionada por uma experiência em um ambiente de aprendizagem (MAYER, 2009). A partir da interação do aluno com o material instrucional, o mesmo elabora seu próprio conhecimento por meio de um processo de inserção pessoal das informações em sua estrutura cognitiva previamente existente (MOORE; KEARSLEY, 2008). É esse processo de inserção de informações que deve ser explicado para compreender-se a aprendizagem.

Para isso, pode-se utilizar a TAM de Richard Mayer (2009) – um modelo compatível à situação instrucional identificada nesta pesquisa. Essa teoria tem dois objetivos declarados: contribuir para a ciência da aprendizagem, com modelos e explicações sobre os processos de aprendizagem; e contribuir para a ciência da instrução (ou design instrucional), por meio de princípios que auxiliam na aprendizagem. A TAM enfatiza a apresentação de gráficos e palavras como um meio de tornar a aprendizagem mais significativa – sua principal premissa é que as pessoas aprendem mais profundamente quando as ideias são expressas através de palavras e gráficos do que somente palavras (MAYER, 2009).

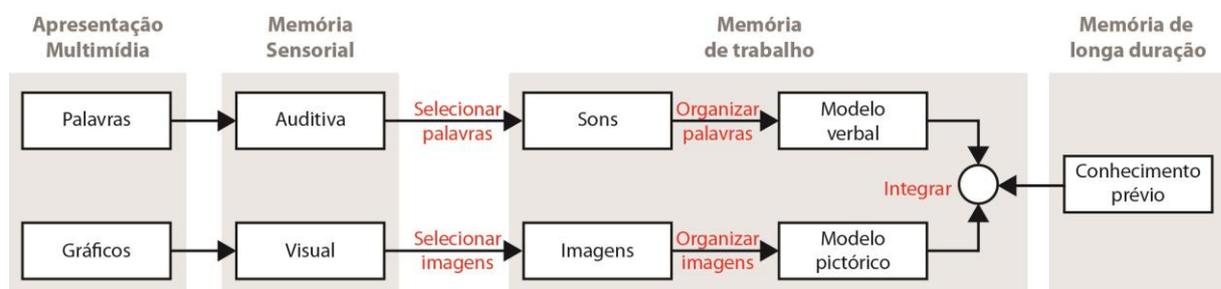
*Aprendizagem multimídia* significa aprender a partir de palavras e gráficos (MAYER, 2009). A aprendizagem multimídia pode ocorrer de diferentes formas: um aprendiz escuta uma palestra acompanhada por gráficos – aprendizagem multimídia baseada em palestra; o aprendiz lê um livro com gráficos – aprendizagem multimídia baseada em livro; o aprendiz lê um texto ilustrado da internet em uma tela de computador ou escuta um texto de um alto-falante acompanhado por gráficos – aprendizagem multimídia baseada na web (MAYER, 2001 apud SCHNOTZ, 2005).

Mayer (2009) apresenta três tipos de aprendizagem que se pode trabalhar e mensurar, a partir de testes cognitivos de retenção<sup>10</sup> e transferência<sup>11</sup>: i) sem aprendizado – medíocre em retenção e medíocre em transferência; ii) aprendizado mecânico – um conhecimento fragmentado, satisfatório em retenção e medíocre em transferência; iii) aprendizado significativo – um conhecimento integrado, satisfatório em retenção e satisfatório em transferência. A aprendizagem significativa é o foco das pesquisas da TAM, pois, dessa forma, os alunos podem não apenas recordar o que foi aprendido, mas também utilizar o aprendido para resolver problemas em novas situações.

Nesta teoria, assume-se que o ser humano tem dois sistemas de processamento de informações, sendo um para informações verbais e o outro para informações visuais. Esses dois canais de informação são qualitativamente diferentes, permitindo com que essas informações sejam complementares e possam levar à compreensão humana. De fato, é no processo de construção de conexões entre palavras e gráficos que o ser humano pode criar uma compreensão mais profunda do que seria ao utilizar-se somente palavras ou gráficos (MAYER, 2009).

O modelo da TAM apresenta os sistemas verbal e visual e os processos cognitivos envolvidos durante a aprendizagem. Esses sistemas sintetizam duas teorias distintas: a teoria da codificação dual de Paivio (1986; 2006 apud MAYER, 2009), que evidencia os códigos de representação do conhecimento – verbal ou pictórico; e o modelo de Baddeley (1999 apud MAYER, 2009), que enfoca na modalidade sensorial – visual ou auditória –, já que os seres humanos processam sons e imagens com diferenças qualitativas. A Figura 14 apresenta o modelo da TAM e, a seguir, explicam-se os processos cognitivos (MAYER, 2009).

Figura 14 - Modelo da teoria cognitiva da aprendizagem multimídia.



Fonte: adaptado de Mayer (2009).

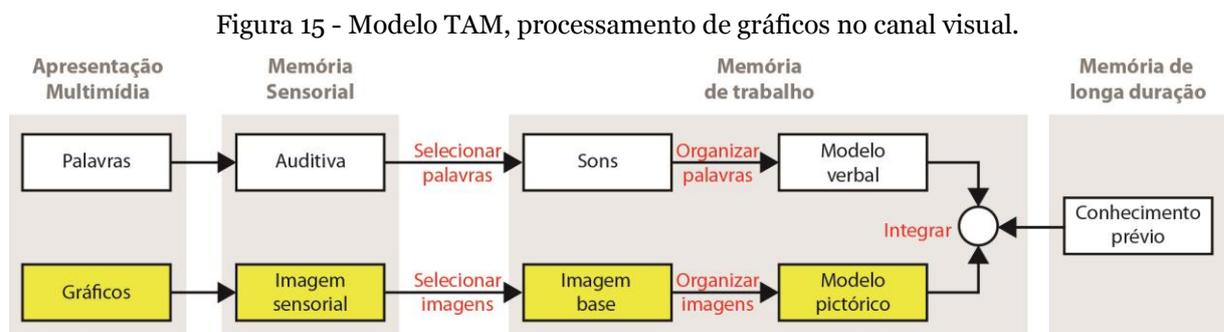
Para que a aprendizagem multimídia ocorra, cinco processos cognitivos (em vermelho na Figura 14) devem ocorrer: i) selecionar palavras relevantes para o processamento na memória de trabalho verbal; ii) selecionar imagens relevantes para o processamento na memória de

<sup>10</sup> Habilidade de reproduzir ou reconhecer o material apresentado (MAYER, 2009).

<sup>11</sup> Habilidade de utilizar o material apresentado em situações novas (MAYER, 2009).

trabalho visual; iii) organizar as palavras selecionadas em um modelo mental verbal; iv) organizar as imagens selecionadas em um modelo mental visual; e v) integrar as representações verbal e visual. Esses processos não ocorrem necessariamente de forma linear, inclusive, essas cinco etapas repetem-se inúmeras vezes em uma interação com um material instrucional. A aprendizagem efetiva exige que o aprendiz coordene e monitore esses cinco processos (MAYER, 2009).

Como esta pesquisa tem ênfase no aspecto gráfico, descreve-se, a seguir, o processamento de gráficos no canal visual: i) os gráficos são apresentados em um material instrucional; ii) estes passam rapidamente pela memória sensorial formando uma imagem sensorial; iii) a imagem sensorial é submetida ao processo de seleção de imagens, no qual são selecionadas ativamente as partes mais relevantes, formando uma imagem base; iv) esta imagem base passa pelo processo de organização de imagens, no qual é construída uma representação coerente e organizada da imagem base, formando um modelo pictórico; v) o modelo pictórico é submetido ao processo de integração com o modelo verbal (caso tenha sido formado) e partes relevantes do conhecimento prévio (MAYER, 2009). A Figura 15 destaca, em amarelo, o processamento descrito no canal visual.



Fonte: adaptado de Mayer (2009).

Mayer (2009) fornece um exemplo desse processamento de um gráfico em um material instrucional sobre a formação de raios: a fotografia apresentada atinge aos olhos do leitor que a mantém por um curto período, formando uma breve *imagem sensorial*; essa parte do processamento ocorre de forma inconsciente, diferentemente das seguintes, que exigem o processamento ativo do leitor; por meio da seleção ativa de partes dessa imagem sensorial, o leitor forma uma *imagem base* em sua memória de trabalho contendo partes da fotografia do raio; dessa imagem base, o leitor seleciona as partes mais relevantes e as organiza para formar um *modelo pictórico* coerente; por fim, é necessário para *integrar* esse modelo com outros conhecimentos – pode-se utilizar um conhecimento prévio sobre eletricidade para auxiliar a incluir cargas positivas e negativas na representação, ou então, caso tenha sido construído um modelo verbal, pode-se relacionar frases do texto com partes do gráfico.

O item a seguir trata dos objetivos de aprendizagem – um dos três elementos identificados no valor instrucional dos gráficos instrucionais e o principal norteador da atividade do designer instrucional.

### **2.2.3 OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM: HABILIDADES COGNITIVAS E CONTEÚDOS**

Os objetivos de aprendizagem <sup>12</sup> têm a função essencial de nortear qualquer desenvolvimento de projetos em design instrucional (CLARK; LYONS, 2011; FILATRO, 2008). Além disso, é fator determinante na escolha do tipo de gráfico usado para representar um conteúdo (CLARK; LYONS, 2011; PETTERSSON, 2013a), bem como, para verificar se um gráfico auxilia ou não na aprendizagem (CLARK; LYONS, 2011; SUNG; MAYER, 2012). Dessa forma, este item analisa a importância dos objetivos de aprendizagem no projeto instrucional, enfatizando o seu papel diante do projeto de GIE.

Os objetivos de aprendizagem descrevem um resultado de ensino que se pretende alcançar, exprimindo o que o aluno realizará ao dominá-los (FILATRO, 2008; MAGER, 1976). Do ponto de vista do planejamento instrucional, os mesmos servem para: determinar quais métodos e conteúdos serão empregados para o ensino; e permitir verificar se o objetivo foi alcançado ao fim da unidade de ensino (MAGER, 1976). Do ponto de vista do aluno, a comunicação dos objetivos serve para: focar sua atenção nos aspectos mais importantes dos objetivos; preparar as suas expectativas; e apresentar-lhes o nível de performance que irão trabalhar (DIRKSEN, 2012).

Via de regra, os objetivos de aprendizagem são expressos através de dois elementos: um verbo, indicando uma ação; e um conteúdo, que indica uma mudança de comportamento observável (FILATRO, 2008). O verbo está relacionado às habilidades cognitivas do usuário e o restante da frase, ao conteúdo instrucional (KRATHWOHL, 2002). Assim, a seguir apresentam-se visões sobre estes dois conceitos: habilidades cognitivas; e conteúdo instrucional.

As habilidades cognitivas referem-se às competências intelectuais que devem utilizadas pelos alunos durante os processos de ensino e aprendizagem, podendo variar em nível de complexidade: recordar e reconhecer (simples); executar e implementar (intermediárias); planejar e produzir (complexas). A taxonomia de Bloom, amplamente utilizada no design instrucional para classificar os objetivos de aprendizagem, é uma das formas de organizar essas habilidades a serem trabalhadas (FILATRO, 2008).

---

<sup>12</sup> Também conhecidos na literatura como objetivos educacionais e objetivos instrucionais.

Reigeluth e Moore (1999) apresentam o Quadro 8, onde classificam e comparam diferentes taxonomias relativas aos tipos de aprendizagem (habilidades cognitivas) do domínio cognitivo. Esses autores adicionam sua própria taxonomia a este quadro, na coluna da direita, como uma síntese das demais taxonomias. Segundo esses autores, cada categoria se utiliza de métodos instrucionais semelhantes, que delimitam e diferenciam essas categorias.

Quadro 8 – Taxonomias de aprendizagem cognitiva.

<b>Bloom (1956)</b>	<b>Gagné (1985)</b>	<b>Ausubel (1968)</b>	<b>Anderson (1983)</b>	<b>Merril (1983)</b>	<b>Reigeluth (1999)</b>
Conhecimento	Informação verbal	Aprendizagem mecânica	Conhecimento declarativo	Relembrar verbatim	Memorizar informação
Compreensão		Aprendizagem significativa		Relembrar parafraseado	Entender relacionamentos
Aplicação	Habilidade intelectual		Conhecimento procedural	Usar uma generalidade	Aplicar habilidades
Análise Síntese Avaliação	Estratégia cognitiva			Achar uma generalidade	Aplicar habilidades genéricas

Fonte: traduzido de Reigeluth (1999, p. 54).

A seguir, a taxonomia de *Reigeluth* é explicada, segundo Reigeluth e Moore (1999), em perspectiva com as demais taxonomias:

- **Memorizar informação:** é similar ao conhecimento de Bloom. É importante diferenciar entre esta categoria e a seguinte, já que para memorizar informações são utilizados métodos instrucionais diferentes, comparados aos métodos para entender relacionamentos;
- **Entender relacionamentos:** similar à compreensão de Bloom e à aprendizagem significativa de Ausubel, implica em aprender os relacionamentos entre os elementos do conhecimento. A construção destes relacionamentos organiza os elementos de conhecimento em estruturas de conhecimento, chamadas de esquemas;
- **Aplicar habilidades:** similar à aplicação de Bloom e ao conhecimento procedural de Anderson. Exige métodos instrucionais muito diferentes daqueles utilizados para memorizar a informação e entender relacionamentos. A aplicação de habilidades é comum em contextos de escola e de treinamento;
- **Aplicar habilidades genéricas:** inclui as habilidades de análise, síntese e avaliação de Bloom, bem como, as estratégias cognitivas de Gagné. Esta categoria diferencia-se das anteriores de forma que esta utiliza habilidades independentes de conteúdo (aplicáveis em diversas áreas) enquanto aquelas lidam com habilidades dependentes de conteúdo (ligadas a conhecimentos específicos de alguma área, e aplicável apenas nessa área). A distinção existente na taxonomia de Bloom entre as habilidades de

pensamento de alta ordem (análise, síntese, avaliação) foi eliminada, unificando essas categorias em uma só.

O segundo aspecto que compõem os objetivos de aprendizagem – tipo de conhecimento ou conteúdo instrucional – também pode ser organizado em taxonomias. O Quadro 9 apresenta as taxonomias de Krathwohl (2002) e Mayer (2009).

Quadro 9 – Taxonomias de conteúdos ou tipos de conhecimento.

<b>Krathwohl</b>	<b>Mayer</b>
Conhecimento factual	Fatos
Conhecimento conceitual	Conceitos
Conhecimento procedural	Procedimentos
Conhecimento metacognitivo	Estratégias
	Crenças

Fonte: adaptado de Krathwohl (2002) e Mayer (2009).

Como pode-se observar nesse quadro, as taxonomias apresentadas são praticamente iguais, a não ser pelo *conhecimento metacognitivo* de Krathwohl (2002) que foi subdividido em *estratégias* e *crenças* em Mayer (2009). Os tipos de conhecimentos são descritos a seguir, segundo Mayer (2009):

- **Fatos:** conhecimento sobre características de coisas ou eventos, como Porto Alegre é a capital do Rio Grande do Sul;
- **Conceitos:** conhecimento sobre categorias, princípios ou modelos, tal como conhecer o que é um cachorro ou como um sistema de polias funciona;
- **Procedimentos:** conhecimento sobre processos específicos passo-a-passo, tal como saber preencher uma planilha eletrônica;
- **Estratégias:** conhecimento sobre métodos gerais para orquestrar o próprio conhecimento a fim de atingir um objetivo, tal como saber como quebrar um problema em subcomponentes;
- **Crenças:** cognições sobre si próprio e sobre como funciona o próprio conhecimento, tal como a crença de que *eu não sou bom em matemática*.

A partir do que afirmam Mager (1976), Filatro (2008) e Reigeluth e Moore (1999), pode-se constatar que a primeira parte que compõe o objetivo instrucional – o verbo que indica uma habilidade cognitiva – está diretamente relacionada com os métodos instrucionais utilizados para atingir o resultado de ensino esperado. Já a segunda parte – o substantivo indicando o conteúdo a ser trabalhado – está relacionada aos conteúdos que irão ser trabalhados e, portanto, representado por gráficos e textos. Logo, é mais importante para esta pesquisa enfatizar nos conteúdos que serão representados.

Clark e Lyons (2011) e Clark e Mayer (2008), que enfatizam na apresentação dos materiais instrucionais, referem-se às habilidades cognitivas de *curta-transferência* e de *longa-transferência*. Essas habilidades estão relacionadas às categorias *aplicação das habilidades* e *aplicação de habilidades genéricas*, respectivamente, na taxonomia de Reigeluth e Moore (1999). Visto que o foco destes autores é na representação do conteúdo, Clark e Lyons (2011) e Clark e Mayer (2008) também estabelecem relações entre essas habilidades e tipos de conteúdo: as habilidades de curta-transferência implicam em uma replicação do conhecimento aprendido sem maiores adaptações para a sua execução em um contexto real de aplicação – gerando como tipo de conteúdo *procedimentos*; as habilidades de longa-transferência implicam em aplicar o conhecimento aprendido em situações inéditas que exigem a resolução de problemas e julgamentos situacionais – gerando como tipo e conteúdo *princípios*.

As taxonomias de conteúdos de Clark e Mayer (2008) e Clark e Lyons (2011), enfocadas na representação de conteúdos, são apresentadas no Quadro 10.

Quadro 10 – Taxonomia de conteúdos visando sua representação.

<b>Clark e Lyons</b>	<b>Clark e Mayer</b>
Fato	Fato
Conceito	Conceito
Processo	Processo
Procedimento	Procedimento
Princípios ou leis	Princípios estratégicos

Fonte: adaptado de Clark e Mayer (2008) e Clark e Lyons (2011).

As duas taxonomias apresentadas nesse quadro são praticamente iguais – a não ser pelo nome da última categoria, que é diferente, porém trata do mesmo tipo de conteúdo. Também nota-se que essas taxonomias são similares à taxonomia de Mayer (2009) (Quadro 9). Uma diferença observável entre aquelas e esta é que aquelas possuem mais um tipo de conteúdo – *processo*. Para Mayer (2009), esse tipo de conteúdo faz parte da categoria *conceitos* e, por outro, Clark e Mayer (2008) e Clark e Lyons (2011) entendem que os *processos* necessitam de formas diferenciadas de representação e, por isso, recebem uma categoria particular – separando-se dos *conceitos*. Além disso, observa-se que em Mayer (2009) o conteúdo *estratégias* transformou-se em *princípios estratégicos* (CLARK; MAYER, 2008) ou *princípios ou leis* (CLARK; LYONS, 2011).

Portanto, essas taxonomias apresentadas – de habilidades cognitivas ou tipos de aprendizagem, e de conhecimentos ou tipos de conteúdo – servem como ferramenta auxiliar ao designer instrucional para determinar os objetivos de aprendizagem e por, consequência, os métodos e conteúdos que serão trabalhados no projeto instrucional. Em especial, as taxonomias de conteúdo de Clark e Lyons (2011) e Clark e Mayer (2008) podem ser utilizadas no projeto e na verificação dos GIE.

O item seguinte apresenta o modelo de planejamento de gráficos instrucionais de Clark e Lyons (2011), colocando em perspectiva com as compreensões sobre os objetivos de aprendizagem apresentadas neste item.

#### **2.2.4 MODELO DE PLANEJAMENTO VISUAL PARA MATERIAIS INSTRUCIONAIS**

Este item apresenta o modelo de design instrucional que orienta a concepção de materiais instrucionais com ênfase no aspecto visual desses materiais. Para compreender como é realizado o projeto de gráficos instrucionais, também são apresentados em subitens as três funções gráficas.

O *modelo de design visual para planejar gráficos sistematicamente*<sup>13</sup> foi concebido por Clark e Lyons (2011) e publicado em seu livro *gráficos pra o aprendizado – diretrizes comprovadas para planejar, projetar e avaliar gráficos em materiais instrucionais*<sup>14</sup> com o propósito de auxiliar designers instrucionais na seleção de gráficos para materiais instrucionais. Como o próprio título do livro denota, essa seleção se dá por meio de diretrizes. Para isso, as autoras sistematizaram: o processo de seleção de gráficos, criando parâmetros de seleção e estabelecendo relações entre gráficos e conteúdos; e um modelo de projeto de materiais instrucionais, que engloba esse processo de seleção. Nesta pesquisa esse modelo também é reconhecido como Modelo de Planejamento Visual para Materiais Instrucionais (MPVMI).

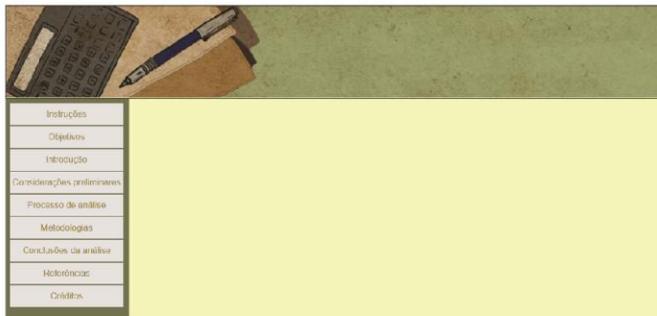
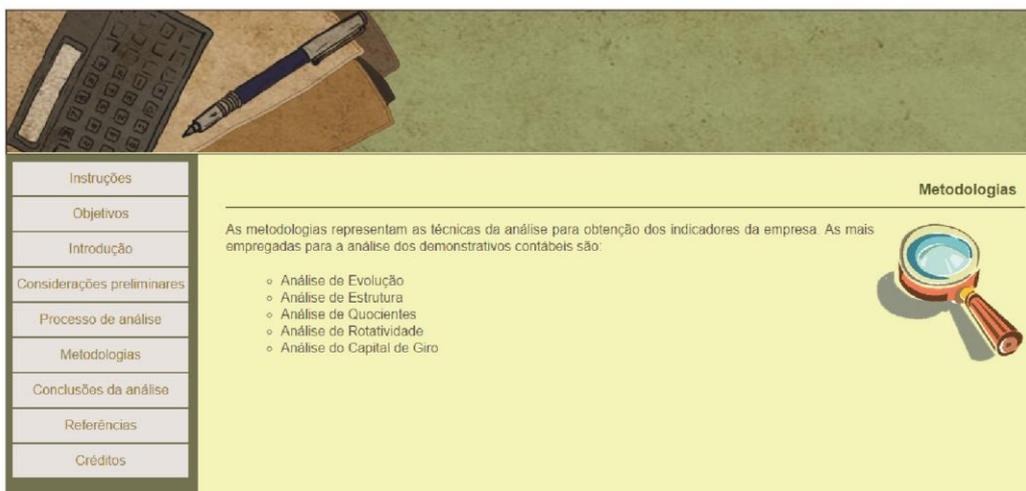
Este modelo também aborda o projeto de aspectos de *interface* e *leiaute*: a interface apoiando a navegação do usuário, bem como, fornecendo o espaço reservado para gráficos e textos; e o leiaute organizando os gráficos e textos na tela ou página de texto. Porém, esses aspectos são pouco desenvolvidos por Clark e Lyons (2011) – que focalizam nos gráficos – e servem como meios complementares para viabilizar a implementação dos gráficos instrucionais. Pela presença da interface neste modelo de projeto, percebe-se a ênfase em materiais instrucionais digitais. No caso do desenvolvimento de materiais instrucionais impressos, consideram-se somente os gráficos e layout. A Figura 16 apresenta os gráficos, interface e leiaute de um objeto de aprendizagem sobre análise contábil.

---

<sup>13</sup>Visual design model for planning graphics systematically (CLARK; LYONS, 2011, p. 29, tradução minha).

<sup>14</sup> Tradução minha para o título do livro – *Graphics for learning: proven guidelines for planning, designing, and evaluating visual in training materials.*

Figura 16 – 3 facetas gráficas.

**Interface gráfica****Gráfico****Layout**

Fonte: Adaptado de Vendruscolo (2015).

O MPVMI divide-se em cinco etapas: 1) defina os objetivos instrucionais; 2) determine o contexto; 3) design da abordagem visual; 4) identifique a função comunicacional necessária para combinar com os tipos de conteúdo; 5) Aplique princípios de eventos instrucionais psicológicos.

1. **Defina os objetivos instrucionais:** a primeira coisa importante a se realizar no projeto de design instrucional é a determinação dos objetivos instrucionais. Pois, estes irão direcionar a abordagem instrucional selecionada para resolver o problema de aprendizagem. Os objetivos têm relação direta com os tipos de conteúdo que constarão no material instrucional e com as habilidades que serão desenvolvidas com o uso deste.
2. **Determine o contexto:** o contexto refere-se ao ambiente físico e tecnológico do material a ser projetado, aos usuários e às restrições do projeto. O objetivo desta etapa é garantir ao usuário condições adequadas para o uso do material instrucional. Questiona-se: quem são os aprendizes? Como é o ambiente de

aprendizagem? Qual é o meio de exibição do material (livro, computador, *tablet*)? Quais são as restrições e requisitos do projeto?

3. **Projeto da abordagem visual:** depois de definidos os objetivos e o contexto do projeto, é possível desenvolver a Interface Gráfica (GUI) do material. A interface determina a aparência geral do material instrucional e é desenvolvida considerando todos os elementos analisados nas etapas anteriores. Para isso, é realizado um levantamento dos requisitos básicos de projeto em relação aos gráficos – cores, resolução, orientação e tamanho mínimo. Após, define-se o conceito da interface, considerando o impacto pretendido no público-alvo. Vale considerar que a aparência geral da interface influi na credibilidade do material instrucional frente ao público-alvo.
4. **Identifique a função comunicacional dos gráficos para combinar com os tipos de conteúdo:** nesta etapa, ocorre a seleção dos gráficos que serão selecionados para ilustrar os pontos fundamentais do conteúdo instrucional. A partir da identificação dos tipos de conteúdo como fato, conceito, processo, procedimento ou princípio, os gráficos instrucionais podem ser selecionados segundo as *diretrizes de representação de conteúdo*. Cada tipo de conteúdo possui cerca de cinco diretrizes de representação que indicam, por meio da superfície e função comunicacional, os gráficos mais adequados para representá-lo. Para verificar esta etapa, prever melhorias e realizar as revisões necessárias, podem ser realizados testes com usuários utilizando protótipos.
5. **Aplice diretrizes de eventos instrucionais para decisões de projeto visual:** esta etapa focaliza no leiaute das páginas ou telas e na finalização dos gráficos. Trabalhar com o leiaute do material significa utilizar técnicas de design gráfico para realizar a composição de gráficos, interface e textos de forma a direcionar o aprendizado dos alunos: usam-se gráficos para sinalizar elementos importantes do texto; espaços em branco para proporcionar ênfase; agrupamentos para mostrar relações, etc. Além disso, os gráficos especificados na etapa anterior são finalizados visando facilitar os processos de aprendizagem os alunos (e.g., adicionando setas para direcionar a atenção para partes relevantes do gráfico, e melhorando o contraste para melhorar a legibilidade). Para realizar essas operações, é levado em consideração outro conjunto de diretrizes, denominado *diretrizes para apoiar os eventos instrucionais*. Essas diretrizes, também estão divididas em grupos de aproximadamente cinco para cada categoria e servem para apoiar os seguintes eventos instrucionais: apoiar a atenção; apoiar a motivação; apoiar a transferência de aprendizagem; construir modelos mentais; minimizar a

carga cognitiva; ativar o conhecimento prévio; e potencializar as diferenças interindividuais.

Em suma, as primeiras duas etapas trabalham com a definição da situação instrucional – tipo de aprendizagem, usuário, ambiente e restrições projetuais – e as três etapas posteriores trabalham com o projeto de interface, gráficos e leiaute, respectivamente. Mesmo no caso do projeto de materiais instrucionais impressos não é necessário descartar a terceira etapa, somente reconsiderá-la – pode-se aproveitar as questões de requisitos gráficos básicos e de conceito geral do material, os quais influenciarão no tom da mensagem.

O Anexo A apresenta as *diretrizes de representação de conteúdo*, utilizadas na quarta etapa do MPVMI, bem como, as *diretrizes de eventos instrucionais*, utilizadas na quinta etapa. Nesse anexo, ambos os conjuntos de diretrizes são explicados e exemplificados através de gráficos.

## 2.2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O TÓPICO

Este tópico, que abrangeu os itens 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3 e 2.2.4, está relacionado ao segundo objetivo específico desta pesquisa, no qual buscou-se identificar os conhecimentos do design instrucional que podem auxiliar no projeto de GIE. Assim, buscou-se a compreensão do funcionamento do design instrucional e, enfocando no projeto de GIE, o levantamento dos principais conhecimentos que influenciam em projetos instrucionais.

Reigeluth (1999) e Filatro (2008) declaram que o objetivo do design instrucional é auxiliar no desenvolvimento e na aprendizagem de usuários. Isso ocorre através da aplicação de métodos instrucionais adequados a situações instrucionais específicas (REIGELUTH, 1999). Portanto, identificaram-se algumas variáveis que compõem a situação instrucional tratada nesta pesquisa – aprendizagem de conteúdos a partir de gráficos estáticos em materiais instrucionais – que indicaram método instrucional e teoria instrucional adequados.

O método instrucional que se reflete nesta pesquisa é o que considera a interação do usuário com o material instrucional como principal fonte de aprendizagem, denominando-se *controle independente / do aprendiz* (ver item 2.2.1). A teoria selecionada para embasar o desenvolvimento da pesquisa é a TAM de Mayer (2009). Essa teoria trata da aprendizagem multimídia – a partir de gráficos e palavras – e, segundo o seu autor, é ideal para o desenvolvimento de apresentações instrucionais multimídia – apresentação envolvendo palavras e gráficos com o intuito de promover a aprendizagem. A aprendizagem multimídia se dá partir de dois sistemas – visual e verbal – sobre os quais as informações, na forma de gráficos e palavras, passam pelos processos cognitivos de:

- Seleção: das porções mais relevantes de gráficos e textos;

- Organização: em modelos mentais verbais e visuais coerentes; e
- Integração: dos modelos mentais verbal e visual em um modelo mental integrado.

Com base nessa teoria e método instrucional identificados, é possível planejar a intervenção instrucional. Um conhecimento necessário para qualquer intervenção e de grande importância ao valor instrucional de um gráfico é o conceito de objetivos de aprendizagem (CLARK; LYONS, 2011). Os mesmos são constituídos de elementos que indicam habilidades cognitivas e conteúdos a serem trabalhados nos alunos (KRATHWOHL, 2002). Desses elementos, o mais importante para o valor instrucional dos gráficos é o conteúdo, pelo qual podem ser estabelecidas relações diretas com os gráficos instrucionais. Assim, a taxonomia de conteúdos de Clark e Lyons (2011), apresentada no Quadro 10 (ver item 2.2.3), é uma ferramenta importante no projeto de GIE.

Como modelo de desenvolvimento de design instrucional, evidenciou-se o MPVMI – um modelo adequado para o planejamento visual de materiais instrucionais, considerando interface, leiaute e gráficos instrucionais. Esta pesquisa tem foco no último aspecto, sendo que esse modelo fornece uma orientação específica para o planejamento de gráficos instrucionais por meio das diretrizes de representação de conteúdos. No caso da concepção de gráficos instrucionais, o projetista de gráficos está subordinado, respectivamente: ao designer gráfico (que elabora o leiaute de gráficos e textos); ao diretor de arte, que supervisiona a qualidade do material instrucional e contrata os profissionais; e ao designer instrucional, que coordena todo o projeto instrucional. O número de profissionais, bem como as funções dos envolvidos nessa equipe pode variar de acordo com a natureza e tamanho do projeto (CLARK; LYONS, 2011).

Este tópico apresentou o design instrucional, compreendendo seu funcionamento e identificando os principais conhecimentos envolvidos no projeto de GIE. No tópico a seguir, aprofundam-se os conceitos relevantes a esta pesquisa pertinentes ao design visual: elementos de formação de gráficos; e interação com gráficos a partir do material instrucional.

## **2.3 DESIGN VISUAL**

Este tópico busca por contribuições do design visual para o projeto de GIE. Nesta pesquisa, o design visual é visto como um campo disciplinar que compreende o design gráfico e o design da informação. Partindo das propriedades identificadas nos gráficos instrucionais (forma, conteúdo e interação) e dos elementos de design instrucional que influenciam no projeto dos mesmos (projeto de materiais instrucionais, TAM, participação na equipe de projeto) este tópico traz conhecimentos relacionados do design visual que contribuem para o projeto de GIE.

### 2.3.1 DESIGN GRÁFICO E DESIGN DE INFORMAÇÃO

Este item apresenta as disciplinas que compõem o design visual e a forma em que as mesmas podem auxiliar no projeto de GIE. Optou-se por esta abordagem abrangente a fim de obter um número maior de orientações de design visual para o desenvolvimento da pesquisa. A apresentação dessas disciplinas permite verificar de que forma cada uma pode contribuir para o projeto de GIE, e enfatizar na disciplina mais eficaz considerando o problema de pesquisa.

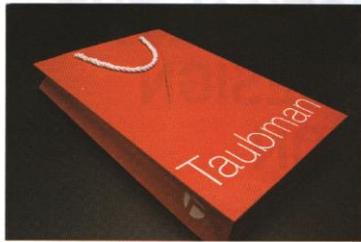
O design gráfico está associado à resolução de problemas de comunicação (FRASCARA, 2004; FUENTES, 2006; NEWARK, 2009) e utiliza a combinação de gráficos e palavras para transmitir mensagens (HOLLIS, 2000; NEWARK, 2009). Para Hollis (2000), o design gráfico é a atividade de criar ou selecionar representações gráficas (incluindo sinais e símbolos) combinando-as em uma superfície para transmitir uma ideia. O design gráfico é um tipo de design abrangente que serve a diversos propósitos, quando comparado com outras áreas mais específicas como o design persuasivo, o design instrucional e o design de informação. O principal objetivo de design gráfico é fornecer uma estrutura funcional, estética e organizada para todos os tipos de sistemas de informação (PETTERSSON, 2002).

O design gráfico cobre três funções principais: *i) identificar*, explicitando o que é alguma coisa, ou sua origem (e.g., logotipos de empresas, rótulos de embalagens, placas de hotel); *ii) informar ou instruir*, reconhecida por meio do âmbito profissional do design da informação, indicando a relação entre objetos quanto a direção, posição e escala (e.g., mapas, diagramas e sinais de direção); *iii) apresentar e promover*, buscando captar a atenção e tornar a mensagem memorável (e.g., pôsteres e anúncios publicitários) (HOLLIS, 2000). A Figura 17 exemplifica estas funções a partir de três gráficos distintos.

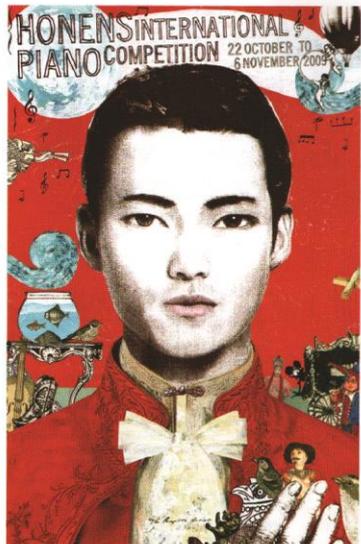
As duas atividades principais do designer gráfico são: *fazer sentido*, dando forma à matéria-prima, por meio do sequenciamento, organização e classificação; e *criar diferença*, através do reconhecimento do produto, empresa ou evento, que deve ser escolhido pelo usuário e diferenciado dentre diversos outros. O design gráfico é constantemente confundido com a publicidade e suas barreiras não são claramente definidas, já que ambos utilizam logotipos, criam impressos e sites, e utilizam textos e gráficos (NEWARK, 2009).

Devido à associação do design gráfico com a publicidade e da necessidade de criar diferenciação dos produtos concorrentes, infere-se que o design gráfico possui elementos desnecessários ao projeto de GIE e que podem, inclusive, contribuir para a criação de gráficos sedutivos (prejudiciais à aprendizagem), no caso da utilização de recursos persuasivos para chamar a atenção do aluno. Além disso, Newark (2009) e Hollis (2000) sugerem que quando o propósito é informar ou instruir, onde a ênfase recai sobre a funcionalidade da peça gráfica, o design da informação é mais especializado para a solução de problemas.

Figura 17 – Três funções do design gráfico.



**i) Identificação**  
Embalagem para loja de varejo norte-americana.



**iii) Apresentação e promoção**  
Cartaz para uma competição internacional de piano.

**New York State Voter Registration Form**

**Register to vote**  
With this form, you register to vote in elections in New York State. You also use the form to:

- change the name or address on your voter registration;
- become a member of a qualified party;
- change your party membership.

**To register you must:**

- be a U.S. citizen;
- be 18 years old by the end of this year;
- not be in prison or on parole for a felony conviction;
- not claim the right to vote elsewhere.

**Send or deliver this form**  
Fill out the form below and send it to your county's address on the back of this form, or take this form to the Board of Elections in your County.

Mail or deliver the form at least **25 days before** the election you want to vote in. Your county will notify you if you are registered to vote.

**Questions?**  
Call your County Board of Elections based on the back of this form at 1-800-FOR VOTE (3-6378) TDD/711. Visit answers on back or our website [www.nycvotes.org](http://www.nycvotes.org).

**Verifying your identity**  
We try to check your identity before Election Day through the DMV member driver's license number or your driver ID number, or at least four digits of your social security number which must fit in below.

If you do not have a DMV or social security number, you may use a valid Photo ID, a current utility bill, bank statement, pay stub, government check or some other government document that shows your name and address. You may include a copy of one of these types of ID with this form – we have space for the name of the item shown.

If we are unable to verify your identity before Election Day, you will be asked for ID when you vote for the first time.

**Qualifications**

- Are you a citizen of the U.S.?  Yes  No  
If you answer No, you cannot register to vote.
- Will you be 18 years of age or older on or before election day?  Yes  No  
If you answer No, you cannot register to vote unless you will be 18 by the end of the year.

**Your name**

3 Last name  Suffix   
First name  Middle Initial

**More information**

4 Birth date  5 Sex  M  F  
6 Telephone (optional)

**The address where you live**

7 Address not P.O. Box  
Apt. Number  Zip code   
City/Town/Village   
New York State County

**The address where you receive mail**  
Skip if same as above

8 Address or P.O. Box   
9 P.O. Box  Zip code   
City/Town/Village

**Voting history**

10 Have you voted before?  Yes  No 10 What year?

**Voting information that has changed**  
Skip if this has not changed or you have not voted before

11 Your name was   
Your address was   
Your previous state or New York State County was

**Identification**  
You must make 1 selection

12  New York State DMV number  
 Last four digits of your Social Security number (X X X X)  
 I do not have a New York State driver's license or a Social Security number.

**Political party**  
You must make 1 selection

13  Democratic party  
 Republican party  
 Independent party  
 Conservative party  
 Working Families party  
 Other   
 I do not wish to enroll in a party

**Optional questions**

14  I need to apply for an Absentee Ballot (optional).  
 I would like to be an Election Day worker (optional).

**Affidavit: I swear or affirm that**

15 I am a citizen of the United States.  
I have been in the county, city or village for at least 25 days before the election.  
I meet all requirements to register to vote in New York State.  
This is my signature or mark in the box below.  
The above information is true, correct and true. If it is not true, I can be convicted and fined up to \$5,000 and/or jailed for up to four years.

Sign   
Date

**ii) Informação e instrução**  
Formulário de registro para voto em Nova York

Fonte: adaptado de Landa (2014).

O design da informação compreende a análise, o planejamento, a apresentação e o entendimento da mensagem, considerando conteúdo, linguagem e forma. Uma informação bem projetada deve satisfazer requisitos estéticos, econômicos, ergonômicos e de conteúdo. O seu objetivo é em direção à clareza da comunicação e, só é alcançado, quando os usuários do sistema informativo entendem a mensagem pretendida pelo seu criador (PETTERSSON, 2002).

As seguintes áreas evoluíram de um foco no ensino e foco no material para um foco no aprendiz: instrução audiovisual; tecnologia educacional; tecnologia instrucional; design instrucional e tecnologia da instrução; e design da mensagem instrucional. Todas essas disciplinas tratam de orientar designers profissionais no planejamento e produção de cursos, aulas e materiais visando o aprendizado. Essas áreas possuem essencialmente o mesmo objetivo e estão diretamente relacionadas com o design da informação (PETTERSSON, 2002).

Segundo Horn (2000), o design da informação é a arte e a ciência de preparar a informação para que seja utilizada por seres humanos com eficácia e eficiência. Seus principais objetivos são:

- desenvolver documentos compreensíveis, que possam ser recuperados rapidamente e precisamente, e que sejam transformados facilmente em ações efetivas;
- planejar interações com equipamentos que sejam fáceis, naturais e da forma mais agradável possível;
- proporcionar às pessoas orientação em espaços tridimensionais e virtuais com conforto e facilidade.

Segundo Horn (2000), o que diferencia o design da informação e o design gráfico é a eficácia e eficiência no cumprimento do objetivo comunicacional. Nesse sentido, Pettersson (2002) aponta que a mensagem comunicacional pode servir a diversos propósitos, especificamente aos: objetivos de design gráfico; objetivos de design para a massa; objetivos de design para a persuasão; objetivos de design da informação; e objetivos de design instrucional. Cada um destes objetivos, deriva materiais informacionais com mensagens de diferentes natureza e ações pretendidas.

Observam-se semelhanças nos modelos de desenvolvimento de design instrucional (CLARK; LYONS, 2011; FILATRO, 2008) e de design da informação (PETTERSSON, 2002), pois, no caso do desenvolvimento de materiais instrucionais, ambos partem dos objetivos de aprendizagem. Cadena e Coutinho (2012) estudaram aproximações entre essas duas disciplinas e verificaram que estas se assemelham nos métodos de prática e de pesquisa utilizados. Segundo essas autoras, as duas áreas podem interagir da seguinte forma: o design instrucional utiliza conhecimentos produzidos pelo design da informação que, por sua vez, apropria-se das estratégias instrucionais do design instrucional.

A partir da exposição elaborada neste item, constata-se que o design da informação é a disciplina mais adequada para o projeto de GIE. Isso deve-se principalmente ao caráter essencialmente funcional desta disciplina, verificada pela busca da eficácia e eficiência na comunicação da mensagem (HOLLIS, 2000; HORN, 2000; NEWARK, 2009; PETTERSSON, 2002). Sendo assim, essa disciplina figura como a principal fonte de conhecimentos para o projeto de GIE, contribuindo com a metodologia de projeto utilizada nesta pesquisa e com a maior parte das orientações de design visual.

### 2.3.2 A INTERAÇÃO ENTRE USUÁRIO E MATERIAL INSTRUCIONAL

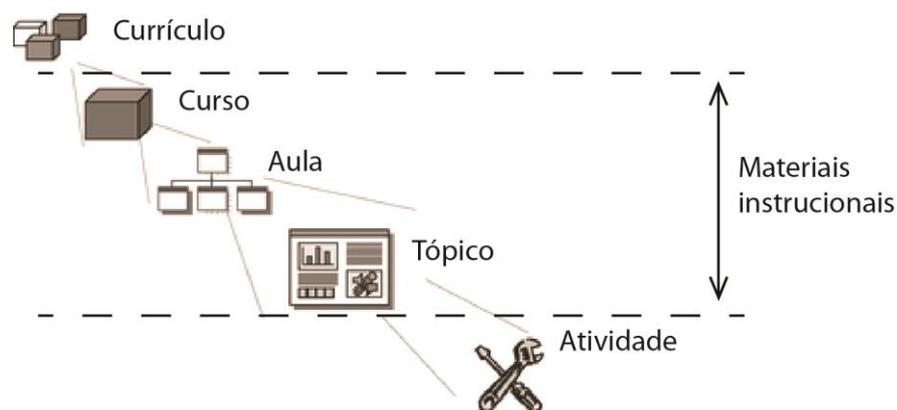
Este item aborda o material instrucional como suporte da mensagem, visando melhorar a compreensão sobre a interação entre usuário e gráficos. Essa questão já foi abordada no item 2.2.2, no qual tratou-se sobre a aprendizagem com gráficos a partir da teoria TAM de Mayer (2009). Porém a visão desse autor não aborda questões projetuais pertinentes a esta pesquisa (e.g., relações entre os textos e gráficos de uma página). Portanto, os materiais instrucionais são explicados quanto ao seu propósito e principais características para, posteriormente, abordar questões projetuais de leiaute, relações entre textos e gráficos, e interação com o usuário a partir das páginas do material instrucional.

#### 2.3.2.1 Material instrucional como produto instrucional

O material instrucional é um produto responsável pela mediação entre conteúdo e alunos, com o propósito de auxiliá-los na aprendizagem (RAMOS, 2009). A elaboração de materiais instrucionais se dá por meio da criação de sentidos e significados, utilizando a linguagem e considerando o contexto histórico-cultural (DAMIANOVIC, 2007 apud RAMOS, 2009). Considerando o seu propósito e os elementos envolvidos na sua elaboração, esses materiais podem ser desenvolvidos utilizando processos projetuais de design instrucional (e.g., ADDIE e MPVMI) e design de informação (e.g., modelo de design de mensagens).

A noção do escopo de utilização do material instrucional no sistema de educação formal pode ser obtida através do esquema de *e-learning* apresentado por Horton (2006). Este esquema abrange todas as unidades de aprendizagem na seguinte ordem: o currículo do curso; o curso; as aulas; o tópico; e as atividades (Figura 18).

Figura 18 - Unidades de aprendizagem curriculares.



Fonte: adaptado de Horton (2006).

O currículo é composto de cursos que levam à obtenção de um grau ou certificado em determinada área. Os currículos são tipicamente compostos por cursos ou disciplinas, que ensinam um conteúdo abrangente, porém específico dentro de uma área do conhecimento. As disciplinas são compostas de componentes menores chamados aulas, sendo cada aula organizada para cumprir um dos objetivos mais amplos do curso ou objetivos relacionados. Os tópicos individuais servem para atingir um simples objetivo de aprendizagem. Por último, as atividades de aprendizagem servem para proporcionar uma experiência de aprendizagem. Apesar de ser eficaz em pontuar questões específicas, dificilmente uma atividade é o suficiente para atingir um objetivo de aprendizagem (HORTON, 2006).

A partir do esquema apresentado observa-se que, dependendo do nível de abrangência ou aprofundamento do conteúdo contido no material instrucional, este pode servir para cobrir um curso ou disciplina inteira (com um livro didático), uma aula (com uma apresentação digital) ou um tópico (com uma apresentação digital ou um material retirado da internet).

Para Bandeira (2009) os materiais podem ser divididos em: materiais impressos; materiais audiovisuais; e materiais que utilizam tecnologias atuais. Mayer (2009) classifica-os quanto ao seu suporte ou mídia de exibição e à interação dos usuários com os textos e gráficos:

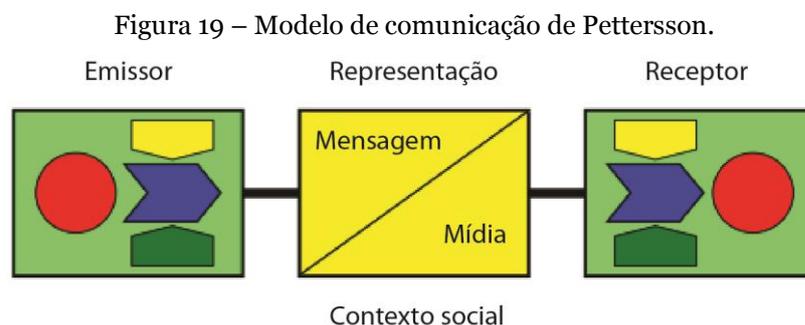
- *material baseado em computador*: o usuário lê o texto na tela e/ou escuta o texto narrado pelos alto-falantes, e vê os gráficos estáticos ou animações na tela;
- *material baseado em palestras*: o usuário escuta ao texto falado pelo apresentador e vê aos gráficos ou vídeos no projetor;
- *material baseado em papel*: o usuário lê ao texto impresso e vê os gráficos impressos no papel.

Considerando os materiais instrucionais citados em Mayer (2009) e, sabendo que cada tipo de material implica em relações e interações diferenciadas com os usuários e, conseqüentemente, requisitos de projeto específicos, o tipo mais adequado ao propósito desta pesquisa são os materiais baseados em papel (ou impressos), já que estes suportam somente gráficos e textos estáticos que podem ser desenvolvidos segundo métodos de projeto visual. Exemplos de materiais impressos são: os textos base; textos de apoio; textos escritos; textos de jornal (POSSARI; NEDER, 2009); enciclopédias ilustradas; dicionários ilustrados; infográficos pedagógicos; anotações ilustradas; e livros didáticos (MAYER, 2009); cadernos de atividades; guia do aluno; guia do professor; livro-texto; livro paradidático; pranchas ilustrativas; e mapas (BANDEIRA, 2009).

### 2.3.2.2 Material instrucional como representação

Para Belloni (2009) os materiais instrucionais são meios de comunicação, utilizados como ferramentas instrucionais, responsáveis pela mediação entre o conteúdo e o aluno. Portanto, a interação entre aluno e conteúdo pode ser compreendida a partir de um modelo de comunicação. A teoria da comunicação é utilizada amplamente no design visual, pois apoia processos relevantes à codificação, interação e decodificação da mensagem (FRASCARA, 2004; MEGGS, 1992; MUNARI, 2006; PETTERSSON, 2013b). Dessa forma, essa teoria complementa o modelo de aprendizagem da TAM, apresentado no item 2.2.2.

O modelo de Pettersson (2013b), apresentado na Figura 19, considera produtor e receptor da mensagem como partes ativas no processo comunicacional e a representação da mensagem – o material instrucional – como a interface entre a mensagem pretendida pelo emissor e a mensagem interpretada pelo receptor. Segundo esse autor, este modelo é adequado para analisar a situação comunicacional com vistas a obter uma compreensão que auxilie na produção e apresentação de materiais instrucionais, podendo ser descrito da seguinte forma: diversas atividades estão presentes no processo comunicacional, no qual uma mensagem pretendida (círculo esquerdo) é comunicada do emissor ao receptor, e é recebida como uma mensagem internalizada (círculo direito); esses processos (setas) são guiados por princípios (pentágonos superiores), executados com o auxílio de ferramentas (pentágonos inferiores) e influenciados pelo contexto social.

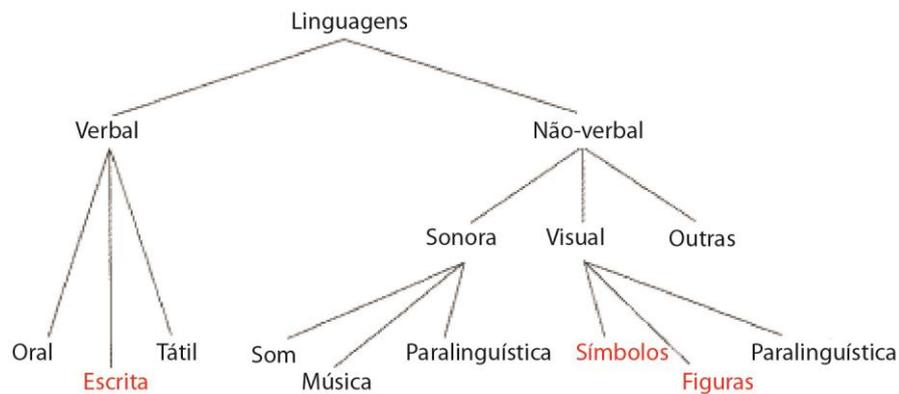


Fonte: traduzido de Pettersson (2013b, p. 42).

Considerando os materiais instrucionais impressos em contexto com o modelo apresentado na Figura 19: o *emissor* é reconhecido como o designer (ou equipe de design) do material instrucional; o *receptor* é o aluno que estuda o material; a *mensagem* é o conteúdo instrucional na forma de gráficos e textos e, a *mídia*, o suporte utilizado para apresentação do conteúdo – o papel; a *representação* (conjunto de mensagem e mídia) é entendida como o material instrucional; e, por fim, o *contexto social* é o ambiente externo e social no qual ocorre a interação entre aluno e material instrucional.

Visto que a formação do material se dá através da linguagem (DAMIANOVIC, 2007 apud RAMOS, 2009), apresenta-se o modelo de linguagem de Pettersson (2002), que considera as formas de representação (sons, figuras, textos) e os suportes de apresentação da mensagem: a *linguagem verbal* divide-se em oral, escrita e tátil; a *linguagem sonora* divide-se em efeitos sonoros, música e sons paralinguísticos; a linguagem visual divide-se em símbolos, figuras e expressões paralinguísticas visuais. As demais linguagens são baseadas no cheiro (olfativa), gosto (degustativa), toque (tátil), baseadas nos sentidos humanos (Figura 20).

Figura 20 - Modelo de linguagem.



Fonte: adaptado de Pettersson (2002, p. 65).

Destacam-se em vermelho, na Figura 20, as formas de representação relevantes a esta pesquisa, já que são àquelas que podem ser utilizadas nos GIE.

### 2.3.2.3 Leiaute das páginas

A interação do usuário com os GIE não se dá de forma exclusiva, pois esses gráficos estão contidos nas páginas dos materiais acompanhados de textos, títulos, subtítulos, tabelas, legendas e outros gráficos. Essas páginas são organizadas segundo o projeto do leiaute – organização visual desses elementos gráficos. Portanto, o leiaute é um elemento importante a ser considerado no projeto de materiais instrucionais e de gráficos instrucionais (PETTERSSON, 2013c).

Nesse sentido, são considerados os três principais elementos do processo comunicacional: designer; representação; e usuário. O designer gráfico organiza o material agregando inteligibilidade às palavras e gráficos. Assim, auxilia o leitor a entender o que está vendo (NEWARK, 2009). Cada forma evoca uma resposta com propósitos cognitivos ou propósitos emocionais. Isso denota a importância de organizar os processos perceptuais, emocionais e cognitivos a serem seguidos pelos usuários. A organização visual da mensagem deve ser

adequada ao seu conteúdo e deve estabelecer relações claras de importância, inclusão, conexão e dependência. Dessa forma, guiando a sequência da percepção da mensagem e auxiliando o usuário na construção do significado (FRASCARA, 2004).

Podem ser reconhecidos dois processos distintos na percepção do usuário: a busca pelo significado; e a construção do significado, baseada na organização do estímulo. Perceber envolve um processo ativo de procurar, selecionar, relacionar, organizar, estabelecer conexões, lembrar, identificar, definir hierarquias, julgar, aprender e interpretar. Quanto mais adequada ao público estiver a organização do material, mais eficaz será sua interpretação (FRASCARA, 2004).

Considerando o primeiro processo perceptivo – a busca pelo significado –, o tipo de integração entre textos e gráficos, bem como, seu estilo influencia na percepção da mensagem. Pois, de acordo com Pettersson (2013a), ao receber uma mensagem multimídia, forma-se, rapidamente, um pré-entendimento mental que influencia na percepção da mensagem: ao ver gráficos em um material impresso, realiza-se um pré-entendimento rápido do estilo e tipo do gráfico, do texto, e da página completa. Após a formação desse pré-entendimento, o leitor pode decidir ler ou não os textos e gráficos contidos no material. Se decidir ler, será possível criar um entendimento dos conteúdos verbais e visuais.

Por exemplo, ao ver um gráfico realista, espera-se encontrar uma história real informativa; ao ver um *cartoon*, espera-se encontrar um texto narrativo com um conteúdo imaginativo. Os títulos e chamadas em um material também fornecem um pré-entendimento dos conteúdos do texto ao leitor. Da mesma maneira, os gráficos podem funcionar como chamadas aos textos, auxiliando o leitor a formar um pré-entendimento da mensagem (PETTERSSON, 2013a).

Newark (2009) indica modos de integração entre gráficos e textos, relacionados à dominância espacial desses elementos (Figura 21):

1. *Gráficos sem palavras*: páginas contendo apenas gráficos;
2. *Gráficos com algumas palavras*: quando um gráfico ocupa toda ou quase toda a página e algumas palavras ou textos complementam este gráfico (e.g., anúncios publicitários);
3. *Gráficos com palavras*: páginas que tratam ambos elementos, textos e gráficos, como importantes e complementares (e.g., páginas de livros didáticos).
4. *Palavras como gráficos*: páginas que utilizam somente tipografias em tamanho grande, funcionando como gráficos.

Figura 21 – Relação de dominância espacial entre gráficos e palavras.



Fonte: adaptado de Newark (2009).

No contexto desta pesquisa, destes, o modo de integração mais adequado é o de *gráficos com palavras* (3). Pois, está de acordo com o formato de texto ilustrado, organização mais comum encontrada em materiais instrucionais e mais efetiva para realizar análises e compreensão do conteúdo (PETTERSSON, 2002).

Relacionando o segundo processo perceptivo – a construção do significado – com a integração entre textos e gráficos, Frascara (2004) estabelece relações de ancoragem entre textos e gráficos:

- os gráficos podem comunicar em auxílio ao texto, enfatizando sua mensagem;
- os gráficos podem concentrar em um aspecto do texto, trazendo máxima atenção a este;
- os gráficos podem adicionar novos aspectos à mensagem, os quais o texto não inclui, complementando o texto;
- os gráficos podem ser apresentados sem o acompanhamento de textos, e ainda transmitir uma mensagem clara por si só.

Além disso, a interpretação de um gráfico depende da tarefa proposta: a interpretação imediata é processada com nível cognitivo baixo; uma interpretação analítica exige atividades

de alto nível cognitivo. Em relação a essa questão, podem ser mencionados dois elementos: as legendas dos gráficos, elementos textuais relacionados aos gráficos que podem indicar com um gráfico deve ser lido (PETTERSSON, 2013a); e as atividades de aprendizagem, tarefas propostas aos alunos pelo designer instrucional, instrutor ou professor, que devem estar relacionadas com os objetivos de aprendizagem (FILATRO, 2008)

De forma geral, nos materiais instrucionais deve-se buscar atingir o tipo de leiaute considerado *informativo*, pois este é o modo mais efetivo para transmitir uma mensagem. Em oposição, cita-se o *leiaute artístico*, onde usam-se textos e gráficos segundo princípios estéticos, inclusive, escondendo a mensagem. O tamanho e o posicionamento dos elementos influenciam na leitura da página. É comum leitores pularem gráficos muito grandes em materiais instrucionais. Os gráficos devem ser posicionados na página próximos às partes do texto nas quais seus conteúdos estão sendo discutidos (PETTERSSON, 2013c).

Segundo Filatro (2008), o posicionamento dos gráficos na página do material instrucional é um dos elementos básicos que configuram o *storyboard* na especificação de design instrucional. Um gráfico pode ser posicionado em uma página de diversas formas: é comum os gráficos cobrirem a largura da coluna do texto; geralmente os gráficos são centralizados em uma coluna do texto; em textos de duas colunas existem mais possibilidades de posicionamento; podem ser utilizados gráficos pequenos em colunas estreitas e gráficos cobrindo toda a área da página. Como regra, os gráficos devem ser posicionados onde melhor apresentam a informação (PETTERSSON, 2013c). A Figura 22 apresenta algumas possibilidades de posicionamento de gráficos na página.

Figura 22 - Posicionamento dos gráficos em materiais instrucionais.



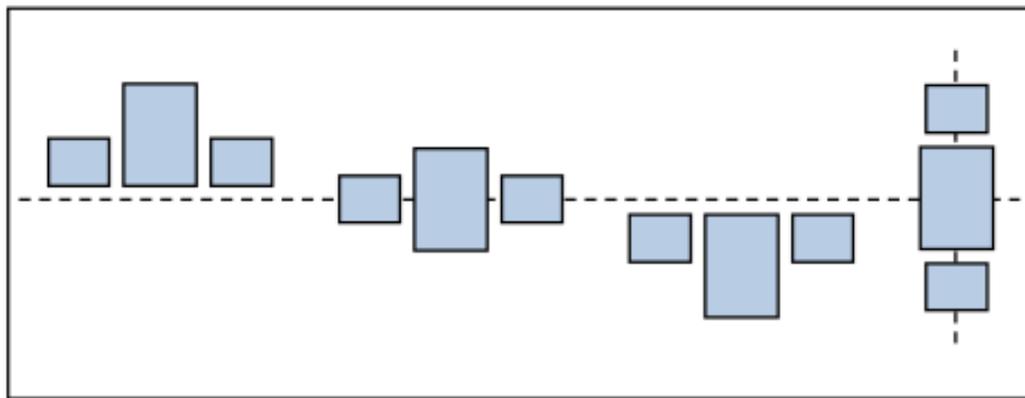
Fonte: Pettersson (2013c, p. 187).

Em relação à quantidade de gráficos, o uso de muitos gráficos em uma página pode confundir o leiaute e reduzir as chances do leitor envolver-se na leitura; o uso de poucos gráficos parece aumentar o tamanho do corpo de texto. Os gráficos devem ser posicionados entre os parágrafos de texto que o discutem para ter maior impacto. Em relação à atenção,

gráficos inclinados em uma página e gráficos inseridos em página ímpar são mais efetivos (PETTERSSON, 2013c).

O enquadramento (a adição de moldura) de um gráfico ou texto pode ter propósitos funcionais e de atenção. O quadro separa o gráfico do contexto circundante e direciona atenção à informação enquadrada. No caso da utilização de dois ou mais gráficos para transmitir uma informação, estes devem estar posicionados próximos entre si e deve-se considerar uma relação lógica entre estes baseada em princípios de consistência ou continuidade. Para atingir o equilíbrio em uma sequência de gráficos, pode-se utilizar uma linha base e posicionar os gráficos de acordo com alinhamento inferior, centralizado e superior (PETTERSSON, 2013c). A Figura 23 apresenta opções de alinhamento de uma sequência de três gráficos.

Figura 23 – Alinhamento de sequência de gráficos.



Fonte: Pettersson (2013c, p. 190).

Palavras e gráficos podem possuir um poder emotivo despertado através de detalhes aparentemente insignificantes em um gráfico ou nas nuances de um texto. Portanto, deve-se investir esforços na edição de textos e gráficos. Nos gráficos, o interesse pode ser focalizado na mensagem central pela seleção cuidadosa e da edição, eliminando as partes secundárias (PETTERSSON, 2002).

### 2.3.3 ELEMENTOS DE DESIGN DA IMAGEM

Pode-se encontrar, nas áreas do design, design gráfico, design da informação e artes, inúmeras referências que tratam dos elementos básicos e técnicas utilizadas na configuração de mensagens visuais (DABNER, 2006; DONDIS, 2007; FRASCARA, 2004; FUENTES, 2006; GOMES FILHO, 2009; LUPTON; PHILLIPS, 2008; WONG, 2010). Estas referências, diferem em relação aos elementos utilizados e à ênfase dada aos diferentes elementos. Devido à abordagem desta pesquisa tender aos aspectos informacional e instrucional da mensagem

visual, adota-se como base o modelo de elementos organizado por Pettersson (2013a), que tem a mesma abordagem em relação às mensagens visuais. Segundo este autor, os elementos de design da imagem (gráficos) são: conteúdo visual; elementos básicos (i.e., ponto, linha, área e volume); tamanho; forma; cor; contraste; textura; iluminação; e composição.

Pettersson (2013a) também denomina estes elementos como componentes pictóricos. Estes constituem a variável de execução dos gráficos dentro da estrutura da linguagem visual (i.e., conteúdo, contexto, formato, execução, percepção). Anterior aos componentes de execução, apresenta-se a variável conteúdo visual, pois, segundo Pettersson (2002), o conteúdo é mais importante do que a execução em um gráfico.

### 2.3.3.1 Conteúdo visual

Para a escolha do tipo de gráfico, os fatores mais relevantes são os objetivos de aprendizagem e as características do usuário (CLARK; LYONS, 2011; PETTERSSON, 2013a). Os gráficos instrucionais devem conter a informação que se pretende transmitir e devem ser relevantes à situação. Sem um conteúdo claro, os gráficos não cumprirão seus objetivos (PETTERSSON, 2013a).

Mesmo que o gráfico considere os diversos componentes da linguagem visual, sem um conteúdo claro o mesmo não cumpre sua função. Para isso, devem-se definir um objetivo para cada gráfico, considerando as seguintes questões: qual informação ou conhecimento o gráfico deve transmitir? quem é o emissor? quem são os receptores? em qual suporte o gráfico será distribuído?

A existência de uma estrutura bem-definida ao conteúdo facilita o aprendizado. Esta estrutura refere-se ao material instrucional como um todo e às suas partes. Quando o aprendiz não vê ou lê de acordo com sua expectativa ou não encontra acordo entre o conteúdo visual e o conteúdo verbal, provavelmente a mensagem será incompreendida. Em relação aos gráficos, podem-se observar dois tópicos inter-relacionados e concernentes à estrutura (PETTERSSON, 2013a):

- *Grau de realismo*: relacionado ao quanto as pessoas consideram o gráfico abstrato ou concreto. O realismo pode ser determinado pela sua escala, forma, detalhes reconhecíveis, cor, movimento e perspectiva. A Figura 24 apresenta um contínuo de realismo, do desenho de caricatura (cartum) até a fotografia. Visto que os gráficos informativos não podem ser ambíguos, deve-se evitar características muito artísticas, decorativas e subjetivas. Deve-se evitar muito e muito pouco realismo, os gráficos devem conter um grau moderado de realismo, sempre considerando as necessidades dos usuários e o nível dos objetivos de aprendizagem (e.g., objetivos

como nomear objetos necessitam de pouca informação, enquanto objetivos de analisar ou sintetizar necessitam mais informação).

- *Nível de detalhamento:* Para cada gráfico existe um nível ótimo de detalhamento, que depende do conteúdo, formato, do público pretendido e dos objetivos. O gráfico deve conter somente os detalhes essenciais para comunicar a mensagem pretendida. Pois, detalhes em excesso e desnecessários interferem no entendimento da mensagem, da mesma forma, detalhes faltando reduzem sua compreensão. Cada gráfico e cada página deve ter um significado único e preciso. No caso de haver muita informação a ser transmitida, deve-se dividi-la em uma série de gráficos para não sobrecarregar o usuário. O aprendizado é facilitado quando detalhes críticos em uma mensagem são sinalizados, considerando-se que devem ser evitadas sinalizações em detalhes desimportantes.

Figura 24 – Nível de realismo de um gráfico: cartum, desenho de linhas e fotografia.



Fonte: Pettersson (2013a, p. 140).

### 2.3.3.2 Elementos básicos

Os elementos básicos de design da imagem (i.e., ponto, linha, área, volume) podem ser compreendidos como elementos conceituais, pois na realidade eles não estão presentes no gráfico. Por exemplo, percebem-se linhas marcando o contorno de objetos, planos envolvendo um volume e volumes ocupando o espaço. Quando esses elementos são percebidos passam a ser formas, que possuem tamanho, cor e texturas (WONG, 2010).

Os elementos gráficos básicos são pontos, linhas e áreas. As fronteiras entre esses elementos nem sempre são distintas, e estes podem ser combinados de diversas maneiras. Gráficos tridimensionais também possuem volumes. Todos os elementos básicos têm diversas propriedades e, juntos, eles constroem os gráficos (PETTERSSON, 2013a).

### 2.3.3.2.1 Ponto

O ponto é o menor elemento gráfico na linguagem visual. Geralmente, é um elemento insignificante em um gráfico, porém pode ter um significado parcial como os olhos de um cartum, e até um significado completo como uma bola no ar. Seu significado depende da situação representada. Os pontos podem variar em cor, granularidade, posição, forma, tamanho e valor (PETTERSSON, 2013a).

O ponto indica uma posição no espaço (LUPTON; PHILLIPS, 2008). Segundo Wong (2010), um ponto é reconhecido como tal quando sua forma é relativamente pequena e razoavelmente simples: o formato mais comum assumido por este é o de um círculo, porém pode ainda assumir outros formatos como triângulos, quadrados formas ovais e irregulares. A Figura 25 apresenta exemplos de pontos.

Figura 25 – Exemplos de pontos.



Fonte: adaptado de Wong (2010).

Qualquer ponto tem grande força de atração sobre o olho (DONDIS, 2007; GOMES FILHO, 2009). Um grupo de pontos pode sugerir movimento e direção em um gráfico. Quanto mais próximos os pontos estiverem entre si, maior a atenção provocada por estes no observador. Quando os pontos estiverem realmente próximos, já não podem mais ser identificados e passam a formar uma linha (Figura 26) (DONDIS, 2007; PETTERSSON, 2013a).

Figura 26 – Proximidade entre pontos e atenção.



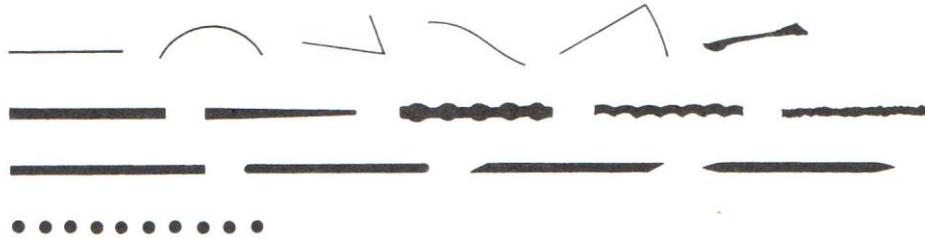
Fonte: Dondis (2007, p. 55).

### 2.3.3.2.2 Linha

A linha pode variar em relação ao seu ponto inicial, claridade (brilho), cor, contexto, curvatura, direção, regularidade, granularidade, comprimento, orientação, pontos de mudança, impressão, forma, espessura, valor e término. A linha é um elemento gráfico poderoso. Visto que as pessoas tendem a seguir o caminho traçado pelas linhas, estas podem

ser utilizadas para direcionar a atenção a elementos gráficos específicos (PETTERSSON, 2013a). A Figura 27 apresenta linhas com variações em diferentes propriedades.

Figura 27 – Linhas com variações em propriedades.



Fonte: adaptado de Wong (2010).

A linha existe pela conexão entre dois pontos ou pelo trajeto de um ponto em movimento. Estas delimitam objetos e marcam o encontro de dois planos (GOMES FILHO, 2009; LUPTON; PHILLIPS, 2008). Quando multiplicam-se ou sua espessura atinge determinado tamanho, as linhas descrevem planos. Em leiautes, além de desenhadas, as linhas formam estruturas compositivas invisíveis (LUPTON; PHILLIPS, 2008).

Pode-se compreender a linha como um instrumento fundamental no processo de pré-visualização, pelo qual a ideia sai da imaginação para o papel. Dependendo da intenção pretendida, esta pode ser experimental e fluida (no caso de esboços rápidos) ou rigorosa e técnica (no caso de projetos de engenharia, arquitetura e design que exigem precisão). No desenho de linhas, o desenhista captura somente a informação essencial, eliminando tudo o que é supérfluo e secundário (DONDIS, 2007).

### 2.3.3.2.3 Área

A área ou plano é uma superfície contínua que se estende em altura e largura (LUPTON; PHILLIPS, 2008). As áreas podem variar em relação ao brilho, cor, combinações de cor, contexto, vazio, granularidade, escala de cinza, sombreado ou sem sombreado, forma, tamanho, textura e valor. Uma área pode ser descrita por uma linha fechada, uma sombra ou uma cor. Esta pode ter uma forma abstrata, geométrica ou representacional (PETTERSSON, 2013a).

As áreas podem ser sólidas, perfuradas, opacas, lisas ou rugosas. As manchas de texto podem ser consideradas áreas construídas com pontos e linhas de tipos, podendo formar áreas densas ou abertas, rígidas ou irregulares (LUPTON; PHILLIPS, 2008). Considerando áreas formadas por contornos, quanto maior a espessura do contorno de uma forma, maior é a sua percepção de importância (PETTERSSON, 2013a).

Em gráficos esquemáticos deve-se evitar utilizar mais do que cinco cores, tons de cinza ou padrões em diferentes áreas do mesmo gráfico. Considerando os cinzas, podem-se usar: branco, cinza e preto; ou então, branco, cinza claro, cinza, cinza escuro e preto. Considerando as cores, estas devem ser claras e distintas. O tamanho de áreas individuais é sempre relativo ao contexto circundante (PETTERSSON, 2013a).

O vazio ou espaço em um gráfico é a área que não está preenchida com elementos pictóricos. Geralmente, esta área refere-se ao plano de fundo. Embora não tenha significado por si só, o espaço pode servir para separar ou unir elementos gráficos distintos (PETTERSSON, 2013a).

### **2.3.3.2.4 Volume**

O volume tem uma forma tridimensional real ou simulada. Em representações bidimensionais de objetos tridimensionais, as sombras são essenciais para simular volumes. O campo tridimensional é estruturado segundo diversos planos de profundidade: um plano sobressalente; um plano mediano; e um plano de fundo. As propriedades que constituem os volumes são sua arquitetura, equilíbrio, cor, contexto, contorno, direção, forma, gravidade, luz, material, posição, proporções, tamanho, estrutura, estabilidade, superfície e peso (PETTERSSON, 2013a).

### **2.3.3.3 Tamanho**

É mais fácil perceber diferenças de tamanhos entre linhas do que entre áreas ou volumes: a percepção humana baseia-se em linhas horizontais para julgar o tamanho de objetos; em muitos contextos as diferenças de tamanho dos círculos, quadrados, triângulos, elipses e outros símbolos bidimensionais passam despercebidas (PETTERSSON, 2013a).

Em materiais informacionais e instrucionais o tamanho de um gráfico deve ser determinado considerando sua possibilidade de comunicar a mensagem pretendida. O tamanho deve ser grande o suficiente para permitir que o gráfico seja legível. Gráficos que contém um *conteúdo grande* e muitos detalhes devem ser maiores do que outros com menor quantidade de informação. Um gráfico de 4 a 5 centímetros de largura é adequado em diversos casos (PETTERSSON, 2013a).

Em um gráfico, a parte mais importante do conteúdo representado deve ser grande e clara, ocupar grande parte da área do gráfico e ser percebida como uma totalidade. Os elementos grandes de um gráfico atraem a atenção do leitor. A percepção do tamanho é influenciada pela

cor e tons de cinza: formas mais claras são percebidas como maiores do que formas mais escuras (PETTERSSON, 2013a).

A percepção do tamanho é fortemente influenciada pelo contexto interno do gráfico – os elementos visuais que o compõem. Para isso, pode-se incluir a escala e contrastes em um gráfico por meio de objetos familiares ao público (LUPTON; PHILLIPS, 2008; PETTERSSON, 2013a).

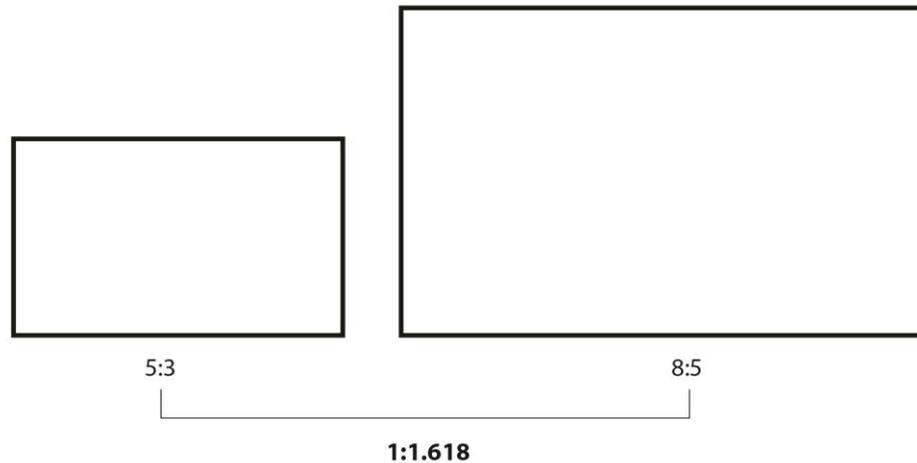
#### **2.3.3.4 Forma**

A forma é um aspecto visual que está associado à área ou plano. Inclusive, alguns autores não fazem distinção entre forma e plano (DONDIS, 2007; LUPTON; PHILLIPS, 2008), enquanto outros tratam a forma como uma unidade mais abrangente que engloba outras propriedades (GOMES FILHO, 2009; WONG, 2010). Entretanto, neste item a forma é compreendida, segundo a abordagem de Pettersson (2013a), como a forma externa, os limites do gráfico.

Segundo Dondis (2007) são três as formas básicas que, combinadas e modificadas, podem ser utilizadas para construir qualquer forma possível: o quadrado; o círculo; e o triângulo equilátero. Estas formas básicas são processadas com baixo nível cognitivo. Devido a sua simplicidade, são utilizadas como ícones e símbolos na comunicação moderna, como elementos gráficos em figuras esquemáticas. Estas formas expressam direções visuais: círculos sugerem direções curvas; triângulos, direções diagonais; e quadrados, direções horizontais e verticais. Formas irregulares e imprevisíveis atraem maior atenção do que formas regulares. (PETTERSSON, 2013a).

A área total de um gráfico (seus elementos e os limites da figura) pode assumir qualquer formato e orientação, entretanto o mais comum é a publicação de gráficos ocupando áreas retangulares e quadradas. A percepção da forma é influenciada por variáveis contextuais. É comum a utilização da seção áurea (1:1.618) ou do retângulo áureo (3:5, 5:8, 8:13, etc.) para conformar formatos agradáveis ao público (PETTERSSON, 2013a). Pois, existem evidências que comprovam a preferência dos seres humanos aos formatos baseados nestes índices em relação a outros formatos similares (ELAM, 2010). A Figura 28 apresenta dois retângulos áureos, formados sobre a seção áurea.

Figura 28 - Retângulos e seção áurea.



Fonte: o autor.

O contorno externo dos gráficos, no caso de serem arredondados ou de forma livre (i.e., assumindo a forma do gráfico), deve ser borrado e esmaecido para não chocar-se com o plano de fundo. No caso do uso de molduras, as mesmas devem ser simples, pois molduras distintas e variadas distraem a atenção do conteúdo principal (PETTERSSON, 2013a).

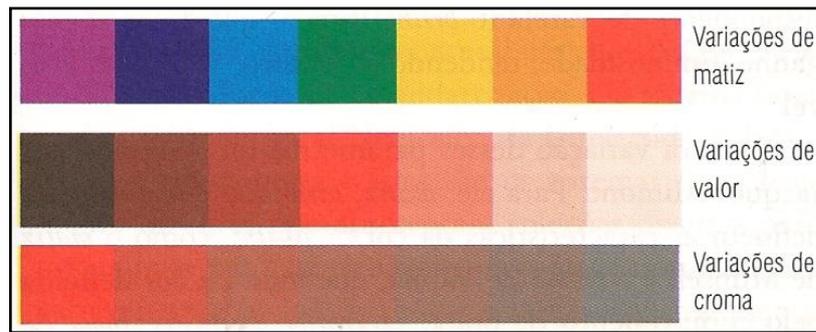
### 2.3.3.5 Cor

A cor é utilizada como uma ferramenta importante no design da informação. A percepção da cor é fortemente influenciada e dependente de variáveis contextuais como condições de iluminação e outras cores circundantes (PETTERSSON, 2013a). Pode-se utilizar a cor para exprimir atmosferas, descrever uma realidade ou codificar informações. Os designers usam as cores para diferenciar, conectar e ressaltar (LUPTON; PHILLIPS, 2008).

Segundo Guimarães (2000), toda a cor pode ser determinada considerando três aspectos principais: matiz; luminosidade (valor); e saturação (croma) (Figura 29). A matiz refere-se à posição da cor no espectro visível; a luminosidade define clareamentos ou escurecimentos na cor com a adição de branco ou preto; e a saturação refere-se ao grau de pureza da cor, a relação da cor espectral com sua correspondente em uma escala de cinzas.

Para Pettersson (2013a), no design da informação, muitas vezes é suficiente o uso de preto, branco e tons de cinza. O valor é mais importante para o contraste do que a matiz. O significado simbólico das cores varia entre diferentes culturas (GUIMARÃES, 2000; LUPTON; PHILLIPS, 2008; PETTERSSON, 2013a). Portanto, deve-se selecionar cores com cuidado em materiais informacionais. Sugere-se desenhar gráficos que funcionem bem em preto e branco, e depois adicionar cores para fazê-los funcionar ainda melhor (PETTERSSON, 2013a).

Figura 29 – Matiz, valor e saturação.



Fonte: Guimarães (2000, p. 55).

De forma geral, as pessoas preferem matizes na seguinte ordem: i) azul; ii) vermelho; iii) verde; iv) violeta; v) laranja; vi) amarelo. Entretanto, somente o uso destas cores não garante a leitura da mensagem. As cores devem ter intensidades fortes e o contraste de cores deve ser claro. O uso de cores melhora a atenção e a percepção das mensagens visuais. Se as pessoas gostam do conteúdo de um gráfico, elas irão gostar ainda mais quando o mesmo gráfico é apresentado em cores. Entretanto, o uso inadequado de cores pode ter efeitos negativos, podendo distrair, fatigar e irritar (PETTERSSON, 2013a).

Em alguns casos as cores podem apoiar no alcance dos objetivos de aprendizagem pelo alunos. O uso de cor é importante quando a mesma contém informações essenciais aos conteúdos do gráfico (e.g., quando se pretende distinguir entre espécies de pássaros ou borboletas). Sabe-se que a informação destacada tende a melhorar a memorização. A cor pode ser utilizada para destacar, separar, definir, e associar informações. No caso de fotografias preto e branco e desenho de linhas, a adição de uma cor pode ser eficiente. É importante que a cor seja utilizada de forma consistente (PETTERSSON, 2013a).

### 2.3.5.6 Contraste

Segundo Wong (2010) o contraste é qualquer tipo de comparação entre aspectos gráficos que torna claro as diferenças. Nesse sentido, alguns autores atribuem diversos tipos de contrastes, e.g., entre cor, forma, textura, escala, posição, direção, etc. (DONDIS, 2007; GOMES FILHO, 2009; WONG, 2010). Entretanto, aqui considera-se a visão de Pettersson (2013a), na qual o contraste é a diferença entre as partes mais claras e escuras de um gráfico ou texto, já que os demais elementos citados são abordados ao longo deste tópico de elementos de design da imagem.

Independente das cores escolhidas e do contraste entre cores, o contraste de um gráfico deve ser claro o suficiente e diferenciar os elementos gráficos contidos no mesmo. Devem-se considerar características fisiológicas dos usuários, por exemplo: a acuidade visual atinge o

auge aos 22 anos e vai decaindo com o tempo; da mesma forma, com o passar do tempo o grau de opacidade da lente ocular aumenta, necessitando maior contraste da mensagem com o seu fundo (PETTERSSON, 2013a).

### **2.3.3.7 Textura**

Segundo Wong (2010) a textura refere-se às características de superfície de uma forma, podendo ser descritas como suave ou áspera, lisa ou decorada, fosca ou polida, macia ou dura, etc. O mesmo autor difere entre textura visual (propriedades visuais) e textura tátil (propriedades físicas). Neste item será tratada a textura visual.

As texturas auxiliam os seres humanos a compreender a realidade circundante (e.g., espinhos protegem, tecidos suaves proporcionam prazer, etc.). Da mesma forma, as texturas visuais também são empregadas de acordo com funções análogas. Estas, só existem como efeito ótico, como uma representação de textura. A textura acrescenta detalhes aos gráficos, proporcionando mais qualidades à superfície (LUPTON; PHILLIPS, 2008; WONG, 2010). O designer pode utilizar texturas para estabelecer uma atmosfera, reforçar um ponto de vista ou expressar uma sensação de presença física (LUPTON; PHILLIPS, 2008).

A textura serve como referência à sensação do toque no objeto real. Assim, adiciona-se realismo, bem como efeitos emocionais e psicológicos ao gráfico. É comum as pessoas reagirem positivamente a objetos suaves e macios e, negativamente, a objetos afiados e duros (PETTERSSON, 2013a).

### **2.3.3.8 Iluminação**

A iluminação está mais diretamente associada à apreciação de objetos tridimensionais, como esculturas. No entanto, desenhistas, pintores e fotógrafos também utilizam diversas condições de iluminação para criar percepções de volume em gráficos bidimensionais. Dependendo da iluminação, diferentes detalhes serão revelados em um objeto: luz suave auxilia na apreciação de ondulações sutis; luz forte acentua detalhes na superfície (PETTERSSON, 2013a).

A luz pode servir como instrumento de orientação considerando espaço, textura e tempo. As sombras auxiliam a delimitar o contorno básico de um objeto e definir o espaço. Pode-se distinguir entre a sombra própria e a sombra projetada: a primeira está no próprio objeto, auxiliando a definir a forma e as dimensões básicas do mesmo; a sombra projetada do objeto é a sombra do objeto projetada sobre um ou mais planos, e depende do ângulo de incidência e

da fonte de luz, podendo indicar a posição deste no espaço. Luzes fortes (direcionais) e fracas (difusas) podem ser utilizadas para orientação espacial e tátil: luzes fortes de um ângulo baixo provocando sombras projetadas fortes enfatiza a textura; luzes fracas suavizam a textura (PETTERSSON, 2013a).

O olho humano é atraído por áreas claras. Este princípio pode ser utilizado para enfatizar informações ou atrair a atenção em um gráfico. As áreas claras tendem a ser percebidas na frente de outros elementos gráficos, enquanto que as escuras, tendem a afastar-se do observador. Outra questão que pode ser observada é a capacidade da luz causar emoções no observador, como por exemplo um rosto iluminado de baixo para cima pode parecer assustador e misterioso (PETTERSSON, 2013a).

### 2.3.3.9 Composição

Segundo Dondis (2007) o processo compositivo é o mais importante na resolução dos problemas visuais, pois seu resultado determina objetivo e significado na manifestação visual e influencia fortemente a percepção do leitor. Pettersson (2013a) aborda a composição relativa ao gráfico em si, e não à página ou tela. Para este autor, devem-se organizar os elementos gráficos e encontrar equilíbrio de acordo com princípios estéticos.

Normalmente, um gráfico deve lidar com um conceito e fornecer somente a informação necessária para o público compreender o conteúdo. Os elementos em um gráfico devem estar organizados em uma estrutura clara e fácil para o usuário compreender. Neste sentido, a organização dos elementos fornece uma estrutura que facilita o aprendizado. Além disso, a mesma possibilita direcionar os movimentos oculares dentro da figura. Assim, a organização facilita a percepção e torna eficiente o aprendizado (PETTERSSON, 2013a).

Considerando que um gráfico não pode conter muitos elementos figurativos, é melhor dividir a informação em diversos gráficos do que sobrecarregar um mesmo gráfico. Outro princípio organizacional é em relação ao grau de complexidade do gráfico: o grau de complexidade deve ser moderado. Pois, complexidade sem ordem gera confusão e ordem sem complexidade gera previsibilidade (PETTERSSON, 2013a).

Para auxiliar na organização dos gráficos, Frascara (2004) destaca princípios básicos da Gestalt que explicam a integração e segregação dos elementos no campo visual e que podem ser utilizados na organização de gráficos:

- *Similaridade*: o sistema visual tende a agrupar elementos iguais ou similares e segregar elementos que diferem entre si. Este fenômeno ocorre em diversos níveis de similaridade baseado em variáveis visuais distintas (e.g., cor, tamanho, orientação, etc.);

- *Proximidade*: o sistema visual tende a agrupar os elementos que são próximos entre si e segregar os elementos mais distantes;
- *Fechamento*: o sistema visual tende a agrupar séries de elementos posicionados de tal forma que gerem uma configuração simples em seu conjunto.

As possibilidades organizacionais afetam a natureza dos grupos, bem como os próprios elementos. Segundo Frascara (2004), as seguintes técnicas contribuem para planejar a estrutura da visual:

- *Rotação*: mudança sequencial de orientação em um elemento;
- *Repetição*: uma sequência sem mudanças, a forma mais simples de ritmo;
- *Ritmo*: uma sequência linear com destaques e pausas;
- *Padrão*: relacionado à repetição e ritmo, porém requer duas dimensões;
- *Séries*: agrupamento de elementos, normalmente unidirecional, que não apresenta mudanças organizadas entre os elementos, mas que apresentam-se pertencentes à mesma classe;
- *Sequência*: séries de elementos que mostra uma mudança organizada;
- *Equilíbrio*: equivalência de peso ou atração visual de ambos os lados de uma mediana imaginária em uma composição.
- *Simetria*: igualdade ou similaridade entre ambos os lados de um eixo mediano, podendo também ser baseado em dois ou mais eixos, normalmente distribuídos em torno de um ponto central;
- *Movimento*: sensação dinâmica produzida por séries de elementos estáticos.

Assim como Frascara (2004), Pettersson (2013a) e Dondis (2007) citam o equilíbrio como um fator importante na composição visual. Para Gomes Filho (2009), o equilíbrio é um estado no qual as forças compositivas anulam-se mutuamente. Na composição equilibrada, todos os fatores como configuração, direção, e localização estão unificados de tal forma, que nenhuma alteração parece possível.

O homem tem um senso intuitivo para o equilíbrio, sendo que qualquer objeto muito grande ou muito pequeno, muito claro ou muito escuro, muito proeminente ou muito distinto pode prejudicar no equilíbrio de uma composição. Embora o desequilíbrio traga um sentimento desconfortável no leitor, esta propriedade pode ser utilizada para atrair a atenção ao gráfico ou material instrucional: tem-se um gráfico instável e provocativo, já que o olho vai analisar a figura em busca do equilíbrio (PETTERSSON, 2013a).

Os elementos de um gráfico devem combinar juntos em uma relação harmônica e estética de maneira a formar uma mensagem interessante mas que não distraia o leitor. (PETTERSSON, 2013a). O equilíbrio pode ser atingido de duas formas distintas: simetria (ou equilíbrio formal); e assimetria (equilíbrio informal). No primeiro caso, o equilíbrio ocorre pela semelhança entre as partes, transmitindo estase e harmonia. No segundo, ocorre pelo ajuste

de diversas forças compositivas em partes distintas, provocando dinamismo e atraindo a atenção (GOMES FILHO, 2009; PETTERSSON, 2013a).

A composição deve ter poucos centros de interesse, preferencialmente, um centro de interesse localizado próximo ao seu centro ótico (um pouco acima e à esquerda do centro geométrico) ou no terço superior do gráfico. Este(s) ponto(s) deve(m) ser imediatamente aparente(s). Podem-se utilizar linhas para guiar a atenção ao centro de interesse (PETTERSSON, 2013a).

A direção em um gráfico pode ser manipulada através de linhas, formas, escala, perspectiva, posição e orientação dos objetos contidos no mesmo. O uso de linhas e setas é a maneira mais eficiente de demonstrar direção. A informação mais importante deve ser evidenciada em um gráfico por meio da criação dos pontos de interesse que denotam a importância e mantém a atenção. Nesse sentido, podem-se usar diagonais que são as direções mais efetivas em um gráfico (PETTERSSON, 2013a).

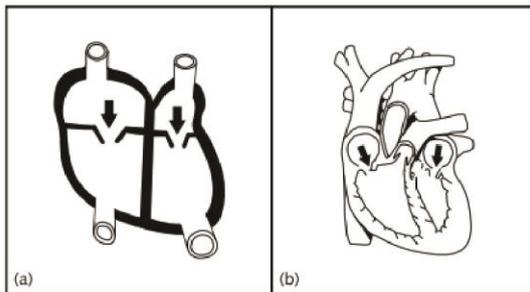
### **2.3.3.10 Tipografia**

Embora Pettersson (2013a) não considere a tipografia como um dos elementos de design da imagem, visto que a mesma está associada à representação verbal e não gráfica, nesta pesquisa a tipografia é considerada como um dos elementos de design da imagem. Pois segundo Clark e Lyons (2011), um dos princípios para auxiliar na aprendizagem a partir de gráficos faz menção ao uso combinado de gráficos e palavras (ver item 2.2.5.2). Corroborando, o princípio multimídia de Mayer (2009) aponta que as palavras e gráficos relacionados devem estar próximos na página (ver item 2.2.5.3).

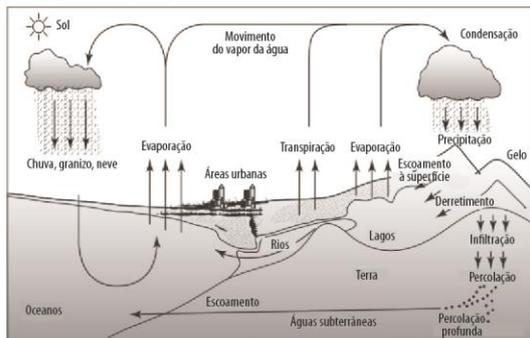
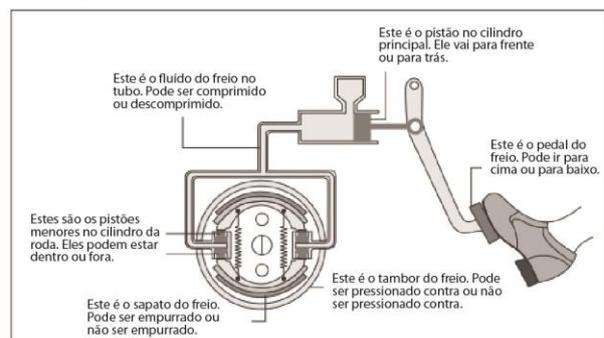
Segundo Lupton (2006) a tipografia é o meio pelo qual a mensagem verbal ganha forma. Essa disciplina envolve a seleção e aplicação de tipos, a escolha do formato da página e a composição das letras em um texto, de modo a facilitar a leitura, tornar o texto inteligível e favorecer a compreensão do leitor (NIEMAYER, 2003). No caso desta pesquisa, a tipografia não é aplicada na forma de *textos* no sentido em que esse termo é entendido na disciplina da tipografia. Pois, para Lupton (2006), o texto corresponde à massa do conteúdo verbal sobre o qual o designer realiza um tratamento visando atingir consistência visual, bem como, auxiliar, por meio de recursos como recuos e destaques, os leitores a navegarem no conteúdo. Como elementos complementares aos textos, essa autora destaca os gráficos e as legendas. É nesse nível de gráficos e legendas que a tipografia é utilizada nesta pesquisa.

A Figura 30 fornece alguns exemplos do uso de tipografia em GIE.

Figura 30 – Uso de tipografia em GIE.

**Letras****Palavras e numerais em tabela**

	Estimates of % survival rates			
	5 year	10 year	15 year	20 year
Prostate	99	95	87	81
Thyroid	96	96	94	95
Testis	95	94	91	88
Melanomas	89	87	84	83

**Palavras-chave****Sentenças****Sentenças e palavras-chave com destaques**

**Abrindo o computador**

- Se o seu computador tem o sua parte posterior coberta por um painel plástico fixado por um gancho plástico, puxe-o.
- Remova os parafusos de montagem da capa.
- Remova a capa do computador.

**Computador**

**Painel posterior**

**Capa do computador**

**Parágrafo em legenda**

*Algumas linhas são mais importantes do que outras ao fornecerem informações essenciais. Isso é claramente demonstrado nesses exemplos de quadrados e triângulos. Nossas mentes preenchem os detalhes faltantes para fazer a melhor interpretação possível de qualquer estímulo percebido.*

Fonte: adaptado de Clark e Lyons (2011) e Pettersson (2013c).

Como se pode perceber, a tipografia é utilizada para realizar o tratamento de numerais, palavras e sentenças, os quais fazem parte de gráficos, quadros, tabelas ou legendas. Destaca-se o caso do parágrafo em legenda como sendo responsabilidade do designer gráfico – quem realiza o leiaute do material instrucional – já que sua configuração tipográfica deve estar de acordo com o conteúdo textual do material instrucional e, assim, não pertencendo ao escopo desta pesquisa.

Segundo Frascara (2011) é importante reconhecer a necessidade do uso da tipografia, pois suas funções diferem quando se busca ler de forma sustentada, chamar a atenção ou buscar um autor em bibliografia. Pettersson (2013c) exemplifica que em um dicionário e em uma lista

telefônica a tipografia apresenta um alto grau de estruturação do conteúdo, permitindo que o usuário ache a informação que necessita de forma rápida, eficaz e confiável. No caso desta pesquisa, a tipografia é aplicada em textos breves, visando fornecer somente informações essenciais.

Assim, a função principal da tipografia nos GIE, ao invés de buscar tornar o texto inteligível por meio dos diversos recursos tipográficos utilizados em um texto – diagramação, hierarquia de texto, ênfase, *kerning*, entrelinhas–, é fornecer a legibilidade das palavras e sentenças. Isto, porque a maior parte da transmissão da informação nos GIE se dá por meio dos elementos gráficos, tornando a tipografia como um elemento complementar à informação gráfica. Entretanto, isso não significa que as técnicas que proporcionam hierarquia, ênfase e rapidez de leitura são descartadas, pois estas auxiliam na organização e na utilização da informação de forma eficaz.

Segundo Mayer (2009), o uso de palavras em gráficos é um dos meios de promover o princípio da sinalização, servindo para: chamar a atenção para os elementos importantes em um gráfico, evitando o processamento mental irrelevante; e auxiliar os usuários a construir relações entre os conteúdos visual e verbal. Para isso, esse autor sugere a aplicação dos textos segundo o princípio da contiguidade visual, no qual ambos os conteúdos (verbal e visual) devem ser exibidos próximos no espaço (ver item 2.2.5.3).

Segundo Frascara (2011), a relação do espaço entre letras e entre palavras é de grande importância para facilitar a leitura. Pois, segundo os padrões de movimentos oculares executados durante esse processo, os seres humanos realizam fixações breves em palavras e grupos de palavras e, com sua visão periférica, determinam onde será a próxima fixação através dos espaços em branco entre as palavras. Nos textos justificados os espaços em branco são irregulares, o que leva à exploração mais detalhada da visão para determinar a próxima fixação ocular e torna a leitura do texto mais cansativa e lenta. Corroborando, Pettersson (2013c) explica que apesar desse alinhamento favorecer propriedades estéticas, em colunas pequenas, como é o caso dos GIE, cria efeitos negativos. Para esse autor, em materiais instrucionais o melhor é utilizar texto alinhado à esquerda, pois tem uma leitura mais rápida e é considerado melhor para leitores com pouca experiência, bem como o texto alinhado à direita, no caso de serem inseridos à esquerda de uma figura.

Diferenças nas formas das tipografias (tipos humanistas, modernos, geométricos), no tom (regular, negrito, itálico), e no tamanho (corpo), permitem determinar ênfases e diferenciar os elementos tipográficos. Porém, devido ao fato de que algumas fontes utilizam proporções 5:8 e 6:8, em relação às suas letras maiúsculas e minúsculas, existem diferenças no tamanho efetivo das fontes. Assim, a medida por *pontos* (pt) não é confiável de forma absoluta para determinar a legibilidade dos tipos. É mais seguro basear-se na altura-x da fonte. A Figura 31

apresenta as fontes Bembo e Helvetica com o tamanho de 18 pontos – a altura-x pode ser percebida na altura dos caracteres minúsculos (em caixa-baixa) da letra *x*. (FRASCARA, 2011).

Figura 31 – Diferenças na altura-x em diferentes fontes.



Fonte: Frascara (2011, p. 28).

Essa mudança na proporção das letras leva, por outro lado, à necessidade de se aumentar o entrelinhas – espaço entre uma linha e outra –, visto que houve aumento na área preenchida pela altura-x (FRASCARA, 2011). Para Pettersson (2013c), o entrelinha está relacionado à largura da linha, sendo que quanto maior sua largura, maior o entrelinha. Programas de edição gráfica, como o Adobe Illustrator®, utilizam como padrão automático 20% de entrelinha. Isso significa que, para uma fonte de 10 pt o software determina um entrelinha de 12 pt. Essa é a recomendação de Frascara (2011), de que no mínimo deve-se adicionar 20% ao entrelinha de uma fonte para garantir a legibilidade. Já, Pettersson (2013c) recomenda o uso de um entrelinha adicional de 15 a 30%, considerando que fontes como a Times (com altura-x baixa) necessitam de entrelinha menor e, fontes como a Georgia (com altura-x alta), maior.

Frascara (2011) aponta duas variáveis que afetam a legibilidade das fontes: a altura e o espaço entre letras:

- Altura: deve haver uma altura-x constante em todas as minúsculas e a altura constante em todas as maiúsculas. Fontes com ascendentes (traços verticais do *d* e *l*) maiores do que as maiúsculas podem prejudicar, pois existe a possibilidade de tocarem-se às descendentes (traços verticais do *p* e *q*);
- Entreletras: as letras que formam a palavra devem ser vistas como uma unidade, considerando a relação justa entre os olhos das letras (espaço vazio nas letras *o* e *p*), os espaços entre as letras e os espaços entre as palavras. Espacejamentos muito estreitos não serão eficientes, já que os espaços dentro das letras serão mais visíveis do que os espaços entre as letras.

A legibilidade de palavras isoladas em maiúsculas e minúsculas pode ser semelhante. Inclusive, em casos que já exista uma relação do uso da palavra com uma imagem estabelecida, como no caso da palavra SAÍDA em caixa-alta, deve-se adotar esta alternativa. Porém, o uso da caixa-alta faz com que o perfil das palavras, que é um fator importante no reconhecimento das palavras, seja perdido e, portanto, não é recomendado para frases e textos.

O hábito tem um papel importante na legibilidade. Sempre que se vê uma maiúscula no início de uma palavra espera-se um nome próprio ou começo de frase. Da mesma forma, o

hábito pode ser a explicação de que a legibilidade em livros e revistas é melhorada com tipografias com serifa (hastes horizontais na base das letras).

Segundo Frascara (2011), a optometria – estudo da agudeza visual – é uma fonte confiável para se obter recomendações de altura de fonte. Apesar de diversos estudos preocuparem-se com a altura mínima que um tipo de ter para ser lido, o que se deve buscar em consideração a esta pesquisa é um tamanho para a leitura cômoda, que segundo o autor é diferente da anterior. Baseando-se na visão normal, uma fonte deve ter de 3 a 4,5 mm por metro de distância. Considerando-se que a leitura de livros ocorre entre 35 a 40 centímetros de distância, a altura da fonte deve ter entre 1,2 a 1,8 mm. Da mesma forma, para Gather e Baker (1972 apud FRASCARA, 2011) uma leitura nessa distância em boas condições de iluminação necessita de altura de 1,4 mm. Os números, por sua vez, necessitam maior altura porque não formam unidades como formam as palavras<sup>15</sup>, que podem ser reconhecidas de maneira total.

Segundo Pettersson (2013c), a maior parte dos gráficos é passível de diversas interpretações até que estejam relacionadas à uma interpretação específica por uma legenda. A legenda deve utilizar um tamanho de fonte menor que o texto ou um tipo de fonte diferente, para não ser confundida com o texto.

Com esse item, encerram-se os elementos de design da imagem, os quais abrangeram conteúdo visual, elementos básicos, tamanho, forma, cor, contraste, textura, iluminação, composição e tipografia. O próximo item apresenta o processo projetual de design de informação.

### **2.3.4 MODELO DE DESIGN DA INFORMAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE MENSAGENS**

Este item apresenta o Modelo de Design da Informação para o Desenvolvimento de Mensagens (MDIDM) de Petterson (2002). Esse modelo foi considerado compatível com o MPVMI a partir da semelhança no uso de objetivos de aprendizagem e das observações de Cadena e Coutinho (2012) acerca das compatibilidades entre design instrucional e design da informação (ver item 2.3.1). Além disso, observam-se semelhanças entre as equipes de projeto mencionadas nesses dois modelos.

Neste modelo, o material a ser desenvolvido baseia-se na mensagem, a qual sofre um processo de transformação, desde a mensagem pretendida pelo autor, até tornar-se um sistema de informação útil aos usuários em um dado contexto (e.g., um material instrucional). O

---

<sup>15</sup> A leitura de letras em uma palavra envolve suposições e expectativas, baseadas na probabilidade de sua presença – a partir da leitura do princípio de uma palavra e do contexto fornecido pelo texto, imagina-se o seu final (FRASCARA, 2011).

conceito de mensagem corrobora a Mayer (2009), pois o mesmo utiliza intercambiavelmente os termos apresentação multimídia e mensagem multimídia, referindo-se aos materiais que utilizam textos e gráficos para transmitir uma mensagem.

O esquema apresentado na Figura 32 ilustra o processo de transformação da mensagem, que vai da mensagem pretendida à mensagem interpretada: o originador tem uma *mensagem pretendida*; o designer da informação encontra-se com esse originador, cria uma *mensagem percebida* e um número de sketches; depois de discutirem, ambos concordam em uma *mensagem preliminar*; o original inclui a *mensagem projetada*; depois da produção, as *mensagens mediadas* serão distribuídas; cada pessoa que observar o produto final irá criar uma *mensagem interpretada* (PETTERSSON, 2013b).

Figura 32 – Processo de transformação da mensagem.



Fonte: traduzido de Petterson (2013b, p. 45).

Segundo Petterson (2002), para planejar e desenvolver as mensagens dos materiais de informação ou de aprendizagem são necessárias diversas habilidades que podem ser encontradas nas áreas de competências de uma equipe interdisciplinar. Grandes projetos envolvem inúmeros especialistas de diversas áreas. A seguir, apresentam-se, a partir desse autor, os papéis essenciais nessa equipe, considerando o projeto de GIE em materiais instrucionais.

- O *gerente de projeto* é responsável pelo orçamento, coordenação e controle de todo o projeto, além de se comunicar com os demais gerentes e grupos de controle;
- O *gerente de conteúdo* é responsável por determinar os conteúdos de um projeto, dividindo-o entre os materiais;

- Os *especialistas de conteúdo* produzem a primeira sinopse com os fatos e informações necessários sobre o conteúdo, apresentados em textos e imagens. Além disso, podem participar das revisões futuras do projeto;
- Os *editores gráficos* desenvolvem as figuras esquemáticas finalizadas, a partir dos esboços entregues pelos especialistas de conteúdo e escritores. Sua função principal é editar as figuras para combinar com as intenções dos especialistas de conteúdo. Os editores gráficos podem necessitar do auxílio de ilustradores, artistas, fotógrafos, produtores de vídeo e outros, para produzir outras imagens e figuras que podem ser necessárias;
- Os *pedagogos* revisam os materiais instrucionais, verificando sua legibilidade e leiturabilidade, além do valor de leitura para o público pretendido;
- Os *designers gráficos* são responsáveis pelo leiaute e pela tipografia do material. Também, podem finalizar o arquivo para impressão;
- Os *revisores de conteúdo* revisam os conteúdos na forma de texto e gráficos, verificando a exatidão dos dados e fatos e sua relevância à situação instrucional.

O Quadro 11 apresenta correlações observadas entre as equipes projetuais de design da informação e design instrucional (ver item 2.2.1). A seguir, são descritas essas correlações, tomando como ponto de referência a equipe de design instrucional: a função do designer instrucional é exercida pelos gerentes de projeto e de conteúdo; a função do especialista de conteúdo é exercida pelos especialista de conteúdo, pedagogo e revisor de conteúdo; as funções do diretor de arte e do designer gráfico são exercidas pelo designer gráfico; e a função da equipe de arte é exercida pelo editor gráfico.

Quadro 11 - Correspondência entre as funções das equipes de design instrucional e design da informação.

<b>Equipe de design instrucional</b>	<b>Equipe de design da informação</b>
- Designer instrucional	- Gerente de projeto - Gerente de conteúdo
- Especialista de conteúdo	- Especialista de conteúdo - Pedagogo - Revisor de conteúdo
- Diretor de arte - Designer gráfico	- Designer gráfico
- Equipe de arte	- Editor gráfico

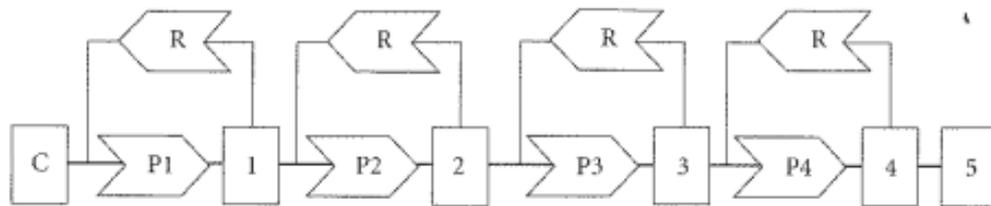
Fonte: adaptado de Clark e Lyons (2011) e Petterson (2002).

A ênfase desta pesquisa se dá sobre o editor gráfico e a equipe de arte, que são os projetistas de gráficos instrucionais. Considerando-se as relações desse profissional dentro da equipe de projeto, destaca-se a sua relação com o especialista de conteúdo, pois este fornece os primeiros

esboços ou referências que servem como ponto de partida para o projeto de gráficos e, posteriormente, faz a verificação dos gráficos projetados.

O processo criativo apresentado por Petterson (2002) inclui as etapas de (1) análise e sinopse, (2) produção do esboço, (3) produção do script, (4) produção do documento original e (5) mestre. Na leitura da Figura 33, O caractere *P* representa processos enquanto que os índices numerais representam os resultados das etapas; o *R* representa as revisões e o *C* a comissão de projeto.

Figura 33 – Modelo de desenvolvimento de mensagens.



Fonte: Petterson (2002, p. 32).

A seguir são descritas as etapas desse processo, iniciando-se pela análise e sinopse.

Na etapa de **análise e sinopse**, o planejamento e a análise permitem organizar o trabalho, analisar a mensagem pretendida, analisar o grupo pretendido de receptores, suas características e necessidades específicas, reunir os dados e fatos necessários, definir a proposta e os objetivos da mensagem, selecionar o método para elaborar a mensagem verbo-visual e selecionar o meio de exibição.

A partir das informações coletas na análise é possível trabalhar na sinopse – visão geral do material de informação ou aprendizagem. O especialista de conteúdo é responsável pela estruturação adequada do material de forma que esta crie as condições para uma leitura de valor para o público-alvo. A revisão pode ser realizada por um comitê de especialistas de conteúdo a respeito dos conteúdos e estrutura da sinopse.

Ao produzir textos e imagens, é importante visualizar a mensagem – materializá-la em uma síntese eficaz de palavras e figuras – para ser apresentada aos leitores. A visualização é uma tarefa complexa, realizada em diferentes etapas e em colaboração com diferentes funções. Considerando a dificuldade dessa tarefa, Adams (1999 apud PETTERSON, 2002) conclui que os testes de usabilidade podem ser de grande auxílio: representantes do grupo específico podem avaliar textos e imagens preliminares e nos produtos finalizados; os usuários podem utilizar o produto em uma situação real, gravados por vídeo para análises futuras; eles podem responder a questionários e entrevistas, assim como, comunicar seus pensamentos subjacentes às suas ações específicas.

Na etapa de **produção do esboço**, O especialista de conteúdo produz o primeiro esboço que dá origem a outros esboços de especialistas de conteúdo, escritores e editores gráficos. Para esta etapa podem ser seguidos seis passos:

- *Versões*: estabeleça um sistema de controle para as várias versões dos documentos;
- *Texto*: estude o esboço do texto, trabalhe com o design de textos e, a seguir, escreva o texto;
- *Figuras*: estude o esboço do especialistas de conteúdo e o texto e trabalhe com o design de imagem. Desenhe sketches simples com explicações para desenhos e fotografias;
- *Integração*: combine os textos e as figuras;
- *Design gráfico*: trabalhe com a tipografia e o leiaute, preparando o manuscrito preliminar;
- *Revisões*: um especialista de conteúdo assegura que o conteúdo está correto e relevante para o público pretendido. Um pedagogo assegura que o material está bem estruturado e compreensível. O material informacional deve ser altamente legível e leiturável, e ter alto valor de leitura. Quando possível, usuários potenciais devem ser convidados a olhar os esboços.

Durante a **produção do script**, são realizadas todas as correções evidenciadas a partir dos comentários dos revisores. O script resultante se assemelhará ao material informacional ou de aprendizagem pronto. Podem-se descrever sete passos nesta etapa:

- *Versões*: controle das várias versões dos documentos;
- *Texto*: editar o manuscrito para assumir a versão final;
- *Desenhos*: encomendar ou produzir os desenhos originais baseados nos sketches anteriores;
- *Fotografias*: encomendar ou produzir fotos adequadas para a reprodução de acordo com os sketches previamente realizados ou testes de fotografias;
- *Design gráfico*: trabalhe com tipografia e leiaute;
- *Direitos autorais*: verificar os direitos autorais de todos os materiais antes da produção técnica começar;
- *Revisões*: revisar os materiais verbal e visual. Fazer uma verificação geral do uso linguístico, estilo de escrita, terminologia, tipografia e leiaute, antes do script ser confirmando como o original. Convide usuários para avaliar o script.

Na etapa de **produção do documento original e mestre**, antes de um documento original ser confirmado como mestre, onde textos e visuais são finalmente combinados, deve-se realizar uma revisão final de acordo com os seis passos a seguir:

- *Versões*: verifique se as versões finais das diversas partes dos documentos estão sendo utilizadas nos originais;
- *Texto*: verifique a qualidade da produção técnica;
- *Desenhos*: verifique a qualidade da produção técnica;
- *Fotografias*: verifique a qualidade da produção técnica;
- *Design gráfico*: verifique a qualidade da produção técnica;
- *Correções*: corrija qualquer erro antes da produção.

A seguir, apresentam-se as principais considerações deste tópico de design visual, a fim de solucionar o problema de pesquisa.

### **2.3.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O TÓPICO**

Este tópico, que abrangeu os itens 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3 e 2.3.4 e está relacionado ao terceiro objetivo específico desta pesquisa, no qual buscou-se apresentar o campo disciplinar do design visual e afim de identificar conhecimentos relevantes ao projeto de GIE.

A primeira tarefa deste tópico foi definir qual disciplina dentro do campo do design visual se demonstrava mais apta a contribuir como principal fonte de conhecimentos no projeto de GIE. Foi determinado que o design de informação, devido ao seu caráter essencialmente funcional, auxilia de forma mais eficaz com princípios, diretrizes e metodologia projetual (HOLLIS, 2000; HORN, 2000; NEWARK, 2009; PETTERSSON, 2002). Inclusive, os elementos de design da imagem (conteúdo visual, elementos básicos, tamanho, forma, cor, contraste, textura, iluminação, e composição), os quais são combinados para configurar os GIE, foram determinados a partir do modelo de Pettersson (2013a) (designer de informação) e complementados com outros autores do design de informação e design gráfico.

Verificou-se, no item 2.3.2, que a interação do usuário com o GIE se dá por meio da leitura do material instrucional, o que tem as seguintes implicações nesta pesquisa: o material instrucional está inserido em um contexto curricular, podendo servir para representar o conteúdo de uma disciplina inteira, de uma aula, ou de um tópico (HORTON, 2006); tendo como propósito o de auxiliar os alunos a alcançarem objetivos de aprendizagem e sendo representados pela linguagem (RAMOS, 2009), os materiais instrucionais podem ser desenvolvidos segundo processos projetuais que contemplem esses aspectos, como os modelos de design instrucional e de design de informação; considerando que os gráficos são percebidos e interpretados juntos de outros elementos nas páginas do material instrucional, deve-se projetar um leiaute informativo, considerando-se aspectos como o número de gráficos por página, o seu posicionamento, o uso de molduras, entre outros (PETTERSSON, 2013c).

Portanto, considerando os materiais instrucionais como meios de comunicação (BELLONI, 2009) utiliza-se a teoria da comunicação como complemento ao modelo de aprendizagem da TAM de Mayer (2009). O modelo de linguagem de Pettersson (2002) também é utilizado como base para o projeto de GIE, considerando essencialmente as linguagens verbal (escrita) e visual (símbolos e figuras).

Este tópico apresentou o design visual como campo disciplinar fundamental na resolução do problema de pesquisa, complementando os tópicos apresentados anteriormente na fundamentação teórico-metodológica – gráficos instrucionais e design instrucional. A seguir, no terceiro capítulo, apresenta-se a metodologia utilizada nesta pesquisa.

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA

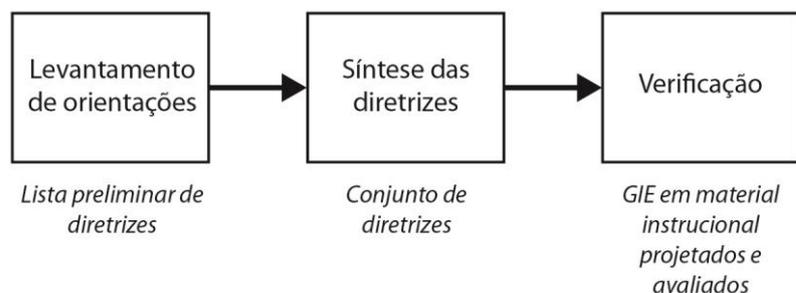
A metodologia desta pesquisa utiliza um conjunto detalhado e sequencial de métodos e técnicas científicas a serem executados, de tal modo que se consiga atingir os objetivos inicialmente propostos e, ao mesmo tempo, atender aos critérios de eficácia e confiabilidade de informação (BARRETO; HONORATO, 1998).

O que se busca nesta pesquisa é contribuir para a qualidade dos gráficos instrucionais estáticos por meio do uso de diretrizes de projeto que considerem aspectos de forma, conteúdo e interação. Considerando-se o objetivo principal desta pesquisa, são utilizados três procedimentos metodológicos, apresentados a seguir:

- **Levantamento de orientações:** levantar orientações para o projeto de GIE, a partir de uma pesquisa exploratória na literatura existente, a fim de obter uma lista padronizada de diretrizes preliminares;
- **Síntese das diretrizes:** sintetizar o conjunto de diretrizes para o projeto de GIE de qualidade, a partir da verificação da relevância das diretrizes preliminares aos critérios de qualidade, com auxílio de especialistas de design visual;
- **Verificação:** verificar a exequibilidade das diretrizes, aplicando-as durante o projeto de GIE, bem como, sua eficácia, avaliando a qualidade dos gráficos gerados com especialistas de conteúdo.

A Figura 34 apresenta o esquema da metodologia utilizada nesta pesquisa, considerando as principais fases e seus resultados (grafados em *itálico*). Seguindo a figura, os procedimentos são explicados em maior profundidade.

Figura 34 – Metodologia da pesquisa.



Fonte: o autor.

O **levantamento de orientações** para o projeto de GIE está relacionado aos objetivos específicos 2, 3 e 4 desta pesquisa, os quais envolvem a coleta de orientações em design instrucional, design visual e o relacionamento das mesmas. Este procedimento foi realizado em quatro etapas:

- i. mapear o cenário de projeto de GIE para compreender a tarefa do designer e estabelecer requisitos para as diretrizes de projeto. Essa situação é descrita baseando-se na relação entre designer instrucional e projetista de gráficos (ver item 2.2) e nos modelos projetuais ADDIE, apresentado em Filatro (2008) (ver item 2.2.1), MPVMI, de Clark e Lyons (2011) (ver item 2.2.4), e MDIDM, de Petterson (2002) (ver item 2.3.5);
- ii. levantar as orientações (princípios, diretrizes, recomendações e características) relativas às áreas de design instrucional e design visual, presentes na literatura sobre o tema. São levantadas as recomendações consideradas relevantes ao cenário de projeto de GIE descrito e referentes às propriedades desses gráficos. As orientações de design instrucional podem ser conferidas no Anexo A e as orientações de design visual, no Anexo B;
- iii. traduzir as orientações levantadas em diretrizes de projeto, a fim de padronizar essas orientações (princípios, diretrizes e características) no nível de diretrizes. Essa tradução baseia-se na ação de tradução de requisitos de usuário em requisitos de projeto, descrita em Back et al. (2008), apoiando-se nas técnicas de *uso de glossário e padronização*;
- iv. listar as diretrizes preliminares para o projeto de GIE, a partir de um processo de organização, agrupamento, seleção e ordenação, a fim de se obter um conjunto prático e conciso de diretrizes projetuais.

A **síntese de diretrizes** de projeto corresponde ao quinto objetivo específico desta pesquisa, e foi desenvolvida em três etapas:

- i. estabelecer os critérios de qualidade por meio da decomposição dos parâmetros de clareza e simplicidade. Esse processo é realizado baseando-se na ação de tradução dos requisitos de usuário em requisitos de projeto, descrita em Back et al. (2008), e apoiando-se nas orientações de legibilidade e simplicidade, presentes na fundamentação teórica (ver itens 2.3.4.1, 2.3.6.6.1, 2.3.6.6.2, 2.3.6.7 e 2.3.6.8);
- ii. relacionar as diretrizes listadas com os critérios de qualidade estabelecidos, a partir da aplicação de questionário com 9 especialistas de design visual. O instrumento utilizado nesse procedimento foi construído a partir da ferramenta casa da qualidade, apresentada no item 2.1.5.1 e baseada em Back et al. (2008) e Baxter (2000), e pode ser conferido no Apêndice A da pesquisa;
- iii. sintetizar a lista de diretrizes projetuais de acordo com a análise e interpretação dos resultados obtidos na etapa anterior. Verificam-se as diretrizes mais relevantes em relação à clareza, à simplicidade, e à qualidade, bem como, aquelas avaliadas como pouco relevantes a esses parâmetros. A partir dessas análises e de seu confronto com o referencial teórico, realiza-se a revisão da lista de diretrizes preliminares.

Em seguida, realiza-se a **verificação das diretrizes** desenvolvidas – correspondendo ao sexto objetivo específico – a partir de sua aplicação em um projeto de GIE, bem como, da avaliação da qualidade dos GIE gerados.

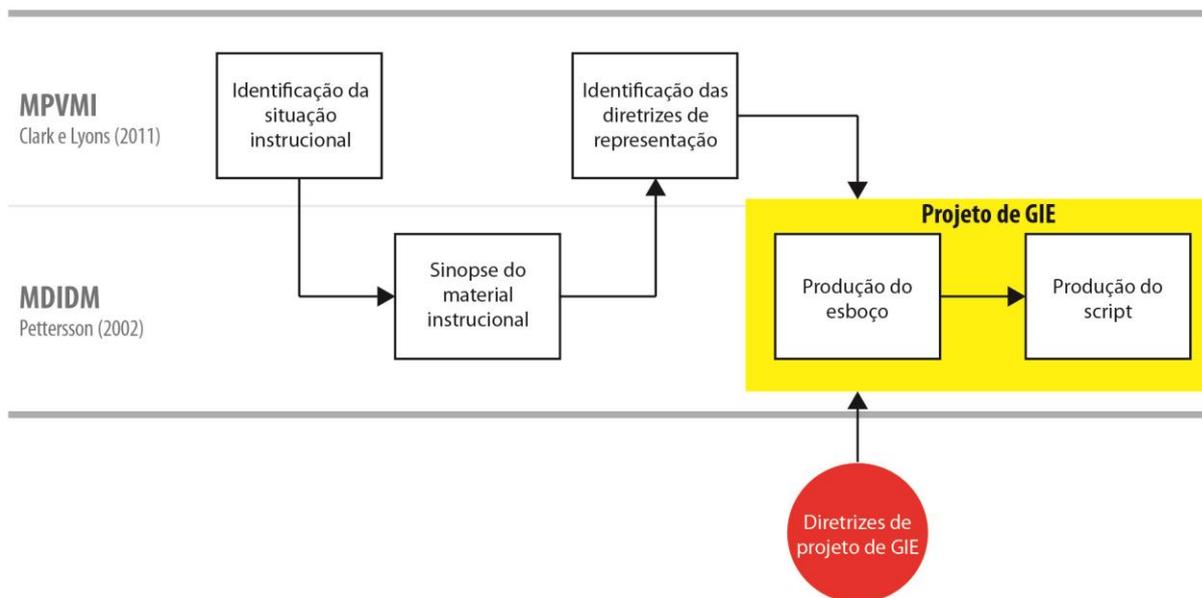
A aplicação das diretrizes de projeto de GIE é realizada a partir da execução de um projeto de material instrucional impresso para a disciplina de Geometria Descritiva II-A (GD) da UFRGS, de código ARQ03317. Essa disciplina da área de expressão gráfica utiliza fortemente a linguagem visual para atingir seus objetivos de aprendizagem e faz parte dos cursos de arquitetura e urbanismo, design e das diversas habilitações de engenharia, totalizando participação no currículo de 19 cursos de graduação da UFRGS.

O material instrucional é desenvolvido segundo a execução de um processo projetual que combina os modelos MPVMI de Clark e Lyons (2011) (ver item 2.2.4) e o MDIDM de Petterson (2002) (ver item 2.3.5), utilizando como base o cenário de projeto desenvolvido na execução do primeiro procedimento metodológico. Esse processo conta com o auxílio de um especialista de conteúdo. As etapas do processo são descritas a seguir:

- a identificação da situação instrucional ocorre por meio da seleção de conteúdos e objetivos de aprendizagem, com o auxílio do especialista de conteúdo, a partir de uma pesquisa documental com o plano de ensino dessa disciplina;
- elabora-se a sinopse do material instrucional – estrutura geral dos tópicos e conteúdos – sob supervisão do especialista de conteúdo;
- identificam-se os tipos de conteúdo, com auxílio do especialista de conteúdo, relacionando-os com as diretrizes de representação de Clark e Lyons (2011), configurando o ponto de partida para o projeto dos GIE;
- projetam-se sketches simples de GIE com explicações, apoiando-se nas diretrizes de projeto desenvolvidas e utilizando como referência os textos dos conteúdos relacionados;
- os gráficos projetados são integrados aos textos e trabalha-se com leiaute e tipografia, configurando um material instrucional preliminar;
- o especialista de conteúdo revisa esse material quanto à exatidão e relevância do conteúdo;
- projetam-se os GIE originais com base nos sketches anteriores e na revisão do especialista de conteúdo;

A Figura 35 apresenta o processo descrito. Em destaque na figura, estão as etapas que fazem parte do projeto de GIE.

Figura 35 – Processo projetual de materiais instrucionais com ênfase na concepção de GIE.



Fonte: adaptado de Clark e Lyons (2011) e Pettersson (2002).

Os resultados obtidos com o desenvolvimento desse processo projetual são analisados, considerando a exequibilidade e utilidade das diretrizes de qualidade. Assim, verificam-se a facilidade no uso das diretrizes e sua praticidade em auxiliar no projeto de GIE. Em seguida, realiza-se a interpretação dessas análises sob luz da fundamentação teórica.

A verificação da qualidade dos gráficos concebidos se deu por meio da avaliação dos GIE, realizada por um grupo de sete professores de GD da UFRGS no papel de especialistas de conteúdo. O instrumento utilizado nesta avaliação foi construído baseando-se nas questões de Wileman (1993, p. 86 apud PETTERSSON, 2013a), para avaliar a legibilidade, e no instrumento BLIX de Pettersson (2013a), para avaliar a leiturabilidade. Esses elementos podem ser conferidos no item 2.3.4.1. Observa-se que o BLIX sofreu adaptações para adequar-se ao caráter abstrato do conteúdo de GD. Também faz parte desse instrumento o material instrucional desenvolvido anteriormente. O Apêndice B apresenta o instrumento utilizado nesta etapa.

Para avaliar os gráficos projetados, os participantes formaram uma impressão geral do material instrucional, através de uma leitura rápida nos objetivos de aprendizagem, títulos, gráficos e textos, e então, leram de forma mais analítica os gráficos concebidos e suas legendas. Após, responderam a um questionário que relaciona cada GIE projetado com critérios de legibilidade e leiturabilidade.

Em seguida, os resultados obtidos nesta avaliação foram analisados, considerando sua legibilidade, leiturabilidade e qualidade. Para determinar a qualidade dos GIE, realiza-se a triangulação de dados, considerando a totalidade de respostas positivas ao questionário, a

avaliação obtida com o instrumento BLIX, e os comentários fornecidos pelos pesquisados acerca dos GIE projetados.

Por fim, foram tecidas as considerações finais desta pesquisa, considerando o alcance dos objetivos propostos, uma reflexão sobre a metodologia utilizada, as principais contribuições da pesquisa e sugestões de pesquisas futuras.

### **3.1 SOBRE OS PARTICIPANTES DA PESQUISA**

Foram selecionados especialistas de design visual e de conteúdo como participantes de etapas de coleta de dados, referentes ao segundo e terceiro procedimentos metodológicos. A técnica de amostragem utilizada é a de amostragem não probabilista intencional, na qual se busca a opinião de elementos não representativos da população, porém, devido à sua experiência e habilidades, são valorizados dentro a população pesquisada (MARCONI; LAKATOS, 2011). Os especialistas têm experiência e expertise nos assuntos relacionados e, portanto, assumem papel complementar à coleta de dados efetuada na revisão bibliográfica.

Os critérios de inclusão dos especialistas são listados a seguir:

- Os especialistas de design visual devem ter formação em design visual e, preferencialmente, ser projetistas de gráficos para materiais instrucionais. Caso isso não seja possível, também são características desejáveis o exercício da atividade docente em disciplinas de projeto visual ou a titulação de pós-graduação em design;
- Os especialistas de conteúdo devem exercer atividade docente na disciplina de Geometria Descritiva II-A (código ARQ03317) da UFRGS. Essa restrição específica deve-se à diferença na abordagem didática utilizada nessa instituição em relação a outras, impactando no uso de métodos instrucionais, apresentação de conteúdos e materiais instrucionais utilizados.

O que se espera com a participação dos pesquisados é a contribuição para o desenvolvimento das diretrizes projetuais para a qualidade de GIE. Assim, a atividade de projeto de GIE é beneficiada de forma direta, já que poderá se utilizar dessas diretrizes como auxílio durante o processo de projeto. De forma indireta, os participantes contribuem para o desenvolvimento teórico da temática gráficos instrucionais dentro dos campos disciplinares do design instrucional e do design visual.

É objetivo desta pesquisa manter ao mínimo os riscos potenciais provenientes da participação dos pesquisados. Para tal propósito, estão previstas as seguintes medidas por parte do pesquisador:

- não haverá custos de participação;

- assegura-se o sigilo acerca da identidade do participante;
- as informações obtidas por sua participação servirão exclusivamente para fins de pesquisa com publicação em relatório e artigos relacionados, sendo armazenadas por cinco anos e, posteriormente, destruídas;
- a participação da pesquisa é facultativa, podendo-se retirar o consentimento a qualquer momento desejado;
- o participante recebe uma via do termo de consentimento assinado como garantia legal;
- o participante recebe os contatos do pesquisador e do Comitê de Ética na Pesquisa (CEP/UFRGS) para esclarecer possíveis dúvidas sobre sua participação.

O convite para a participação dos especialistas será realizado por e-mail, conforme os modelos apresentados nos Apêndices C, D e E da pesquisa. O termo de consentimento correspondente a cada atividade segue anexado ao convite, visando conscientizar os especialistas acerca de sua participação na pesquisa. Confirmada a participação por e-mail, pesquisador e pesquisado acordam sobre um local e horário para a realização das atividades e a assinatura do termo de consentimento. Os termos de consentimento podem ser conferidos nos Apêndices F, G e H da pesquisa. O parecer consubstanciado do CEP/UFRGS que autoriza a participação dos pesquisados é apresentado no Anexo C da pesquisa.

## **4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA**

Este capítulo apresenta o desenvolvimento da metodologia da pesquisa, o qual compreende 3 procedimentos principais: i) levantamento de diretrizes; ii) síntese das diretrizes; e iii) verificação. Os tópicos a seguir descrevem detalhadamente a execução desses procedimentos.

### **4.1 LEVANTAMENTO DE DIRETRIZES**

Este tópico descreve o levantamento de orientações para o projeto de GIE, procedimento que abrange os objetivos específicos 2, 3 e 4 desta pesquisa, envolvendo a coleta de orientações em design instrucional, design visual e o relacionamento destas. Esse procedimento foi realizado em quatro etapas: mapeamento do cenário de projeto; levantamento de orientações a partir de revisão de literatura; tradução das orientações em diretrizes de projeto; e listagem das diretrizes preliminares.

#### **4.1.1 MAPEAMENTO DO CENÁRIO DE PROJETO**

Nesta etapa, realiza-se o mapeamento do cenário em que são projetados os GIE com base na revisão de literatura, especificamente, a partir dos itens 2.2, 2.2.4 e 2.3.4. Esse procedimento possibilita a obtenção de uma visão geral do processo de projeto de GIE, considerando os diferentes atores e elementos envolvidos. Dessa forma, é possível compreender o processo projetual de GIE e estabelecer requisitos para o desenvolvimento das diretrizes de projeto.

Para isso, são analisados os modelos de design instrucional ADDIE (FILATRO, 2008) e MPVMI (CLARK; LYONS, 2011) e o modelo de design visual MDIDM (PETTERSSON, 2002), em relação às suas contribuições para o projeto de GIE. Identificam-se as etapas e tarefas relacionadas ao projeto de GIE, considerando sua demanda proveniente do projeto de materiais instrucionais, bem como, os relacionamentos entre os membros da equipe projetual envolvidos nessas tarefas, tendo como ênfase o projetista de GIE.

O projeto de materiais instrucionais é tratado em Filatro (2008) e Clark e Lyons (2011) de maneiras diferentes, pois ambos os modelos projetuais abordados por essas autoras diferem em propósito. Entretanto, é possível extrair premissas que são comuns aos dois modelos e relacionadas ao projeto de GIE:

- o projeto de gráficos instrucionais provém de uma demanda de projeto de materiais instrucionais, a qual chega ao projetista de gráficos na forma de especificações de projeto;
- a identificação da situação instrucional é determinante no projeto de gráficos instrucionais, pois irá definir os objetivos de aprendizagem, os usuários e o conteúdo a ser trabalhado;
- o projetista de gráficos instrucionais faz parte de uma equipe de projeto de materiais instrucionais, podendo trabalhar em conjunto com o especialista de conteúdo e estar subordinado a outros membros dessa equipe – designer gráfico e diretor de arte. Em última instância, ele responde ao designer instrucional;
- os gráficos concebidos pelo projetista devem passar pela aprovação do designer instrucional;
- após aprovados, os gráficos são incorporados ao material instrucional pelo designer gráfico, formando, junto aos elementos textuais, as páginas desse material.

Em relação às especificações de projeto, o MPVMI trata especificamente da seleção de gráficos e do leiaute das páginas, baseados em diretrizes (ver Anexo A). Dessa forma:

- nesta pesquisa, as especificações de projeto correspondem ao uso das diretrizes de representação de conteúdo, presentes no item 2.2.5.4.

Entretanto, o MPVMI trata o projeto de gráficos como um processo separado do conteúdo textual, ocorrendo a integração dos dois conteúdos – visual e verbal – somente após o término desse processo. Isso pode ser prejudicial ao processo projetual, visto que autores de design visual (FRASCARA, 2004; NEWARK, 2009) explicam que textos e gráficos podem se complementar de maneiras distintas e, para isso, é necessário o conhecimento do conteúdo textual durante o projeto de GIE. Nesse sentido, o MDIDM trata em sua etapa inicial do procedimento de sinopse, que significa uma visão geral e estruturada dos conteúdos a serem trabalhados. Portanto:

- junto às especificações de projeto, na forma de diretrizes, o projetista de GIE deve ter contato com a sinopse do material instrucional.

Dessa forma, estes elementos, situação instrucional, especificações de projeto e sinopse do conteúdo, constituem o **input** (as informações de entrada) do processo de projeto de GIE. Nesta pesquisa, esse processo ocorre com base nas etapas de esboço e script do MDIDM, visto que tratam da concepção de projeto. Nessas duas etapas o projetista de GIE trabalha de forma próxima do especialista de conteúdo, como é descrito a seguir:

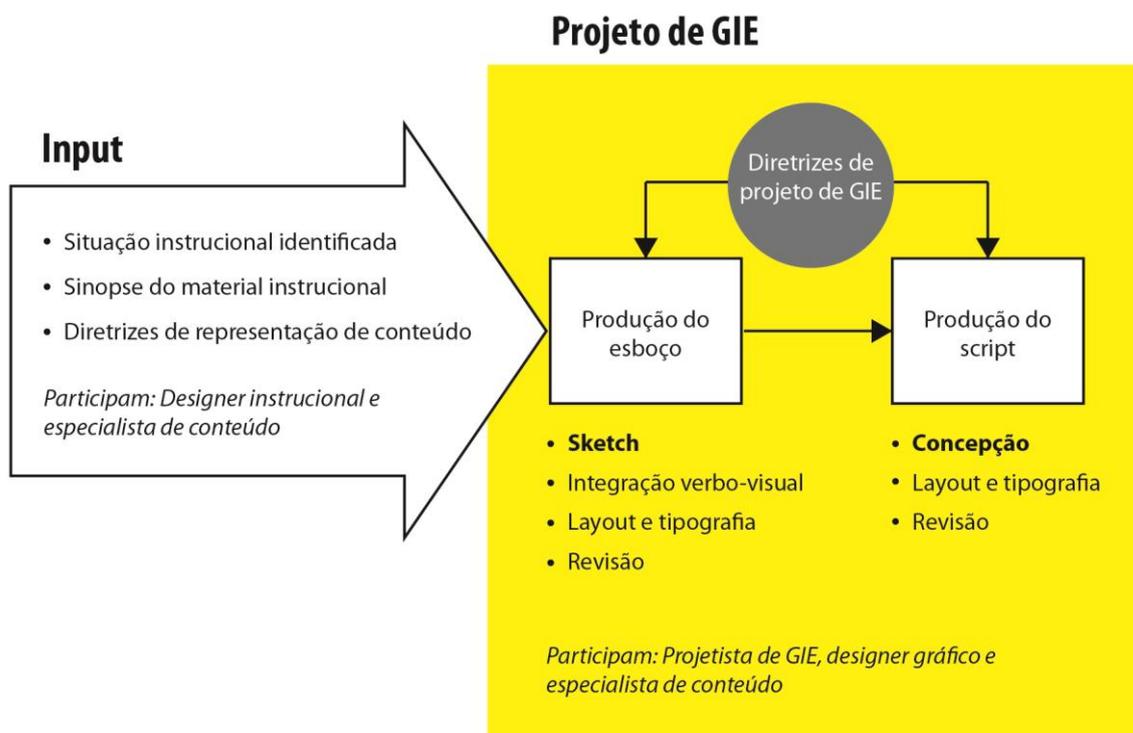
- *na etapa de esboço*: projetam-se sketches simples de GIE com explicações, apoiando-se em esboços iniciais ou referências fornecidas pelo especialista de conteúdo e na sinopse do material instrucional; depois, é realizada a integração

entre os gráficos e texto, e o designer gráfico trabalha com tipografia e leiaute constituindo um material instrucional preliminar; então, o especialista de conteúdo revisa o material instrucional preliminar quanto a exatidão e relevância de seu conteúdo, e quanto a sua estrutura e compreensibilidade;

- *na etapa de script*: projetam-se as concepções de GIE (os originais) com base nos sketches anteriores e na revisão do especialista de conteúdo; o designer gráfico trabalha com tipografia e leiaute; por fim, o especialista de conteúdo realiza nova revisão no material.

Em uma etapa posterior – produção do original e mestre – do modelo MDIDM, ocorre a avaliação da qualidade técnica de todos os aspectos do material instrucional, para então o mesmo ser produzido. Entretanto, o escopo desta pesquisa limita-se ao projeto de GIE a fim de produzir concepções de projeto, sendo etapas posteriores a essa não aplicadas. A Figura 36 apresenta o esquema do cenário de projeto.

Figura 36 – Cenário de projeto de GIE.



Fonte: o autor, adaptado de Filatro (2008), Clark e Lyons (2011) e Pettersson (2002).

Portanto, esse cenário pode ser resumido da seguinte forma:

- o projetista de gráficos recebe um *input* contendo a situação instrucional identificada – englobando os objetivos de aprendizagem, a caracterização dos usuários e do ambiente de aprendizagem –, a sinopse do material instrucional, e as especificações de projeto indicando as diretrizes de representação de conteúdo; o

designer instrucional é responsável pela identificação da situação instrucional e o especialista de conteúdo elabora a sinopse do material instrucional e auxilia o designer instrucional nas especificações de projeto;

- o designer de GIE projeta os sketches apoiado pelas diretrizes de projeto de GIE;
- esses sketches são integrados ao texto e ambos recebem tratamentos de leiaute pelo designer gráfico;
- o especialista de conteúdo revisa o material instrucional preliminar;
- o designer de GIE projeta as concepções de gráficos com base nos sketches anteriores e na revisão do especialista de conteúdo, apoiado pelas diretrizes de projeto;
- o material instrucional recebe novo tratamento de leiaute e tipografia e é submetido a nova revisão.

A partir desse cenário é possível compreender as *funções das diretrizes* e estabelecer requisitos para o seu desenvolvimento:

- as diretrizes de projeto auxiliam o designer de GIE nas etapas de produção de esboço e produção de script, mais especificamente, nos procedimentos de geração de sketches e de concepções de projeto. Assim, as diretrizes são indicações práticas, que apontam características específicas de forma e conteúdo nos sketches e concepções de projeto. Nesse caso, excluem-se das diretrizes procedimentos de projeto como a coletas de dados, análise de similares, etc.;
- o *input* que alimenta essas etapas, contém elementos variáveis que modificam completamente o tipo e as características do gráfico a ser projetado. Assim, as diretrizes geradas devem ser gerais o suficiente para abranger todos tipos de: *gráficos*, incluindo fotografias, modelos 3D, ilustrações, figuras esquemáticas e quadros e tabelas; *usuários*, com pouco ou muito conhecimento prévio; de objetivos de aprendizagem, incluindo diferentes habilidades e conteúdos a serem trabalhados; e de *ambientes de aprendizagem*, incluindo materiais instrucionais impressos ou digitais.

Portanto, são estabelecidos como requisitos para a avaliação das diretrizes ***praticidade e abrangência***: indicações práticas sobre aspectos de forma e conteúdo dos gráficos; e abrangência a todas as situações instrucionais e especificações de projeto.

#### **4.1.2 LEVANTAMENTO DE ORIENTAÇÕES A PARTIR DE REVISÃO DE LITERATURA**

Este processo de levantamento de orientações é realizado em quatro etapas: i) listagem de todos os conjuntos de orientações em design instrucional e design visual, acompanhados da identificação de seus propósitos; ii) seleção desses conjuntos, considerando o atendimento aos requisitos estabelecidos para as diretrizes de projeto; iii) listagem de todas as orientações contidas nesses conjuntos; iv) identificação das orientações que se adequam aos mesmos requisitos.

Para a revisão de literatura, correspondente aos segundo e terceiro objetivos específicos, foram consultados livros e artigos de congressos e periódicos científicos nas áreas de design instrucional e design visual. Foram buscadas referências que tratassem direta ou indiretamente do projeto de GIE, relacionados às seguintes palavras-chave: gráficos instrucionais; figuras instrucionais; diretrizes; design gráfico; e design de informação.

Na área do design instrucional, foram coletadas orientações a partir de Mayer (2009) e Clark e Lyons (2011). Esses dois autores reúnem, em seus livros, princípios e diretrizes sintetizados a partir de diversos resultados de pesquisas. Diversos artigos pesquisados para a elaboração da fundamentação teórica apontam para essas obras (ARGUEL; JAMET, 2009; HÖFFLER; LEUTNER, 2007; WONG et al., 2009). Nessas orientações encontram-se indicações diretas sobre os GIE. Já no design visual, foram coletadas orientações a partir de Pettersson (2013a), Dondis (2007), Gomes Filho (2009) e Frascara (2011). Pettersson (2013a) reúne, em seu livro, diretrizes e princípios de design da mensagem diretamente relacionado ao projeto de gráficos e de materiais informacionais e instrucionais. Além disso, o autor sintetiza características proveniente de diversos autores sobre aspectos de linguagem visual, percepção de mensagens, etc. Por outro lado, os demais autores citados, tratam de aspectos específicos do projeto gráfico como composição, elementos básicos e tipografia.

Ao total, foram levantados 4 conjuntos de orientações em design instrucional, que podem ser conferidos no Anexo A desta pesquisa. Em design visual, foram levantados 12 grupos de orientações que constam no Anexo B e no item 2.3.3. Portanto, 16 conjuntos totalizaram esta listagem inicial, os quais tiveram seus propósitos identificados a partir de uma análise de suas orientações.

Para a etapa de seleção dos conjuntos, foram utilizados como critérios de seleção os requisitos para a proposição das diretrizes, estabelecidos no item 4.1.1 – praticidade e abrangência. Analisando os propósitos dos conjuntos listados, 14 dos 16 conjuntos atenderam aos critérios de praticidade e abrangência. O Quadro 12 apresenta todos os conjuntos listados, bem como, os conjuntos selecionados destacados em amarelo. Os conjuntos excluídos dessa lista foram os conjuntos 1 e 4, pelos seguintes motivos: o conjunto 1 trata de etapas e

procedimentos de projeto, e de aspectos específicos para cada tipo de conteúdo distinto, não atendendo o critério de praticidade; o conjunto 4 trata de aspectos específicos para cada tipo de conteúdo e já faz parte do *input* de projeto de GIE, não atendendo o critério de abrangência.

Quadro 12 – Conjuntos de orientações selecionados.

	Orientações	Propósito
Design Instrucional - item 2.2.5	<b>1. Recomendações para a concepção de gráficos instrucionais</b> (Clark; Lyons, 2011)	Visam auxiliar no processo projetual, recomendando procedimentos específicos para etapas de análise, de geração e de avaliação.
	<b>2. Princípios para apoiar os eventos instrucionais</b> (Clark; Lyons, 2011)	Relacionam o conteúdo dos gráficos com sua eficácia na aprendizagem, descrevendo aspectos de tipo de gráfico e objetivos de aprendizagem.
	<b>3. Princípios de instrução multimídia</b> (Mayer, 2009)	Relacionam aspectos de forma e conteúdo com a eficácia dos gráficos na aprendizagem, considerando elementos dos gráficos e sua posição espacial.
	<b>4. Diretrizes para a representação de conteúdo</b> (Clark; Lyons, 2011)	Relacionam os tipos de conteúdo específicos com os tipos de gráficos adequados e o conteúdo contido nestes, incluindo indicações sobre quantidade adequada de gráficos, posição destes no espaço e situações de uso de gráficos. Estas diretrizes são mais direcionadas à especificação do designer instrucional.
Design Visual - itens 2.3.3. e 2.3.6	<b>5. Diretrizes para apoiar os eventos instrucionais</b> (Clark; Lyons, 2011)	Relacionam os eventos instrucionais – considerando aspectos cognitivos de atenção, conhecimento prévio, carga cognitiva, modelos mentais, transferência e motivação – ao conteúdo dos gráficos, indicando tipos de gráficos, técnicas de ênfase e situações de uso de gráficos.
	<b>6. Diretrizes e características de elementos de design da imagem</b> (Pettersson, 2013a; Dondis, 2007; Gomes Filho, 2009; Frascara, 2011)	Indicam orientações acerca das propriedades e funções dos diversos componentes pictóricos como elementos básicos (ponto, linha, área, volume), tamanho, forma externa, cor, contraste, textura, iluminação e composição.
	<b>7. Características de linguagem visual</b> (Pettersson, 2013a)	Indicam as principais características da linguagem visual, considerando os elementos que a estruturam e sua funcionalidade, diferenciando-a da linguagem verbal.
	<b>8. Características de percepção de mensagens visuais</b> (Pettersson, 2013a)	Indicam características da interação entre usuários e mensagem visual em um nível básico – nível perceptual. Trata-se essencialmente do reconhecimento do conteúdo do gráfico. Dessa forma, relacionam-se com a legibilidade do gráfico.
	<b>9. Características de compreensão da linguagem visual</b> (Pettersson, 2013a)	Indicam características da interação entre usuários e mensagem visual em um nível complexo – nível de compreensão e interpretação de mensagens. Tratam-se aspectos do usuário que influenciam na interpretação dessas. Assim, relacionam-se com a leiturabilidade dos gráficos.
	<b>10. Características de memória para gráficos</b> (Pettersson, 2013a)	Indicam características sobre a memória, sobre gráficos. Trata-se essencialmente da recuperação da memória visual, traçando paralelos com a memória verbal.
	<b>11. Características para a apresentação combinada de gráficos e palavras</b> (Pettersson, 2013a)	Indicam possibilidades sobre a apresentação de mensagens verbo-visuais, apontando aspectos sobre a eficácia dessas na aprendizagem. Tratam-se da apresentação de gráficos com palavras e da relação dos gráficos com o texto.
	<b>12. Princípios de design da mensagem</b> (Pettersson, 2013a)	Indicam princípios que abordam uma gama de aspectos envolvidos no desenvolvimento de materiais instrucionais e informativos, podendo ser utilizado como um roteiro de processo projetual inclusive. Tratam-se especificamente de aspectos funcionais, administrativos, estéticos e cognitivos.
	<b>13. Diretrizes de legibilidade de gráficos</b> (Pettersson, 2013a)	Indicam aspectos de forma dos gráficos para melhorar sua legibilidade.
	<b>14. Diretrizes de legibilidade de cor</b> (Pettersson, 2013a)	Indicam aspectos de contraste entre cores para a melhorar legibilidade dessas.
	<b>15. Diretrizes de legibilidade de textos</b> (Pettersson, 2013a)	Indicam aspectos de tipografia para melhorar a legibilidade de textos em diferentes formatos – impresso, pôster, tela, projetor.
	<b>16. Diretrizes de leiturabilidade de gráficos</b> (Pettersson, 2013a)	Indicam aspectos de conteúdo para melhorar a leiturabilidade dos gráficos.

Fonte: o autor.

A partir dessa seleção, realizou-se nova listagem, categorizando os grupos de orientações em princípios, diretrizes e características, e subdividindo aqueles grupos que apresentavam subgrupos. Estando todos os grupos categorizados e subdivididos, foram descritas as orientações referentes aos mesmos. A partir desse procedimento, obtiveram-se 6 conjuntos contendo 25 princípios; 20 conjuntos contendo 60 diretrizes; e 9 conjuntos contendo 59 características. Assim, obteve-se uma lista totalizando 35 conjuntos contendo 144 orientações.

A partir dessa nova listagem, realizou-se a seleção das orientações de projeto baseando-se no atendimento dos critérios de seleção utilizados anteriormente. Portanto, cada orientação passou por esta série de perguntas e, caso todas as respostas fossem positivas, a mesma era selecionada:

- a orientação está relacionada à tarefa do projetista de GIE?
- a orientação trata de aspectos de forma ou conteúdo dos gráficos?
- a orientação abrange todos tipos de conteúdo, gráficos, usuários e materiais?
- a orientação tem como foco aspectos funcionais do gráfico, em detrimento do o interesse e o valor estético, considerando que estes foram excluídos da qualidade dos gráficos (ver item 2.3.4)?

Seguindo esse processo, foram selecionados 15, dos 25 princípios, 31, das 60 diretrizes, e 24, das 59 características, totalizando 70 orientações selecionadas. O Apêndice I apresenta os grupos de princípios, diretrizes e características, bem como, as orientações selecionadas em destaque. A Figura 37 apresenta um exemplo desse processo.

Figura 37 – Parte da matriz de listagem e seleção das orientações projetuais.

Tipos de orientação			Orientações
Princípios	Diretrizes	Características	
1. Princípios para apoiar os eventos instrucionais (Clark; Lyons, 2011)			Gráficos e textos alinhados com os objetivos instrucionais melhoram o aprendizado.
			Gráficos desalinhados com os objetivos instrucionais prejudicam o aprendizado.
			Gráficos são mais eficazes para comunicar um conteúdo
			Gráficos que descrevem relações podem apoiar a aprendizagem significativa.
			Frequentemente, gráficos simples são melhores para o
			Gráficos ignorados não ensinam.
2. Princípios de instrução multimídia (Mayer, 2009)			Coerência
			Sinalização
			Contiguidade espacial
	3. Direcionar a atenção		Utilize sinais para focar a atenção;
			Utilize cor e contraste para focar a atenção;

Fonte: o autor.

Porém, essas orientações ainda não formam uma lista padronizada e prática para auxiliar o projetista de GIE. Portanto, no item a seguir, é realizado o processo de padronização dessas orientações.

#### **4.1.3 NORMALIZAÇÃO DAS ORIENTAÇÕES EM DIRETRIZES DE PROJETO**

A etapa anterior forneceu uma lista de 70 princípios, diretrizes e características que podem auxiliar no projeto de GIE. Essas orientações distintas diferem na forma em que são expressas e como auxiliam o projetista de GIE. Como o objetivo desta pesquisa é estabelecer diretrizes de projeto, os princípios e características devem ser normalizados para a obtenção de diretrizes. Além disso, algumas das diretrizes levantadas não estão expressas no formato adequado para auxiliar no projeto de GIE, também exigindo normalização.

No item 1.2, Pettersson (2013b) e Shneiderman (1998) explicam o papel e a formação de princípios e diretrizes de projeto. Segundo esses autores, os princípios são sintetizados a partir de resultados de pesquisa e servem para auxiliar na criação e comparação de alternativas de projeto. Já as diretrizes servem como orientações práticas que indicam aspectos específicos para a criação. Esses autores não comentam sobre as orientações no formato de características. Porém, da forma como são apresentadas em Pettersson (2013a), estas aproximam-se dos resultados de pesquisas científicas, o que não as caracteriza como princípios nem orientações práticas como as diretrizes

Seguindo esta lógica, os princípios são as orientações mais gerais, visto que sintetizam diversos resultados de pesquisa e podem originar as diretrizes. Sendo assim, necessitam de maior desdobramento para atingirem o nível de diretrizes. Da mesma forma, as características, que são similares aos resultados de pesquisa, podem gerar diretrizes. Porém, diferentemente dos princípios, os quais podem gerar mais de uma diretriz cada, as características seguem uma lógica inversa: uma característica pode gerar diretamente uma diretriz, ou então, mais características podem ser agrupadas para gerar uma diretriz. Por outro lado, também pode ocorrer das características não gerarem nenhuma diretriz.

Como base para a normalização, utilizam-se as técnicas de glossário e padronização, conforme sugerem Back et al. (2008). A primeira, refere-se ao uso de listas de termos e atributos de produto – neste caso, gráficos – e, a segunda, estabelece uma forma comum de caracterizar os objetos de estudo – diretrizes – com o uso de códigos, siglas, palavras e frases. Além disso as diretrizes devem atender aos critérios de abrangência, praticidade e concisão, estabelecidos no item 4.1.1.

A lista de atributos foi retirada de Pettersson (2013a), o qual compreende os aspectos de forma (ou execução) como sendo os componentes pictóricos que configuram o gráfico,

incluindo elementos básicos (ponto, linha, área e volume), tamanho, forma externa, cor, contraste, textura, iluminação, composição, perspectiva e tipografia. O conteúdo é representado através de aspectos como estrutura (grau de realismo e detalhamento), conteúdo factual (objetos, tempo e lugar, e estatísticas), eventos (movimento e ritmo, som, humor e sátira) e emoções. O Quadro 13 resume os elementos de forma e conteúdo.

Quadro 13 – Lista de atributos dos gráficos.

<b>Forma</b>	<b>Conteúdo</b>
Elementos básicos: ponto, linha, área, volume	Estrutura: realismo, detalhamento
Tamanho	Conteúdo factual: objetos, tempo, lugar e estatísticas
Forma externa	Eventos: movimento e ritmo, som, humor e sátira
Cor	Emoções
Contraste	
Textura	
Iluminação	
Composição	
Perspectiva	
Tipografia	

Fonte: adaptado de Pettersson (2013a).

A padronização foi realizada a partir da análise das 31 diretrizes coletadas, quanto a sua sintaxe. Foram extraídas 3 possíveis sintaxes a partir das diretrizes que mais adequaram-se aos critérios estabelecidos anteriormente. Estes padrões sintáticos foram utilizados na normalização das 70 orientações:

- verbo + aspecto gráfico + qualidade: e.g., certifique-se de que as diferenças entre cores estão evidentes e óbvias;
- verbo + aspecto gráfico + propósito: e.g., use sinais para focar a atenção; escreva legendas para explicar os gráficos;
- verbo + aspecto gráfico + qualidade + propósito: e.g., use elementos gráficos impactantes e grandes o suficiente para serem lidos.

Portanto, baseando-se no glossário e nas sintaxes possíveis, realizou-se a normalização das orientações em diretrizes de projeto. Os 15 princípios foram normalizados em 18 diretrizes, as 31 diretrizes se mantiveram, e as 24 características foram normalizadas em 6 diretrizes. Observa-se que alguns princípios foram expandidos em mais de uma diretriz; as diretrizes foram reescritas de acordo com o padrão estabelecido; e algumas características foram descartadas, outras foram agrupadas para formar diretrizes, e outras foram normalizadas diretamente em diretrizes. Obtiveram-se, ao total, 55 diretrizes projetuais.

Observam-se os seguintes pontos nesse processo de normalização:

- alguns princípios não tinham significado explícito em seu enunciado (e.g., coerência, proporcionar unidade). Portanto, nesses casos, foi necessário nova

consulta ao referencial teórico para a melhor compreensão desses princípios no cenário de projeto e poder normalizá-los em diretrizes projetuais;

- algumas orientações referiam-se ao termo *objetivos instrucionais*, o que poderia tornar a compreensão dessas indicações obscura. Nesses casos, esse termo foi substituído por *conteúdo instrucional*, visto que a parte dos objetivos que determina a conexão entre gráfico e objetivo é o conteúdo (ver item 2.2.3).

A Figura 38 apresenta uma parte da matriz utilizada na normalização das orientações projetuais. A tradução completa pode ser observada no Apêndice J.

Figura 38 – Parte da matriz apresentando a normalização de princípios.

	Orientação	→	Diretriz traduzida
Princípios	Gráficos e textos alinhados com os objetivos instrucionais melhoram o aprendizado.		Utilize gráficos com conteúdo relevante ao conteúdo
	Gráficos desalinhados com os objetivos instrucionais prejudicam o aprendizado.		Utilize uma combinação de gráficos e palavras com conteúdo relevante ao conteúdo instrucional para melhorar o aprendizado.
	Frequentemente, gráficos simples são melhores para o aprendizado.		Evite gráficos com conteúdo irrelevante ao conteúdo instrucional.
	Coerência		Utilize gráficos simples (com nível baixo de realismo e detalhamento).
	Sinalização		Elimine partes dos gráficos irrelevante ao conteúdo instrucional.
	Contiguidade espacial		Destaque as partes mais importantes dos gráficos.
	Proporcionar clareza;		Posicione palavras próximas às partes referidas nos gráficos.
	Proporcionar simplicidade;		Destaque o conteúdo do fundo.
	Proporcionar ênfase;		Diferencie claramente as partes do gráfico.
	Proporcionar unidade;		Utilize tipografias familiares em tamanho adequado (nem muito grande nem muito pequeno).
	Harmonia;		Escolha estilos familiares ao público para os textos e gráficos.
	Facilitar a percepção;		Destaque os elementos mais importantes do conteúdo de um gráfico.
	Facilitar o processamento mental;		Verifique a coerência entre os gráficos desenvolvidos, considerando estilo, tipografia e técnicas de realce.
	Facilitar a memória;		Encontre o equilíbrio entre os elementos da composição para formar relações harmoniosas.
	Utilize sinais para focar a atenção;		Organize e integre os elementos do gráfico para formarem um
	Utilize cor e contraste para focar a atenção;		Projetar gráficos simples, claros e sem ambiguidades.
Evite gráficos que distraiam;		Posicione palavras próximas às partes referidas nos gráficos.	
			Destaque partes importantes de um gráfico com o uso de: cor, setas, ícones, sombreamento, agrupamentos e tipografia.
			Destaque partes importantes com cores contrastantes.
			Evite gráficos com conteúdo irrelevante ao conteúdo instrucional.

Fonte: o autor.

Ao final desta etapa, observou-se a existência de diversas diretrizes repetidas e similares que poderiam ser agrupadas a fim de se obter uma lista preliminar mais concisa. O item a seguir trata do agrupamento e listagem das diretrizes preliminares.

#### 4.1.4 LISTAGEM DAS DIRETRIZES PRELIMINARES

Este item tem como propósito fornecer uma lista de diretrizes projetuais preliminares o mais concisa possível. Essa lista é posteriormente avaliada por especialistas de design visual quanto aos critérios de qualidade dos GIE no segundo procedimento metodológico – síntese das diretrizes –, apresentado no item 4.2.

Esta etapa foi realizada a partir dos processos de **organização, agrupamento, seleção e ordenação**. Para isso, as diretrizes foram organizadas em eixos temáticos, definidos de acordo com seus elementos gráficos e propósitos. Com o objetivo de diminuir o número de diretrizes, aquelas consideradas similares foram agrupadas. Por fim, realizou-se uma nova seleção e a lista resultante de diretrizes é ordenada.

Os eixos temáticos serviram como base para os procedimentos posteriores de agrupamento, seleção e ordenação. Para defini-los, realizou-se uma análise das diretrizes na qual buscou-se identificar as principais temáticas abordadas e sua relevância ao cenário de projeto. Os eixos temáticos obtidos foram: *conteúdo; composição; uso de cores; destaque; tipografia; e finalização*. Esses temas são representativos do montante de diretrizes e formam um todo significativo que pode ser aplicado de forma prática no cenário de projeto.

Após serem organizadas em seus respectivos eixos temáticos, as diretrizes similares foram posicionadas próximas na matriz de agrupamento para facilitar o processo de agrupamento. Nesse processo, o objetivo foi diminuir a lista de diretrizes à sua essência, a partir das similaridades encontradas dentre as diretrizes contidas em cada eixo temático. Ao final desse processo, obteve-se uma lista de 22 diretrizes, as quais foram agrupadas segundo os seguintes critérios:

- as diretrizes repetidas foram agrupadas;
- as diretrizes que tratavam dos mesmos aspectos gráficos, porém a partir de abordagens diferentes, foram agrupadas: e.g., utilize gráficos com conteúdo relevante ao conteúdo instrucional; e evite gráficos com conteúdo irrelevante ao conteúdo instrucional;
- diretrizes que tratavam de aspectos complementares foram agrupadas: e.g., destaque as partes mais importantes dos gráficos; e destaque as partes mais importantes com cores contrastantes.

Essas 22 diretrizes obtidas passaram por um novo processo de seleção e agrupamento, desta vez, considerando também as relações entre as diretrizes dos diferentes eixos temáticos. Das 22 diretrizes, foram agrupadas duas diretrizes e uma foi descartada por não se adequar ao critério de praticidade no uso. Os processos de organização, agrupamento e seleção podem ser conferidos no Apêndice K da pesquisa.

Em seguida, as diretrizes foram ordenadas da forma mais adequada ao projeto de GIE, considerando a cronologia na execução das tarefas projetuais. A Figura 39 exibe as 20 diretrizes correspondentes aos aspectos de conteúdo, composição, uso de cores, destaque, tipografia e finalização dos GIE.

Figura 39 – Lista de diretrizes preliminares para o projeto de GIE.

<b>Diretrizes preliminares para o projeto de gráficos instrucionais de qualidade</b>	
<b>Conteúdo</b>	<p>Projete gráficos com conteúdo relevante ao conteúdo instrucional.</p> <p>Determine um conceito para o gráfico e utilize somente as informações necessárias para transmiti-lo.</p> <p>Projete gráficos simples (com nível baixo de realismo e detalhamento).</p> <p>Escolha estilos familiares ao público para os textos e gráficos.</p> <p>Utilize técnicas de sequenciamento visual para apresentar ideias complexas.</p>
<b>Composição</b>	<p>Organize os elementos gráficos em uma estrutura clara, equilibrada e de fácil compreensão.</p> <p>Utilize um (ou poucos) centro de interesse localizado próximo ao centro ótico ou no terço superior do gráfico.</p> <p>Use elementos gráficos impactantes e grandes o suficiente para serem lidos;</p> <p>Torne o contraste claro o suficiente para diferenciar os elementos gráficos.</p> <p>Priorize o retângulo áureo para o formato externo do gráfico (3:5; 5:8; 8:13, etc.)</p> <p>Combine gráficos e palavras, posicionando-as próximas às partes referidas nos gráficos.</p>
<b>Uso de cores</b>	<p>Projete gráficos em preto e branco e depois adicione cores com contrastes claros.</p> <p>Utilize cor quando esta é essencial à compreensão do conteúdo.</p>
<b>Destaque</b>	<p>Destaque o conteúdo do fundo.</p> <p>Destaque as partes mais importantes do gráfico com o uso de: tamanho, cor, setas, pontos, linhas, contornos mais espessos, sombreamento, agrupamentos e tipografia.</p>
<b>Tipografia</b>	<p>Utilize tipografias familiares em tamanho legível.</p> <p>Escreva a primeira letra da frase em maiúscula e as demais em minúscula.</p> <p>Utilize texto alinhado à esquerda ou texto alinhado à direita, quando inserido à esquerda do gráfico.</p>
<b>Finalização</b>	<p>Escreva legendas para explicar os gráficos.</p> <p>Verifique a coerência entre todos os gráficos projetados, considerando estilo, tipografia e técnicas de destaque.</p>

Fonte: autor.

## 4.2 SÍNTESE DAS DIRETRIZES

Este procedimento apresenta o processo que leva à síntese da lista definitiva de diretrizes projetuais para contribuir com a qualidade dos GIE, o qual corresponde ao quinto objetivo específico desta pesquisa. Após o levantamento das diretrizes preliminares, efetuado no

procedimento metodológico anterior, realiza-se o seu relacionamento com os critérios de qualidade. Esse relacionamento permite determinar quais são as diretrizes mais relevantes à qualidade dos GIE.

Antes, porém, é necessário determinar os critérios de qualidade, processo apresentado no item a seguir.

#### **4.2.1 OS CRITÉRIOS DE QUALIDADE**

O relacionamento na casa de qualidade é realizado, segundo Back et al. (2008), a partir de requisitos de usuário e requisitos de projeto. A linguagem utilizada na expressão dos requisitos de projeto caracteriza-se pela utilização de parâmetros de projeto manipuláveis, o que proporciona uma relação objetiva entre ambos os requisitos. Considerando a proposta deste procedimento metodológico – relacionar as diretrizes projetuais com a promoção da qualidade nos GIE –, a forma em que estão conceituadas clareza e simplicidade não está adequada para permitir esse relacionamento. Portanto, é necessário decompor esses parâmetros de qualidade até atingirem o nível de requisitos de projeto.

Segundo Back et al. (2008), os requisitos de projeto são atributos do produto que podem ser manipulados para satisfazer os requisitos do usuário. Neste caso, os parâmetros de clareza e simplicidade podem ser considerados como requisitos do usuário a partir da conceituação obtida em Pettersson (2013a):

- *clareza*: facilidade de leitura e distinção das partes do gráfico;
- *simplicidade*: adequação do conteúdo e de sua apresentação ao leitor;

A fim de obter equivalência de peso para ambos os critérios, cada parâmetro de clareza e simplicidade deve ser decomposto no mesmo número de critérios. Dessa forma, buscou-se na revisão bibliográfica por mais informações acerca desses parâmetros para poder decompô-los nos critérios almejados. Foram encontradas informações na forma de princípios e diretrizes de projeto, já que essas orientações tratam da manipulação de parâmetros projetuais para atingir propósitos específicos. Essas orientações podem ser encontradas Anexo B. A seguir, no Quadro 14, descrevem-se os critérios de qualidade para a clareza e a simplicidade, a partir de Pettersson (2013a):

Quadro 14 – Critérios de qualidade.

<b>Parâmetro</b>	<b>Critérios de qualidade</b>	<b>Descrição</b>
Clareza	Tamanho adequado dos elementos gráficos	Os elementos, incluindo a tipografia, têm um tamanho legível.
	Impacto/força dos elementos gráficos	Os elementos são percebidos de forma vigorosa.
	Distinção entre as partes do gráfico	Todos elementos são claramente discerníveis.
	Distinção entre figura e fundo	A figura (parte do conteúdo) do gráfico destaca-se com facilidade do fundo.
	Tipografia de fácil leitura	A tipografia utilizada é familiar e tem um tamanho legível.
Simplicidade	Contém somente informações essenciais	Não existem informações supérfluas no gráfico.
	Estilo do gráfico reconhecível pelo leitor	Os elementos gráficos e palavras escolhidos fazem parte do repertório do leitor.
	Elementos gráficos visualmente organizados, ordenados	Estrutura clara que facilita a compreensão do conteúdo.
	Detalhamento ideal	O detalhamento utilizado não é excessivo nem faltam detalhes para compreender o conteúdo.
	Conteúdo objetivo	O conteúdo é compreendido sem ambiguidades.

Fonte: adaptado de Pettersson (2013a).

#### **4.2.2 RELACIONAMENTO ENTRE AS DIRETRIZES E OS CRITÉRIOS DE QUALIDADE**

Este item apresenta o relacionamento entre as diretrizes projetuais preliminares e os critérios de qualidade estabelecidos. Para isso, foram aplicados 9 questionários com especialistas em design visual e, posteriormente, os dados coletados foram codificados e tabulados. Esses especialistas relacionaram cada diretriz com 5 critérios de clareza e 5 critérios de simplicidade. Considerando-se a qualidade como a soma de clareza e simplicidade, os resultados obtidos puderam medir a contribuição de cada diretriz em relação à clareza, simplicidade e qualidade. Em seguida, os resultados foram analisados para possibilitar a interpretação e síntese das diretrizes projetuais.

A aplicação do instrumento foi precedida por uma revisão com um avaliador, o qual questionou alguns termos utilizados na explicação de sua execução. O instrumento foi revisado e submetido a 11 especialistas, dos quais 9 responderam à pesquisa e assinaram os termos que consentem sua participação. Os convites foram encaminhados por e-mail, segundo o modelo apresentado no Apêndice C, sendo que 8 pesquisados responderam ao instrumento impresso e 1 respondeu ao instrumento em formato digital.

Após a codificação e tabulação dos dados, apresentados no Apêndice L, os dados foram organizados quanto a: clareza; simplicidade; clareza e simplicidade agrupados; e clareza e simplicidade somados, o que corresponde à qualidade. Assim foi possível analisar os resultados quanto a aspectos distintos. A Tabela 1 apresenta o somatório total das diretrizes, bem como, suas médias obtidas quanto à clareza, simplicidade e qualidade. As diretrizes são identificadas com a sigla D mais o número da diretriz – a primeira diretriz é identificada como D1, a segunda, como D2 e assim por diante.

Tabela 1 – Somatório e média das diretrizes em relação à clareza, simplicidade e qualidade.

<b>Diretriz</b>	<b>∑ Clareza</b>	<b>∑ Simplicidade</b>	<b>∑ Qualidade</b>	<b>Média Clareza</b>	<b>Média Simplicidade</b>	<b>Média Qualidade</b>
<b>D1</b>	120	176	296	2,77	3,77	3,27
<b>D2</b>	141	179	320	3,4	3,9	3,65
<b>D3</b>	122	185	307	2,69	4,11	3,38
<b>D4</b>	122	118	240	2,66	2,62	2,64
<b>D5</b>	136	131	267	2,96	2,91	2,93
<b>D6</b>	184	153	337	4,05	3,4	3,72
<b>D7</b>	114	76	190	2,51	1,68	2,1
<b>D8</b>	173	71	244	3,83	1,57	2,7
<b>D9</b>	160	73	233	3,56	1,62	2,59
<b>D10</b>	63	44	107	1,36	0,97	1,17
<b>D11</b>	116	99	215	2,51	2,2	2,35
<b>D12</b>	103	49	152	2,23	1,08	1,66
<b>D13</b>	135	83	218	2,99	1,84	2,41
<b>D14</b>	147	55	202	3,30	1,22	2,26
<b>D15</b>	186	135	321	4,11	3	3,55
<b>D16</b>	134	77	211	2,96	1,71	2,33
<b>D17</b>	91	50	141	1,98	1,11	1,54
<b>D18</b>	106	70	176	2,27	1,55	1,91
<b>D19</b>	93	106	199	2,09	2,35	2,22
<b>D20</b>	171	140	311	3,76	3,11	3,43

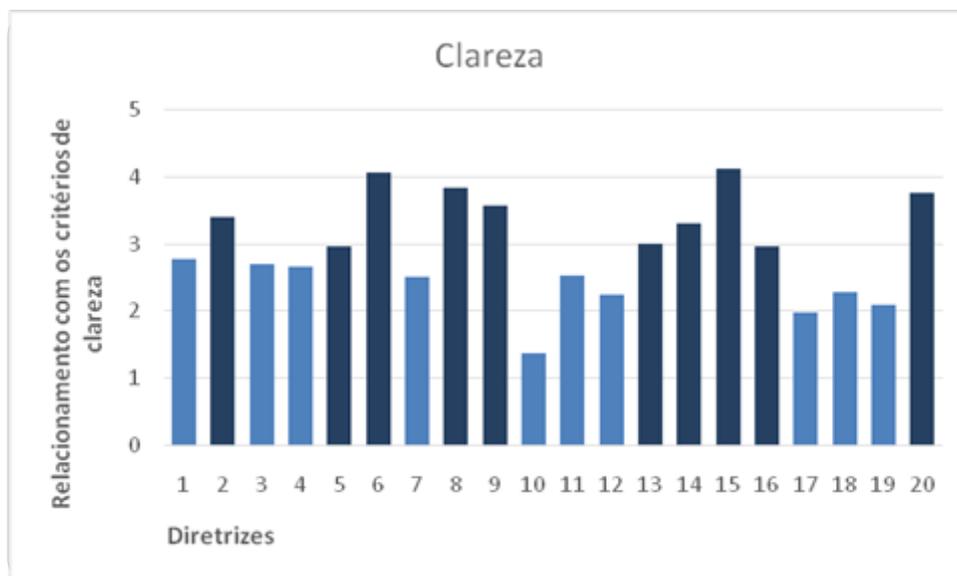
Fonte: o autor.

A partir da compilação desses dados, os resultados foram apresentados na forma de gráficos de barra para permitir uma análise mais detalhada das diferentes categorias. Nesses gráficos, aparecem relacionados as diretrizes e os critérios de qualidade, considerando a média obtida e a escala de relacionamento utilizada no instrumento de pesquisa – 5 para relacionamento forte, 3 para relacionamento médio, 1 para relacionamento fraco, e 0 (zero) para relacionamento inexistente.

A Figura 40 apresenta a relação entre as diretrizes e a clareza. Segundo os especialistas de design visual, as diretrizes que mais contribuem para a clareza de um GIE são,

respectivamente, as diretrizes D15, D6, D8, D20, D9, D2, D14, D13, D5 e D16. Essas diretrizes encontram-se destacadas em azul-escuro no gráfico, considerando que têm um relacionamento de grau médio a forte com os critérios de clareza – de 3 a 5. Observa-se que as diretrizes D13, D5 e D16 também foram destacadas devido aos seus valores serem muito próximos de 3 – 2,99; 2,96; e 2,96, respectivamente.

Figura 40 – Relação entre as diretrizes e os critérios de clareza.



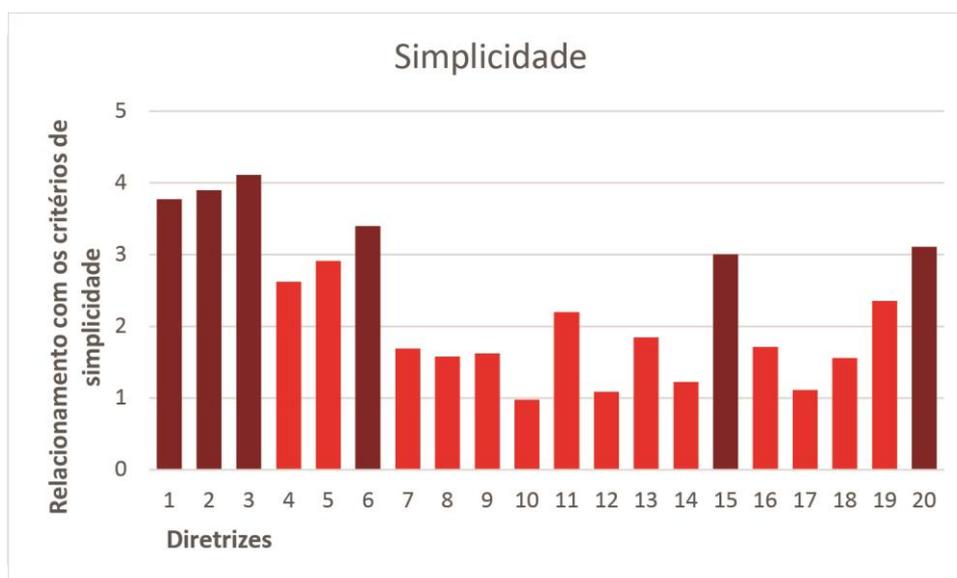
Fonte: o autor.

Considerando os eixos temáticos sobre os quais foram organizadas as diretrizes, as diretrizes relevantes distribuem-se da seguinte forma: 2 diretrizes de conteúdo; 3 de composição; 1 de uso de cor; 2 de destaque; 1 de tipografia; e 1 de finalização. Assim, observa-se que as diretrizes de composição, destaque e conteúdo são as que mais contribuem para a clareza dos GIE.

As demais diretrizes obtiveram um relacionamento de médio a fraco – entre 3 e 1. As diretrizes avaliadas com menor grau de clareza foram as diretrizes D19, D17 e D10, com médias de 2,09; 1,98 e 1,36. Destaca-se negativamente a diretriz D10, que obteve média próxima a 1, caracterizando-se como um relacionamento fraco com a clareza.

A Figura 41 apresenta a relação entre as diretrizes e a simplicidade. Segundo os especialistas de design visual, as diretrizes que mais contribuem para a simplicidade de um GIE são, respectivamente, as diretrizes D3, D2, D1, D6, D20, e D15. Foram destacadas em vermelho-escuro no gráfico aquelas diretrizes com relacionamento de grau médio a forte. Em relação aos eixos temáticos, as diretrizes mais relevantes distribuem da seguinte forma: 3 diretrizes de conteúdo; 1 de composição; 1 de destaque; e 1 de finalização. Assim, observa-se que as diretrizes de conteúdo são as que mais contribuem para a simplicidade dos GIE.

Figura 41 – Relação entre as diretrizes e os critérios de simplicidade.



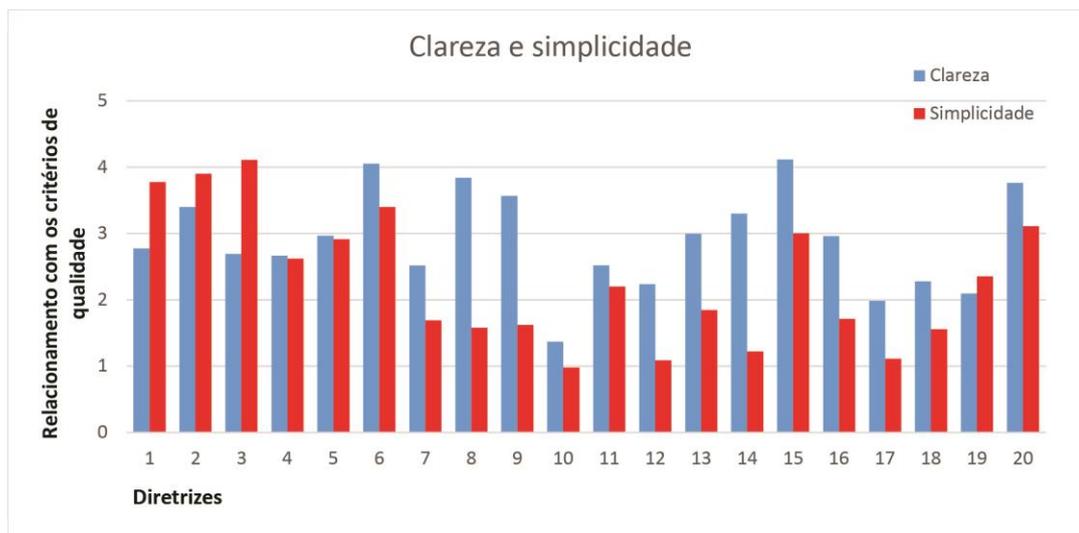
Fonte: o autor.

As demais diretrizes obtiveram um relacionamento de médio a fraco e, inclusive, uma diretriz foi avaliada abaixo de 1 – de grau fraco a inexistente. Destacam-se negativamente aquelas diretrizes que obtiveram média de relacionamento fraco: D14 (1,22); D17 (1,11); D12 (1,08); e D10 (0,97).

A Figura 42 apresenta a relação entre as diretrizes e ambos os critérios de clareza e simplicidade. Esses resultados permitem observar o quanto cada diretriz contribui para a clareza e a simplicidade, enfatizando as diferenças e similaridades entre sua contribuição para cada parâmetro.

Percebe-se que o parâmetro de clareza obteve média maior nas diretrizes, sendo este o parâmetro mais evidenciado em 16, de 20, diretrizes projetuais. Além disso, observa-se que em algumas diretrizes houve diferença significativa (entre 1 e 1,5 ponto) e, em outras, houve diferença notável (próximo de 2 pontos) acerca de sua contribuição para a clareza e a simplicidade dos gráficos. As diretrizes que obtiveram diferença notável foram as diretrizes D8 (2,26 de diferença), D14 (2,15) e D9 (1,94). As diretrizes com diferença significativa foram as diretrizes D3 (1,42), D16 (1,25), D13 (1,15), D15 (1,11). Por outro lado, outras diretrizes tiveram resultados similares quanto sua contribuição para ambos os parâmetros de clareza e simplicidade: as diretrizes D4 (0,04) D5 (0,05); D19 (0,26).

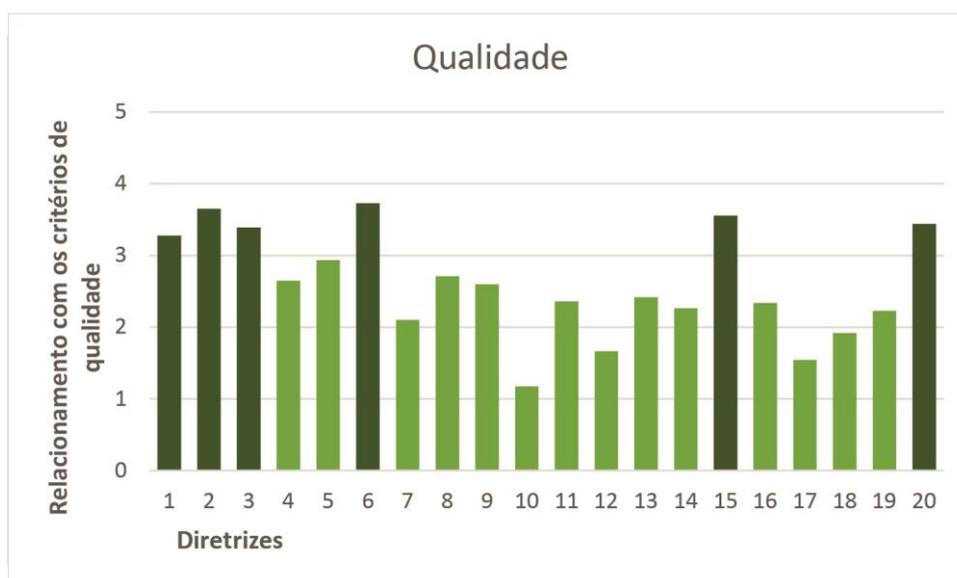
Figura 42 – Relação entre as diretrizes e ambos os critérios de clareza e simplicidade.



Fonte: o autor.

A Figura 43 apresenta a relação entre as diretrizes e a qualidade – mensurada pela média da clareza e simplicidade. Segundo os especialistas de design visual, as diretrizes que mais contribuem para a qualidade de um GIE são, respectivamente, as diretrizes D6, D2, D15, D20, D3 e D1. Essas diretrizes encontram-se destacadas em verde-escuro no gráfico, considerando que têm um relacionamento de grau médio a forte com os critérios de qualidade.

Figura 43 – Relação entre as diretrizes e os critérios de qualidade.



Fonte: o autor.

As demais diretrizes obtiveram um relacionamento de médio a fraco – entre 3 e 1. As diretrizes avaliadas com menor grau de clareza foram as diretrizes D19, D17 e D10, com médias

de 2,09; 1,98 e 1,36. Destaca-se negativamente a diretriz D10, que obteve média próxima a 1, caracterizando-se como um relacionamento fraco com a qualidade.

Observa-se que as diretrizes mais relevantes à qualidade dos GIE são as mesmas consideradas relevantes à simplicidade. Em relação aos eixos temáticos, assim como simplicidade, as diretrizes mais relevantes à qualidade estão relacionadas com conteúdo, composição e destaque. Não foram consideradas entre as mais relevantes – com relacionamento médio a forte – as diretrizes dos eixos de uso de cor e tipografia.

No item a seguir, ocorre a interpretação dos resultados sob luz da fundamentação teórica e dos objetivos da pesquisa.

### 4.2.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste item, realiza-se a interpretação dos resultados obtidos com o intuito de compreender o seu significado, em perspectiva com o objetivo desta pesquisa e, assim, possibilitar a síntese da lista definitiva de diretrizes projetuais. O Quadro 15 apresenta as diretrizes preliminares numeradas e relacionadas aos seus eixos temáticos, visando facilitar a discussão dos resultados.

Inicialmente, discute-se sobre as diferenças e similaridades encontradas nas diretrizes quanto sua contribuição aos parâmetros de clareza e simplicidade. Observou-se uma tendência de maior contribuição à clareza, em detrimento da simplicidade, na maioria das diretrizes – em 16 de 20. Ao analisar as diretrizes preliminares, levando em consideração os aspectos gráficos de forma e conteúdo utilizados em sua confecção (ver Quadro 15, no item 4.1.3), pode-se constatar que:

- as diretrizes que obtiveram maior média em simplicidade – D1, D2, D3 e D19 – tratam especificamente do conteúdo gráfico, e fazem parte dos eixos de conteúdo e finalização;
- das diretrizes que obtiveram maior média em clareza: aquelas que vão da D6 até a D18 – englobando os eixos de composição, uso de cor, destaque e tipografia – tratam especificamente de aspectos de forma; a diretriz D20 trata de ambos aspectos, forma e conteúdo, a partir do eixo de finalização; e as diretrizes D4 e D5 tratam de conteúdo e fazem parte do eixo de conteúdo;
- mesmo tratando de conteúdo, as diretrizes D4 e D5, tiveram impacto maior na clareza. Entretanto, a diferença entre a contribuição para a clareza em relação à simplicidade é ínfima – 0,04 e 0,05. Assim, apesar de tratarem de aspectos de conteúdo – estilo familiar ao público, e o sequenciamento visual de ideias complexas – esses aspectos repercutem igualmente na clareza dos GIE.

Quadro 15 – Diretrizes preliminares.

<b>Eixo temático</b>	<b>Diretriz</b>
<b>Conteúdo</b>	1 Projete gráficos com conteúdo relevante ao conteúdo instrucional. 2 Determine um conceito para o gráfico e utilize somente as informações necessárias para transmiti-lo. 3 Projete gráficos simples (com nível baixo de realismo e detalhamento). 4 Escolha estilos familiares ao público para os textos e gráficos. 5 Utilize técnicas de sequenciamento visual para apresentar ideias complexas.
<b>Composição</b>	6 Organize os elementos gráficos em uma estrutura clara, equilibrada e de fácil compreensão. 7 Utilize um (ou poucos) centro de interesse localizado próximo ao centro ótico ou no terço superior do gráfico. 8 Use elementos gráficos impactantes e grandes o suficiente para serem lidos; 9 Torne o contraste claro o suficiente para diferenciar os elementos gráficos. 10 Priorize o retângulo áureo para o formato externo do gráfico (3:5; 5:8; 8:13, etc.) 11 Combine gráficos e palavras, posicionando-as próximas às partes referidas nos gráficos.
<b>Uso de cores</b>	12 Projete gráficos em preto e branco e depois adicione cores com contrastes claros. 13 Utilize cor quando esta é essencial à compreensão do conteúdo.
<b>Destaque</b>	14 Destaque o conteúdo do fundo. 15 Destaque as partes mais importantes do gráfico com o uso de: tamanho, cor, setas, pontos, linhas, contornos mais espessos, sombreamento, agrupamentos e tipografia.
<b>Uso de tipografia</b>	16 Utilize tipografias familiares em tamanho legível. 17 Escreva primeira letra da frase em maiúscula e as demais em minúscula. 18 Utilize texto alinhado à esquerda ou texto alinhado à direita, quando inserido à esquerda do gráfico.
<b>Finalização</b>	19 Escreva legendas para explicar os gráficos. 20 Verifique a coerência entre todos os gráficos projetados, considerando estilo, tipografia e técnicas de realce.

Fonte: o autor.

Portanto, esse resultado é coerente com a estrutura traçada para as diretrizes, a qual abrange mais aspectos de forma do que de conteúdo – das 20 diretrizes, 13 são relacionadas à forma, 6 ao conteúdo e 1 à forma e conteúdo. Além disso, o resultado corrobora à predominância de elementos de forma sobre conteúdo, verificada a partir dos atributos gráficos destacados por Pettersson (2013a) – 10 para forma e 4 para conteúdo.

Em relação às diferenças (notáveis e significativa) e similaridades encontradas acerca da contribuição das diretrizes para a clareza e simplicidade, podem-se destacar os seguintes pontos. As 3 diretrizes com diferença notável (próxima de 2) são referentes a aspectos de forma, da mesma maneira que 3 das 4 diretrizes com diferença significativa (entre 1 e 1,5 ponto) referem-se à forma dos gráficos. Assim, 6 das 7 diretrizes com diferenças referem-se à

forma dos gráficos. Por outro lado, as diretrizes avaliadas de forma similar em relação à clareza e simplicidade – D4, D5 e D19 – estão todas relacionadas ao conteúdo dos gráficos.

Portanto, considerando que as 13 diretrizes de forma geraram 6 diferenças entre clareza e simplicidade e que as 6 diretrizes de conteúdo geraram somente 1 diferença entre clareza e simplicidade e geraram 3 similaridades, pode-se inferir que as diretrizes de conteúdo influenciam mais na clareza dos gráficos do que as diretrizes de forma influenciam em sua simplicidade. Além disso, constatou-se que as mesmas diretrizes consideradas mais relevantes à simplicidade dos gráficos foram consideradas relevantes à sua qualidade. Isso corrobora a Pettersson (2013a), que considera o conteúdo o fator mais importante de um gráfico.

A diretriz D10 destacou-se negativamente em ambos os parâmetros de clareza e simplicidade e, por consequência, na qualidade. Segundo Pettersson (2013a) e Elam (2010) o retângulo áureo constitui uma forma que normalmente agrada ao público, facilitando sua aceitação do gráfico. Essa diretriz foi sintetizada a partir de uma orientação de características de elementos de design da imagem (ver item 2.3.3.4). Portanto, como essa diretriz não teve repercussão nos critérios de qualidade e foi sintetizada apenas a partir de uma orientação, a mesma deve ser excluída da lista definitiva de diretrizes projetuais.

As diretrizes D12 e D17, apesar de serem classificadas com baixo impacto na qualidade – 1,66; 1,54 –, têm contribuição mais destacada à clareza dos gráficos, com médias de 2,23 e 1,98. Sua nota mais baixa em relação à qualidade se deve à sua contribuição ser sobre aspectos gráficos específicos – uso de cor e tipografia. Considerando que os critérios de clareza abrangem requisitos de tamanho, força e distinção de elementos, é esperado que as diretrizes que tratam de aspectos muito específicos recebam notas menores.

Em relação às diretrizes mais relevantes à qualidade dos GIE – D1, D2, D3, D6, D15 e D20 – pode-se destacar os seguintes pontos:

- As diretrizes D1, D2 e D3 tratam de aspectos de conteúdo; as diretrizes D6 e D15 tratam de forma; e a diretriz D20 trata de forma e conteúdo;
- A diretriz D1 refere-se a uma condição básica para que o gráfico seja considerado instrucional – sua relevância ao conteúdo instrucional (CLARK; LYONS, 2011; SUNG; MAYER, 2012). Essa diretriz foi originada a partir de 7 ocorrências no levantamento de diretrizes, verificadas em Clark e Lyons (2011), Mayer (2009) e Pettersson (2013a);
- A diretriz D2 foi agrupada a partir de 2 ideias principais: sua primeira parte – *determine 1 conceito para o gráfico* – teve 2 ocorrências no levantamento de diretrizes a partir de Pettersson (2013a); e a segunda parte – *utilize somente as informações necessárias para transmiti-lo* –, teve 4 ocorrências em Pettersson (2013a) e Mayer (2009). Inclusive, essa diretriz concorda com o princípio da segmentação de Mayer (2009), o qual não foi destacado no referencial teórico por

não ser considerado relevante ao propósito da pesquisa. Esse princípio indica que uma mensagem complexa deve ser subdividida em partes menores para facilitar sua compreensão;

- A diretriz D3 foi agrupada a partir de 3 ocorrências no levantamento de diretrizes, retiradas de Clark e Lyons (2011) e Pettersson (2013a);
- A diretriz D6 foi agrupada a partir de 3 ocorrências no levantamento de diretrizes, retiradas de Pettersson (2013a);
- A diretriz D15 foi agrupada a partir de 7 ocorrências no levantamento de diretrizes, retiradas de Clark e Lyons (2011), Mayer (2009) e Pettersson (2013a). Quatro dessas ocorrências indicavam técnicas de destaque, as quais foram agrupadas na diretriz resultante.
- A diretriz D20 foi gerada a partir de 1 ocorrência no levantamento de diretrizes, retirada de Pettersson (2013a). Entretanto, observou-se que essa diretriz também foi identificada nas recomendações para a concepção de gráficos instrucionais de Clark e Lyons (2011), conjunto descartado no procedimento de levantamento de diretrizes por trata-se de técnicas de desenvolvimento e não abordar as questões de forma e conteúdo. Em Clark e Lyons (2011) a indicação determina que se deve analisar todos os gráficos para verificar a existência de um *todo unificado*. Por outro lado, em Pettersson (2013a), a indicação é mais precisa indicando a verificação de aspectos de estilo, tipografia e técnicas de destaque.

A partir dessas análises é possível determinar que a contribuição de uma diretriz para a qualidade dos gráficos não está relacionada ao número de ocorrências verificadas na bibliografia, pois algumas diretrizes dentre as que obtiveram as mais altas pontuações foram sintetizadas a partir de uma orientação – D20, quarto lugar no ranking – e de 3 orientações – D6, primeiro lugar no ranking. Essas diretrizes referem-se a aspectos mais ligados à área do design visual, não repercutindo na área do design instrucional. Talvez, por isso obtiveram poucas ocorrências no procedimento de levantamento de diretrizes.

#### **4.2.4 LISTAGEM DAS DIRETRIZES DE PROJETO DE GIE**

Com o objetivo de elaborar uma lista contendo somente diretrizes relevantes à qualidade dos GIE, realizou-se a revisão das diretrizes preliminares de acordo com a relevância estabelecida pelos especialistas de design visual e os procedimentos de análise e discussão dos resultados.

A partir da discussão realizada na etapa anterior, determinou-se que a diretriz D10 não tem relevância para a qualidade dos GIE. Por outro lado, as diretrizes D12 e D17 foram

consideradas pelos especialistas como pouco relevantes à qualidade, porém, como têm relevância específica à clareza do gráfico, foram mantidas. Visto que não foram realizadas modificações significativas na lista de diretrizes, a organização nos eixos temáticos foi mantida. A fim de tornar mais eficaz o uso das diretrizes projetuais, foram destacadas em negrito na lista aquelas diretrizes que mais contribuem para a qualidade dos GIE – D1, D2, D3, D6, D15 e D20. A Figura 44 apresenta a lista definitiva de diretrizes de projeto para melhorar a qualidade dos GIE.

Figura 44 – Lista definitiva de diretrizes projetuais.

Diretrizes para o projeto de gráficos instrucionais de qualidade	
<i>Conteúdo</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Projete gráficos com conteúdo relevante ao conteúdo instrucional.</li> <li>2. Determine um conceito para o gráfico e utilize somente as informações necessárias para transmiti-lo.</li> <li>3. Projete gráficos simples (com nível baixo de realismo e detalhamento).</li> <li>4. Escolha estilos familiares ao público para os textos e gráficos.</li> <li>5. Utilize técnicas de sequenciamento visual para apresentar ideias complexas.</li> </ol>
<i>Composição</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. Organize os elementos gráficos em uma estrutura clara, equilibrada e de fácil compreensão.</li> <li>7. Utilize um (ou poucos) centro de interesse localizado próximo ao centro ótico ou no terço superior do gráfico.</li> <li>8. Use elementos gráficos impactantes e grandes o suficiente para serem lidos;</li> <li>9. Torne o contraste claro o suficiente para diferenciar os elementos gráficos.</li> <li>10. Combine gráficos e palavras, posicionando-as próximas às partes referidas nos gráficos.</li> </ol>
<i>Uso de cores</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>11. Projete gráficos em preto e branco e depois adicione cores com contrastes claros.</li> <li>12. Utilize cor quando esta é essencial à compreensão do conteúdo.</li> </ol>
<i>Destaque</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>13. Destaque o conteúdo do fundo.</li> <li>14. Destaque as partes mais importantes do gráfico com o uso de: tamanho, cor, setas, pontos, linhas, contornos mais espessos, sombreamento, agrupamentos e tipografia.</li> </ol>
<i>Tipografia</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>15. Utilize tipografias familiares em tamanho legível.</li> <li>16. Escreva a primeira letra da frase em maiúscula e as demais em minúscula.</li> <li>17. Utilize texto alinhado à esquerda ou texto alinhado à direita, quando inserido à esquerda do gráfico.</li> </ol>
<i>Finalização</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>18. Escreva legendas para explicar os gráficos.</li> <li>19. Verifique a coerência entre todos os gráficos projetados, considerando estilo, tipografia e técnicas de destaque.</li> </ol>

Fonte: o autor.

O tópico seguinte apresenta a verificação as diretrizes projetuais por meio de sua aplicação em uma situação de projeto e da avaliação dos gráficos gerados por especialistas.

## **4.3 VERIFICAÇÃO**

Este tópico descreve a verificação das diretrizes propostas, o que corresponde ao sexto objetivo específico desta pesquisa. Essa verificação é realizada em duas etapas: através da aplicação das diretrizes projetuais no desenvolvimento de gráficos para materiais instrucionais; e da avaliação da qualidade dos GIE projetados a partir da consulta aos especialistas. A primeira etapa permite verificar a exequibilidade e utilidade das diretrizes projetuais, enquanto que a segunda permite verificar sua eficácia em contribuir para a qualidade dos GIE. Os itens a seguir abordam esses dois processos.

### **4.3.1 APLICAÇÃO DAS DIRETRIZES NO PROJETO DE GRÁFICOS INSTRUCIONAIS**

A aplicação das diretrizes sintetizadas ocorre durante o projeto de GIE, realizado em meio ao processo de desenvolvimento de material instrucional. Dessa forma, desenvolve-se, como estudo de caso, um material instrucional para a disciplina de GD da UFRGS, em duas fases principais: i) especificação de design instrucional; e ii) projeto de GIE. Ambas as fases foram descritas na concepção do cenário de projeto, o qual pode ser consultado no item 4.1.1 para maior detalhamento. A primeira fase consiste no *input* de design instrucional, o qual abrange a identificação da situação instrucional, a sinopse do material e as especificações de projeto. A segunda fase abrange a produção do esboço e da concepção de GIE.

O tamanho da equipe de projeto instrucional, bem como, as funções exercidas por seus membros variam de acordo com o tamanho e a natureza do projeto (CLARK; LYONS, 2011; FILATRO, 2008). Como esta aplicação trata de um recorte que enfatiza o projeto de GIE no processo de desenvolvimento de materiais instrucionais, a equipe de projeto é pequena, composta de dois indivíduos: o especialista de conteúdo, cobrindo também funções do designer instrucional; e o projetista de GIE, cobrindo também funções do designer gráfico. Assim, é possível focar na etapa de projeto de GIE a fim de verificar a aplicabilidade das diretrizes de projeto, utilizando somente os recursos essenciais.

O item seguinte descreve o desenvolvimento da primeira fase desta aplicação.

#### **4.3.1.1 Especificação de design instrucional**

Nesta etapa, realiza-se a identificação da situação instrucional, a sinopse do material instrucional e a identificação das diretrizes de representação de conteúdo. O especialista de conteúdo participa ativamente desta etapa.

A situação instrucional é determinada pelo tipo de aprendizagem (objetivos e conteúdos), tipo de aluno, tipo de ambiente e restrições projetuais (REIGELUTH, 1999). Definida a disciplina de Geometria Descritiva II-A (ARQ033117) como base para o desenvolvimento do material instrucional, buscou-se, por meio de pesquisa documental, o plano de ensino dessa disciplina. Assim, foi possível determinar, junto ao especialista de conteúdo, o tipo de aprendizagem a ser trabalhado. O plano de ensino dessa disciplina pode ser conferido no Anexo D desta pesquisa.

Foi definido como objetivo de aprendizagem: *ao terminar o estudo do material, o leitor deve ser capaz de representar objetos em épura*. Esse objetivo faz parte do primeiro de três objetivos declarados no plano de ensino – capacitar os alunos nas técnicas de representação e de solução de problemas geométricos de objetos tridimensionais através de conceitos de dupla projeção cilíndrico ortogonal. Optou-se pela subdivisão desse objetivo para obter a concisão de conteúdos necessária para viabilizar a avaliação do material instrucional resultante.

O ambiente de aprendizagem é caracterizado pelo estudo individual com apostila. Esse material caracteriza-se por ter o conteúdo conciso e prático, de forma que apoia a aprendizagem dos conteúdos apresentados pelo professor, bem como, a resolução de problemas em sala de aula e em casa. Portanto, o suporte utilizado é um material instrucional impresso que cumpra essa função.

O aluno tem como sua principal característica distintiva o conhecimento prévio que, neste caso, é inexistente, considerando-se que todos alunos estão no semestres iniciais de seus cursos de graduação e essa disciplina não faz parte dos currículos do ensino médio. As restrições neste caso, são referentes às características do suporte impresso, ao uso de gráficos estáticos, e à concisão do conteúdo, considerando-se que esse material será avaliado posteriormente.

A sinopse fornece uma visão geral sobre o material instrucional, determinando os principais conteúdos que serão trabalhados e uma estrutura geral para o material (PETTERSSON, 2013a). Neste caso, a sinopse é realizada em conjunto com o especialista de conteúdo, a partir da situação instrucional definida previamente. Esse profissional determina os conteúdos necessários para atingir o objetivo definido, bem como, uma estrutura geral para que o material instrucional proporcione uma leitura significativa ao aluno. Foram utilizadas como base para a criação da sinopse duas referências sugeridas pelo especialista de conteúdo e, sobretudo, a apostila desenvolvida por professores de GD da UFRGS e utilizada em sala de aula no trabalho com os alunos. Assim, estas referências servem como base para o desenvolvimento do texto e dos gráficos: os livros de Pinheiro (1970) e Borges, Barreto e Martins (1998); e a apostila de Teixeira e Silva (2006). Foram determinados 4 tópicos principais apresentados por textos e 6 gráficos estáticos. A sinopse do material instrucional pode ser conferida no Apêndice M.

A partir da determinação dos tópicos foi possível identificar os tipos de conteúdo, tarefa necessária para a seleção das diretrizes de representação de conteúdo. Fazem parte dos conteúdos conceitos, processos, procedimentos e fatos. O Quadro 16 apresenta a sinopse do material de forma resumida, junto aos conteúdos identificados.

Quadro 16 – Sinopse do material instrucional.

<b>Tópico</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Gráfico</b>
Método de Monge: sistema de dupla projeção cilíndrico ortogonal	- Conceito de sistema de projeção. - Conceito de sistema de dupla projeção. - Processo de planificação para a Épura.	- Exemplo de representação de sólidos em sistemas de múltiplas projeções. - Processo de planificação.
Representação em Épura	- Procedimento de representação em épura. - Conceitos relacionados: ponto, coordenadas, convenções.	- Procedimento de representação em épura
Representação de ponto, reta e figura plana	- Procedimento para representar pontos, retas e figuras planas.	- Procedimento e/ou exemplo para representar pontos, retas e figuras planas.
Representação de sólidos	- Procedimento para representar sólidos. - Fatos relacionados: lista de vértices, lista de faces	- Procedimento e/ou exemplo para representar sólidos.

Fonte: o autor.

A partir da especificação dos conteúdos e gráficos a serem projetados, é possível identificar as diretrizes de representação de conteúdo que auxiliam no projeto dos GIE (CLARK; LYONS, 2011). As diretrizes selecionadas devem indicar os tipos de gráficos adequados para representar conceitos, processos, procedimentos e fatos. Portanto, as diretrizes de representação de conteúdo selecionadas foram as seguintes (Quadro 17):

Quadro 17 – Diretrizes de representação de conteúdo selecionadas para o projeto de GIE.

<b>Conteúdo</b>	<b>Diretrizes de representação</b>
Fatos	- Use gráficos organizacionais.
Conceitos	- Exiba exemplos de forma contígua.
Processos	- Use gráficos transformacionais que demonstrem mudança de estado.
Procedimentos	- Combine gráficos representacionais e transformacionais em representações.

Fonte: o autor.

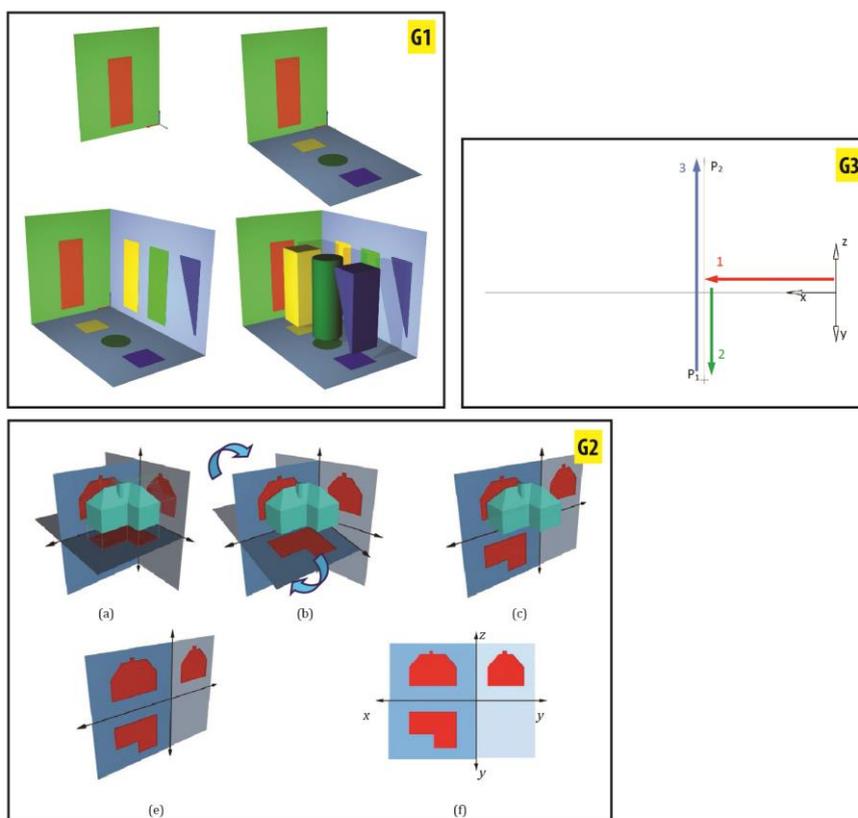
A partir das especificações apresentadas neste item é constituído o *input* de projeto de GIE. O item a seguir apresenta o projeto dos GIE auxiliado pelas diretrizes propostas.

### 4.3.1.2 Projeto de gráficos instrucionais estáticos

A segunda etapa da aplicação das diretrizes projetuais consiste no projeto de GIE, o qual divide-se nos processos de esboço e concepção. O principal objetivo deste item é verificar a exequibilidade e aplicabilidade das diretrizes projetuais por meio da análise de sua utilização durante o processo projetual.

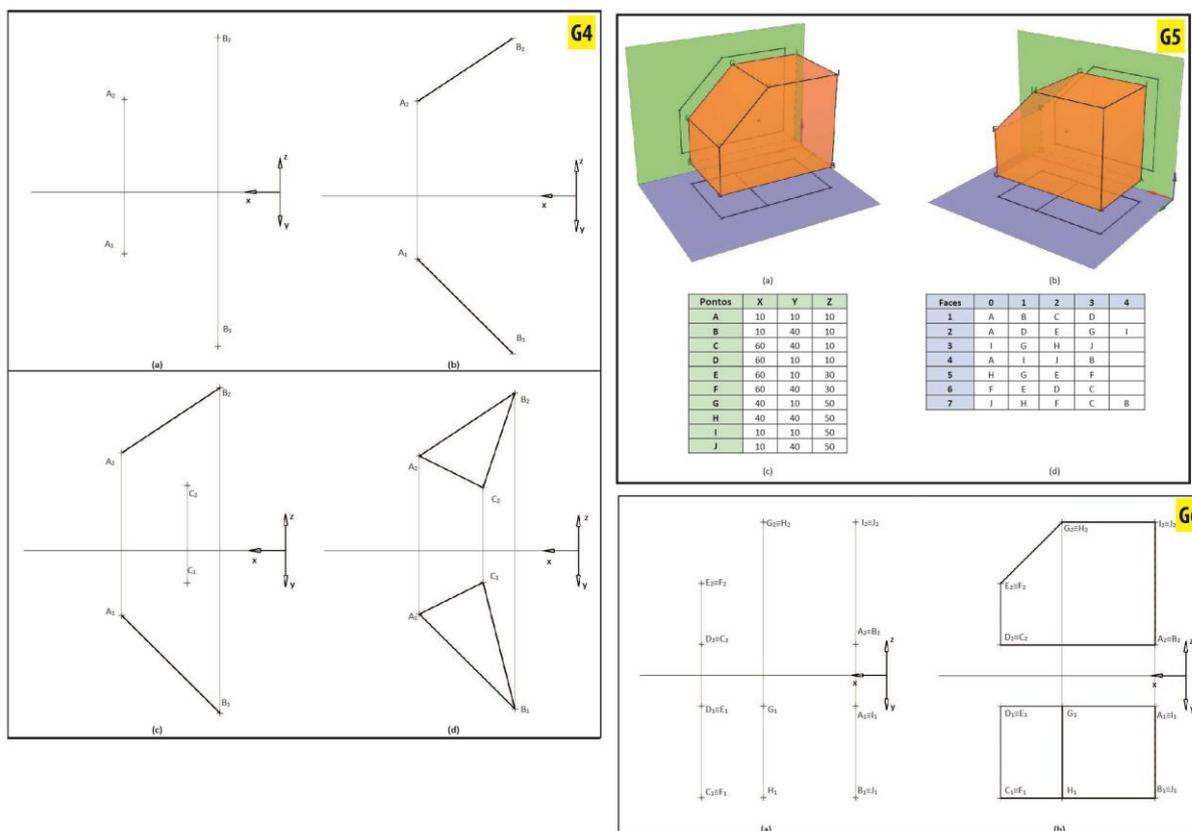
Para Pettersson (2013a), o processo de esboço exige um trabalho complementar entre especialista de conteúdo e projetista de gráficos. Esse projetista inicia seu trabalho após receber do especialista de conteúdo esboços iniciais dos gráficos e do conteúdo textual. No caso desta aplicação, ao invés de esboçar novos gráficos e textos para os tópicos determinados anteriormente, o especialista de conteúdo utilizou os textos e gráficos contidos na apostila de Teixeira e Silva (2006). As Figura 45 e Figura 46 apresentam as referências de GIE fornecidas pelo especialista de conteúdo, em escala reduzida. Os seis gráficos a serem produzidos são identificados pela letra G e o número de cada gráfico – G1 para o primeiro gráfico, G2 para o segundo, e assim por diante.

Figura 45 – Gráficos de referência utilizados no projeto de GIE (G1-G3).



Fonte: Teixeira e Silva (2006, p. 8-10).

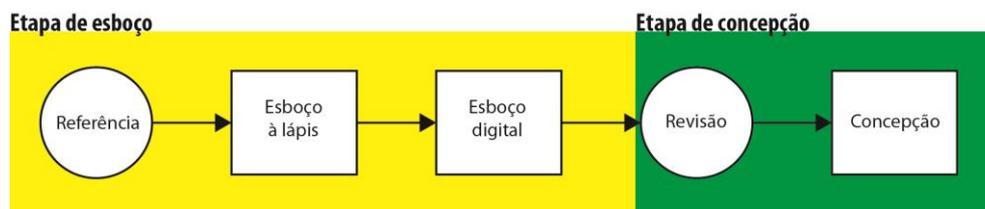
Figura 46 - Referências de GIE (G4-G6).



Fonte: Teixeira e Silva (2006, p. 11, 20, 21).

Sobre essas referências, o especialista de conteúdo apontou alguns problemas que deveriam ser solucionados durante o projeto dos gráficos. Dessa forma, de posse das especificações de projeto (situação instrucional, sinopse do material instrucional e diretrizes de representação de conteúdo), das referências fornecidas e das diretrizes projetuais sintetizadas, deu-se início ao processo de projeto de GIE. A Figura 47 apresenta os procedimentos realizados nesse processo, os quais podem ser entendidos da seguinte forma: a partir das referências fornecidas pelo especialista de conteúdo, o projetista realizou uma análise e esboçou os gráficos a lápis, contendo explicações sobre os mesmos; esses esboços foram trabalhados no computador para serem integrados ao texto e, assim, formar o material instrucional preliminar; esse material passou pela revisão do especialista de conteúdo, o qual apontou correções a serem feitas nos gráficos; a partir das correções necessárias, os gráficos foram finalizados, passando a ser identificados como concepções de projeto; as diretrizes projetuais sintetizadas acompanharam todo esse processo.

Figura 47 – Processo projetual de GIE.



Fonte: o autor.

O Quadro 18 indica o início do processo de esboço pelo projetista de GIE, no qual os gráficos de referência, junto dos comentários realizados pelo especialista de conteúdo, foram analisados pelo projetista apoiado pelas diretrizes projetuais. Para cada comentário ou observação exibidos neste quadro, foi relacionada a diretriz considerada mais relevante para resolver cada problema.

Observa-se que os comentários do especialista de conteúdo sobre as referências fornecidas não foram feitos com base nas diretrizes projetuais, mas na sua experiência com o conteúdo de GD. Mesmo assim, esses comentários foram relacionados com as diretrizes projetuais para servir como parâmetro de análise dos dados. Por outro lado, a análise realizada pelo projetista de GIE utilizou como base as diretrizes projetuais. Foram verificadas as seguintes ocorrências das diretrizes nesses comentários e observações: D2 – 7 vezes; D14 – 4 vezes; D5 e D10 – 3 vezes; D8 – 2 vezes; D15 – 1 vez. Dessa forma, os maiores problemas encontrados nos gráficos de referência se relacionavam a: informações supérfluas; falta de destaque em informações relevantes; falta de sequenciamento visual para apresentação de ideias complexas, e falta de textos nos gráficos; tamanho ilegível de elementos gráficos; e tamanho ilegível de tipografia.

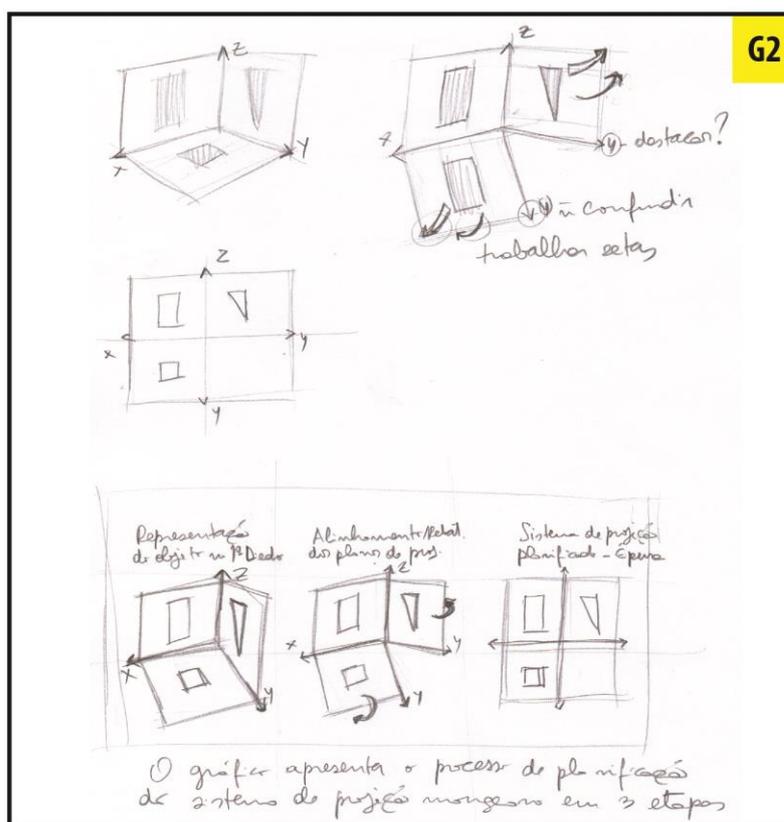
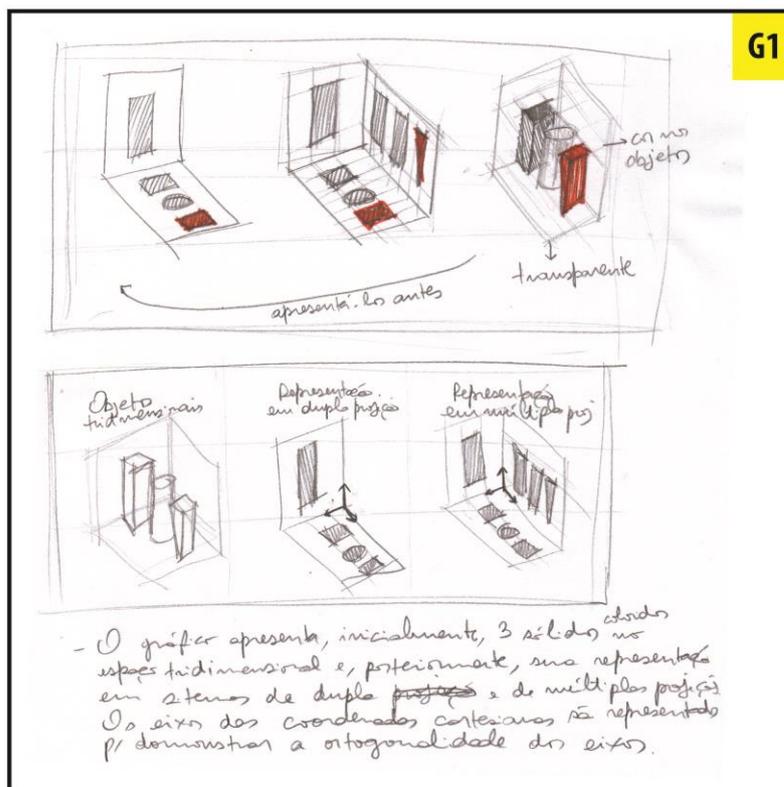
A partir das referências gráficas fornecidas e análises realizadas foram desenvolvidos os esboços a lápis relativos aos 6 GIE, acompanhados de explicações. O objetivo principal deste processo foi transformar a *mensagem percebida* pelo projetista na *mensagem preliminar*, conforme explicado no modelo de transformação da mensagem de Pettersson (2013a) (ver item 2.3.4). Em outras palavras, isso significa visualizar de forma rápida a ideia que se pretende transmitir. A seguir são apresentados os gráficos esboçados a lápis.

Quadro 18 – Gráficos de referência comentados pelo especialista de conteúdo e analisados segundo as diretrizes projetuais.

<b>Gráficos</b>	<b>Comentários do especialista de conteúdo</b>	<b>Observações do projetista de GIE com base nas diretrizes</b>
<b>Gráfico 1:</b> Exemplos de sólidos em um sistema de múltiplas projeções.	- destacar o eixo de coordenadas, está ilegível. (D8)	- contém cores distrativas (que distraem do conteúdo principal); (D2) - o número de figuras no gráfico pode ser diminuído. (D2)
<b>Gráfico 2:</b> Planificação do sistema de projeção mongeano - Épura.	- apontar as coordenadas y em momento anterior no gráfico para facilitar compreensão do conteúdo; (D5) - retirar detalhes irrelevantes como a duplicação do eixo y. (D2)	- a sequência apresentada para o processo de planificação pode conter menos figuras e elementos gráficos; (D2) - o gráfico deve integrar textos identificando os estágios do processo. (D10)
<b>Gráfico 3:</b> Representação das projeções de um ponto em épura.	- alguns elementos como pontos, linhas de terra e de chamada merecem destaque; (D14) - a linha azul está indicando o ponto de origem errado para marcar a projeção P2. (D5)	- o procedimento deve ser apresentado em uma sequência de gráficos acompanhados por textos. (D5)
<b>Gráfico 4:</b> Procedimento para representar ponto, reta e figura plana.	- destacar as marcações das projeções dos pontos. (D14)	- utilizar textos para acompanhar a sequência de gráficos. (D10)
<b>Gráfico 5:</b> Relacionamento das listas de pontos e de vértices com a representação do sólido tridimensional no espaço.	- existem cores distrativas (D2)	- o conceito do gráfico não está claro; (D2) - tornar a tipografia mais legível; (D15) - não existe destaque das faces nos gráficos; (D14) - o eixo cartesiano colorido distrai o usuário. (D2)
<b>Gráfico 6:</b> Representação de um sólido em épura.	- destacar as marcações das projeções dos pontos. (D14)	- utilizar textos para acompanhar a sequência de gráficos. (D10)

A Figura 48 apresenta os esboços a lápis desenvolvidos para os gráficos G1 e G2.

Figura 48 – Esboços a lápis dos gráficos G1 e G2.

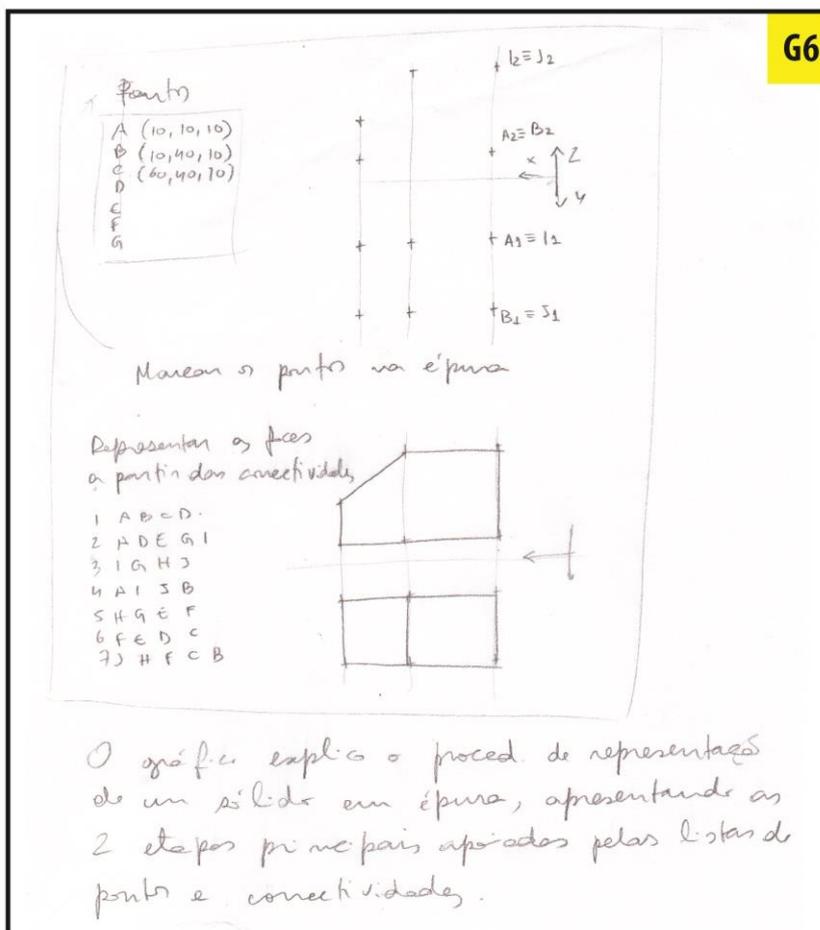
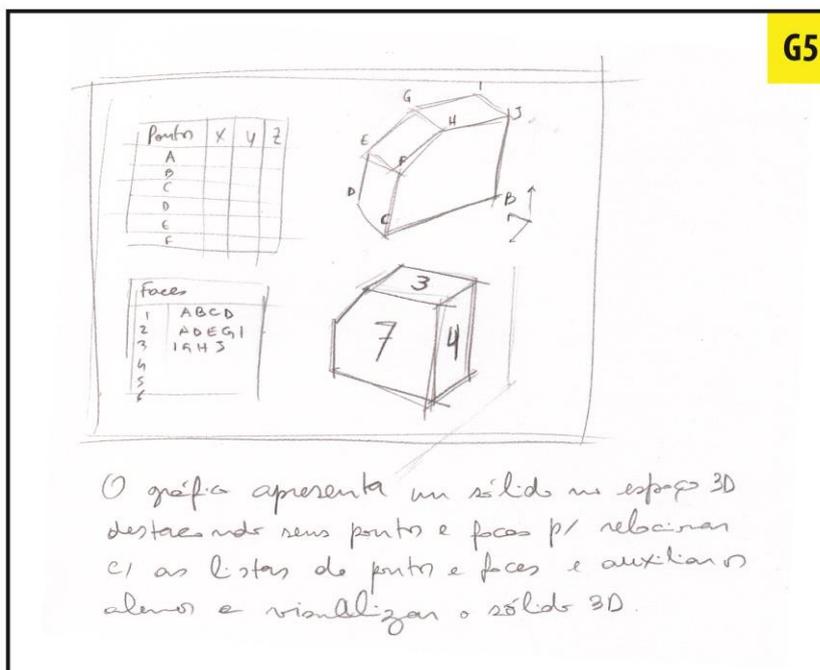


Fonte: o autor.

A seguir, a Figura 49 apresenta os esboços a lápis referentes aos gráficos G3 e G4.



Figura 50 - Esboços a lápis dos gráficos G5 e G6



Fonte: o autor.

A fim de verificar a aplicabilidade das diretrizes em cada etapa de projeto de GIE, foram identificadas as ocorrências destas nas etapas de esboço a lápis, esboço digital e concepção. Durante a descrição dessas etapas, é apresentado o número de ocorrências de cada diretriz e, ao fim da descrição de todo o processo projetual, apresenta-se um quadro que resume o uso dessas diretrizes. Assim, no esboço a lápis, as diretrizes mais utilizadas foram as: D2 – 6 ocorrências; D10 – 5 ocorrências; D5 – 4 ocorrências; D8 e D14 – 3 ocorrências; D6 e D7 – 2 ocorrências; e D3 – 1 ocorrência.

Pettersson (2013a) indica que os esboços devem ser integrados aos textos em um material instrucional preliminar para permitir a avaliação do especialista de conteúdo. Porém, os esboços à lápis não têm uma linguagem clara e compatível, considerando a revisão a ser realizada pelo especialista de conteúdo. Portanto, a fim de viabilizar essa revisão, os esboços à lápis foram transformados em esboços digitais por meio do uso dos softwares Adobe Illustrator® e Adobe Photoshop®. Posteriormente, esses esboços foram integrados ao conteúdo textual, passando pelo projeto do leiaute e tipografia, realizado com uso do software Adobe Indesign®, configurando o material instrucional preliminar.

Embora Pettersson (2013a) indique que os esboços devem ser produzidos simples e sem acabamentos, a necessidade de sua integração com o texto para avaliação do especialista de conteúdo exigiu que os esboços a lápis passassem por um tratamento para tornarem-se esboços digitais. Esse tratamento tornou estes gráficos mais bem acabados, aproximando-se das concepções de projeto. Porém, ainda existem diferenças entre esboços digitais e concepções quanto ao seu propósito: os primeiros visam fornecer uma estrutura clara e compatível com a editoração do material instrucional, através do uso de gráficos digitalizados e tipografia; os segundos visam realizar as correções indicadas pelo especialista de conteúdo, finalizando os gráficos. Nesta etapa de esboço digital, foram utilizadas as seguintes diretrizes: D15, D16 e 17 – 6 ocorrências; D6, D9 e D13 – 4 ocorrências; D8 – 3 ocorrências; D12 e D14 – 2 ocorrências; e D7 – 1 ocorrência.

Dessa forma, o material instrucional resultante do processo de esboço foi submetido à avaliação do especialista de conteúdo para a realização de ajustes nos GIE. Esse especialista realizou a revisão do material instrucional, considerando a legibilidade e, especialmente, a adaptação e relevância do conteúdo dos gráficos ao usuário. O Quadro 19 descreve as questões observadas pelo especialista do conteúdo que foram, posteriormente, submetidas à correção do projetista de GIE.

Quadro 19 – Revisão do esboço pelo especialista de conteúdo.

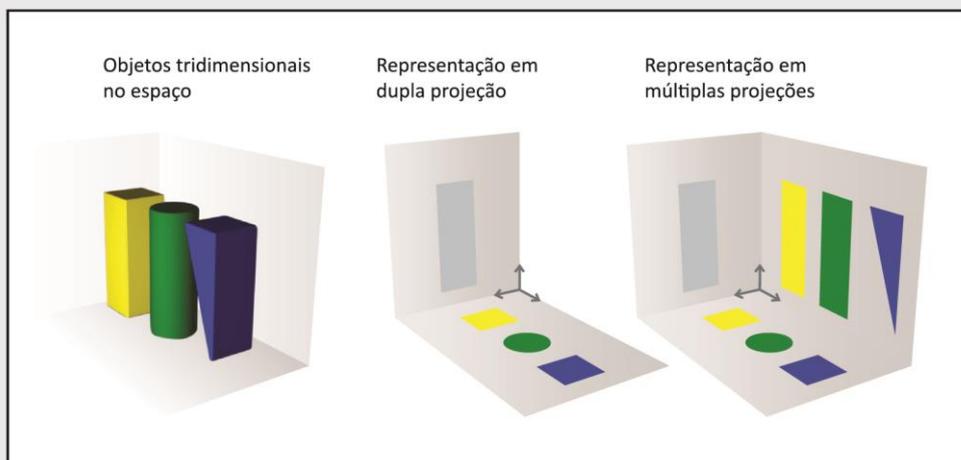
Gráficos	Comentários da revisão
G1	- falta a projeção dos objetos nos planos de projeção; - faltam as letras x,y,z no eixo de coordenadas descritivas; - os planos de projeção estão com baixa visibilidade.
G2	- arrumar texto na quarta figura da sequência.
G3	- arrumar texto no quadro.
G4	- arrumar texto na primeira figura da sequência.
G5	- faltam as letras x,y,z no eixo de coordenadas descritivas;
G6	-

Fonte: o autor.

A partir dos apontamentos do especialista, o projetista realizou as devidas correções nos gráficos e finalizou o material instrucional, afinando o projeto do leiaute e tipografia, bem como, correções indicadas no texto. Além disso, as legendas explicativas foram escritas em conjunto com o especialista do conteúdo nesta etapa. As diretrizes utilizadas na concepção dos gráficos foram as seguintes: D18 e D19 – 6 ocorrências; e D7 – 1 ocorrência.

A seguir, apresentam-se os seis GIE projetados em forma de esboço digital e concepção, antes e depois das correções realizadas. A Figura 51 apresenta versões do gráfico G1. Em sua parte superior (título), aparece a legenda original proveniente dos gráficos de referência e, abaixo dos gráficos, as *explicações* que acompanham os esboços a fim de esclarecê-los ao especialista de conteúdo, e as *legendas explicativas*, as quais passam a substituir as legendas originais na concepção e servem para influenciar a interpretação realizada pelos usuários.

Figura 51 – Esboço e concepção do Gráfico 1.

**Gráfico 1: Sólidos representados em sistemas de múltiplas projeções****Esboço****Explicação**

O gráfico apresenta, inicialmente, 3 sólidos coloridos no espaço tridimensional e, posteriormente, sua representação em sistemas de dupla projeção e de múltiplas projeções. Os eixos das coordenadas cartesianas são representados para demonstrar a ortogonalidade dos planos de projeção.

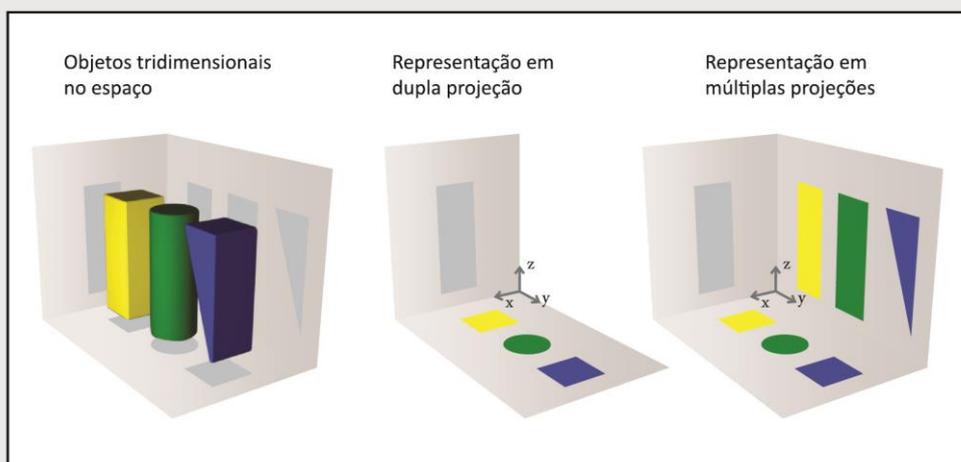
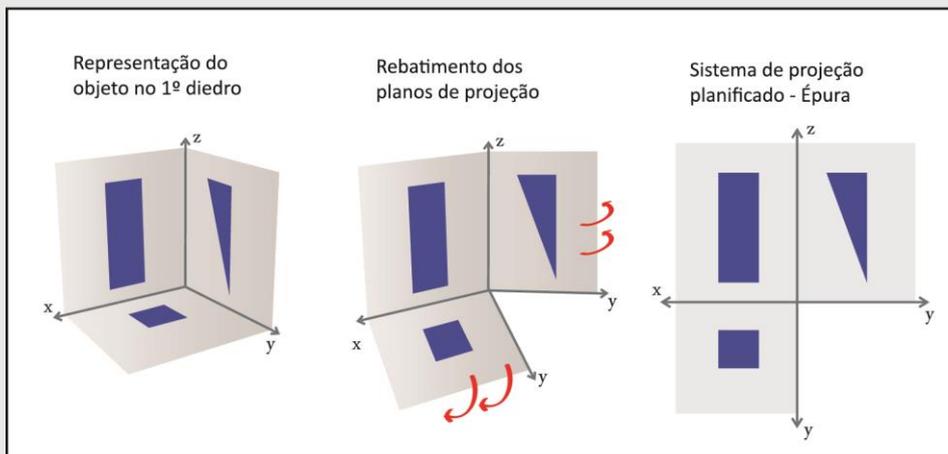
**Concepção****Legenda explicativa**

Gráfico 1: Os objetos podem ser representados em sistemas com diferentes números de planos de projeção. Alguns objetos, como os sólidos amarelo e azul, necessitam de mais de duas projeções para serem compreendidos sem ambiguidades.

Fonte: o autor.

A Figura 52 apresenta as versões de esboço digital e concepção do gráfico G2.

Figura 52 – Esboço e concepção do Gráfico 2.

**Gráfico 2: Planificação do sistema de projeção mongeano - Épura.****Esboço****Explicação**

O gráfico apresenta o processo de planificação do sistema de projeção mongeano em 3 etapas. As setas em vermelho indicam o processo de rebatimento que os planos de projeção sofrem.

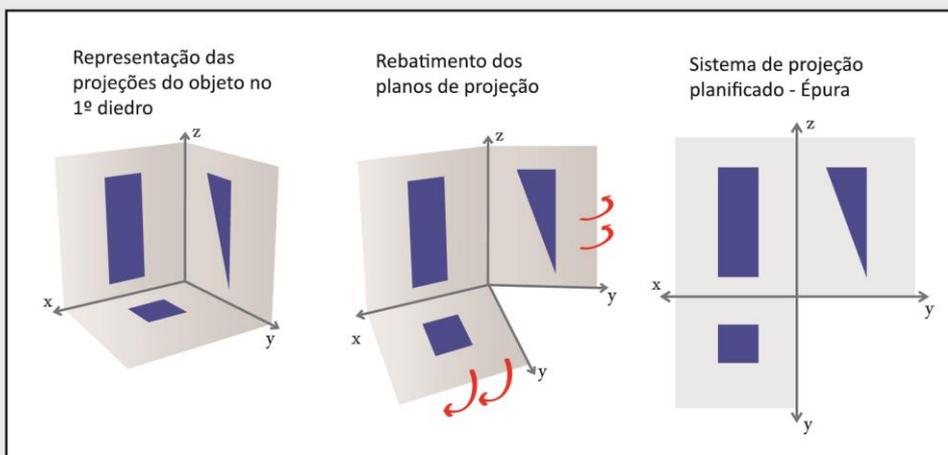
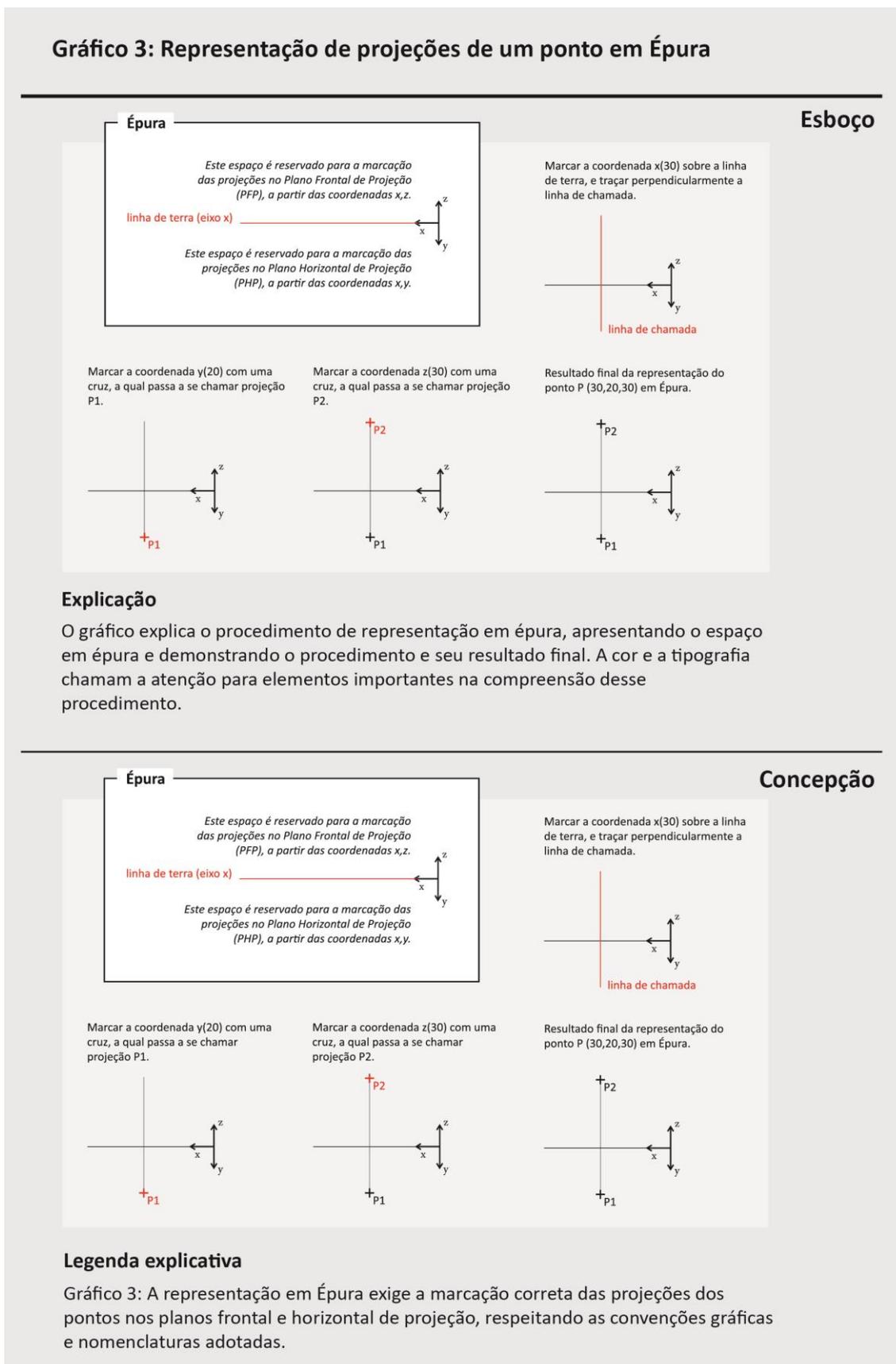
**Concepção****Legenda explicativa**

Gráfico 2: O processo de planificação ocorre pelo alinhamento dos plano de projeção com os respectivos eixos de rotação.

Fonte: o autor.

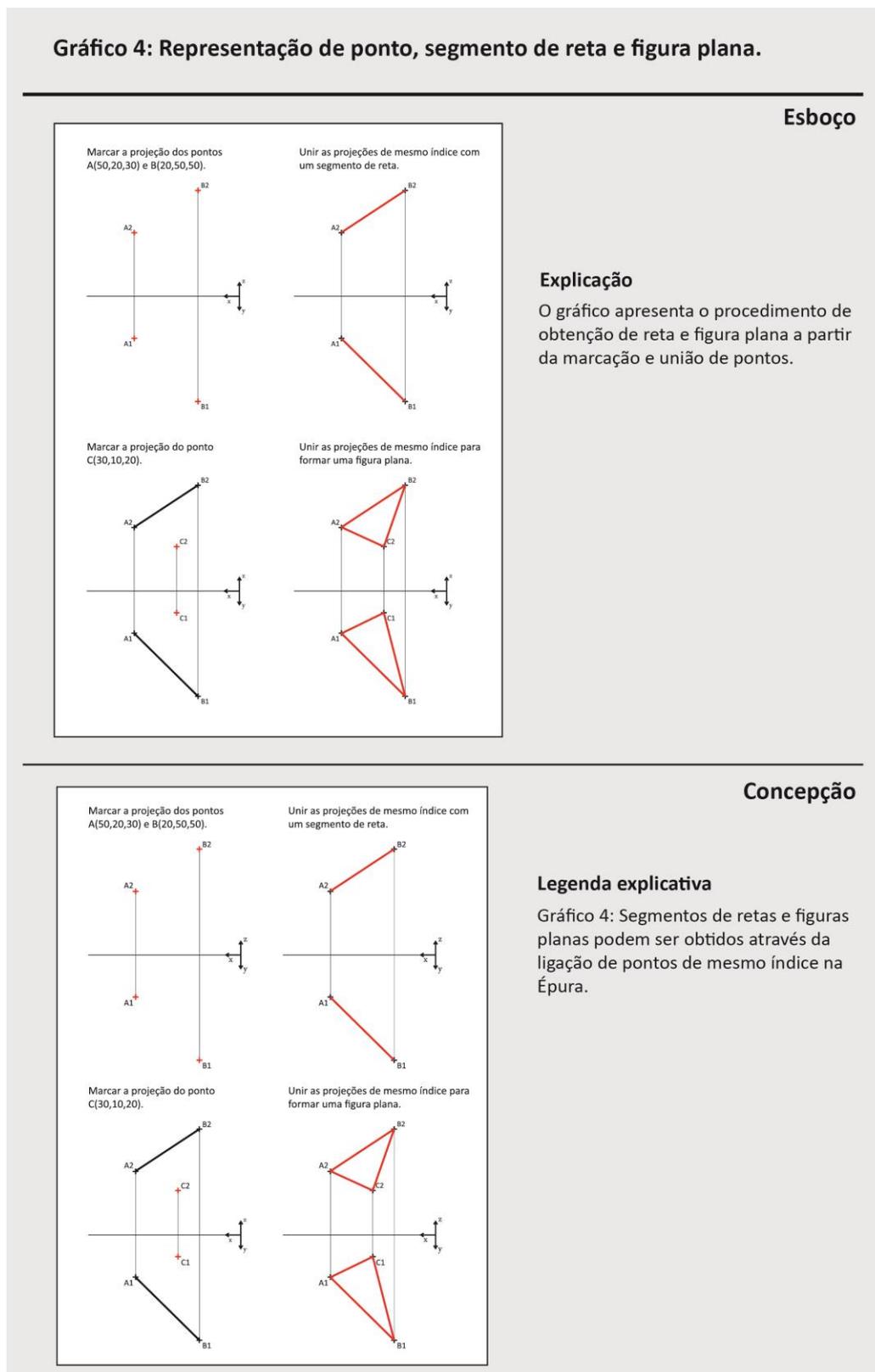
A Figura 53 apresenta as versões de esboço digital e concepção do gráfico G3.

Figura 53 – Esboço e concepção do Gráfico 3.



A Figura 54 apresenta as versões de esboço digital e concepção do gráfico G4.

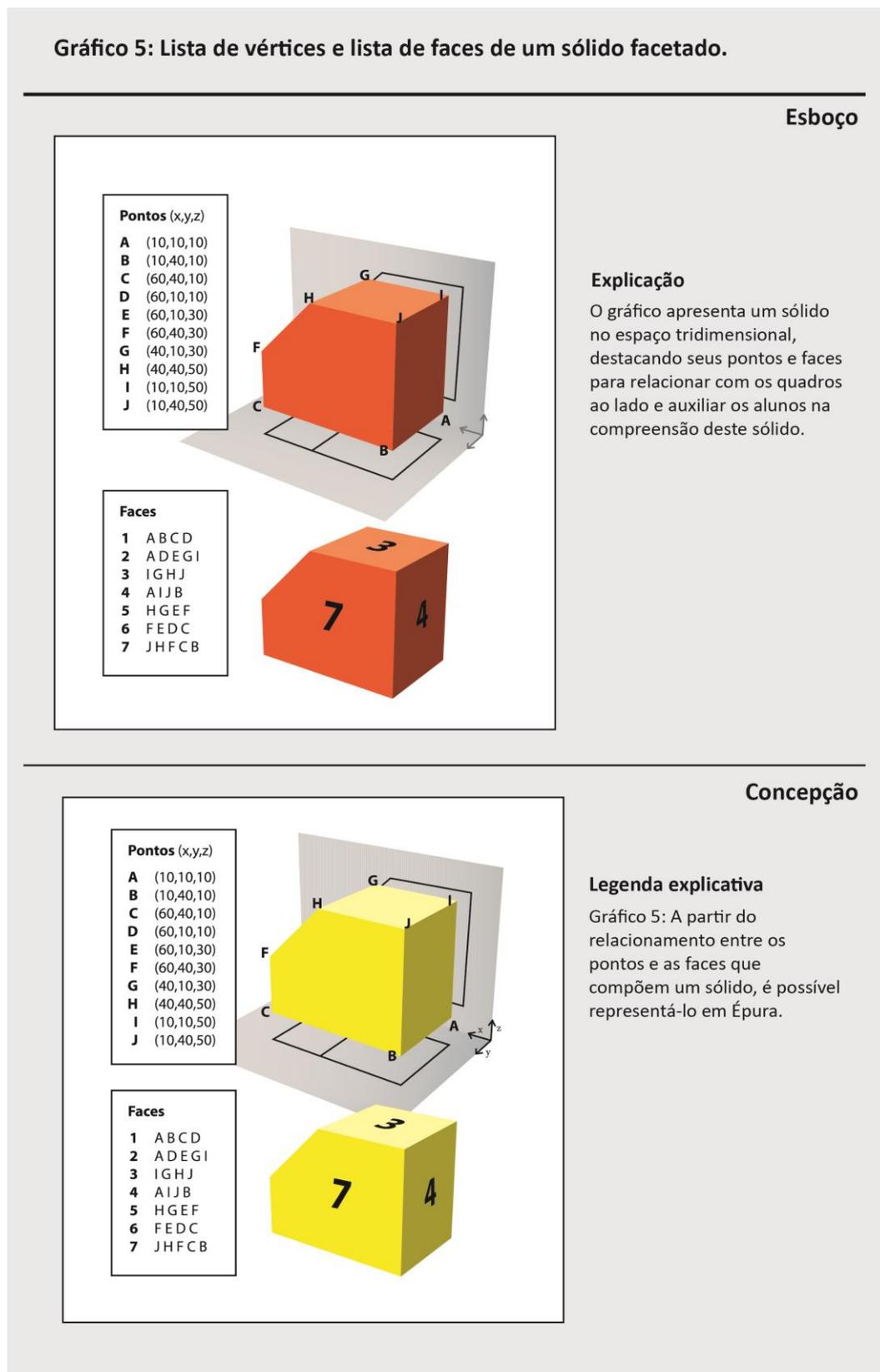
Figura 54 – Esboço e concepção do Gráfico 4.



Fonte: o autor.

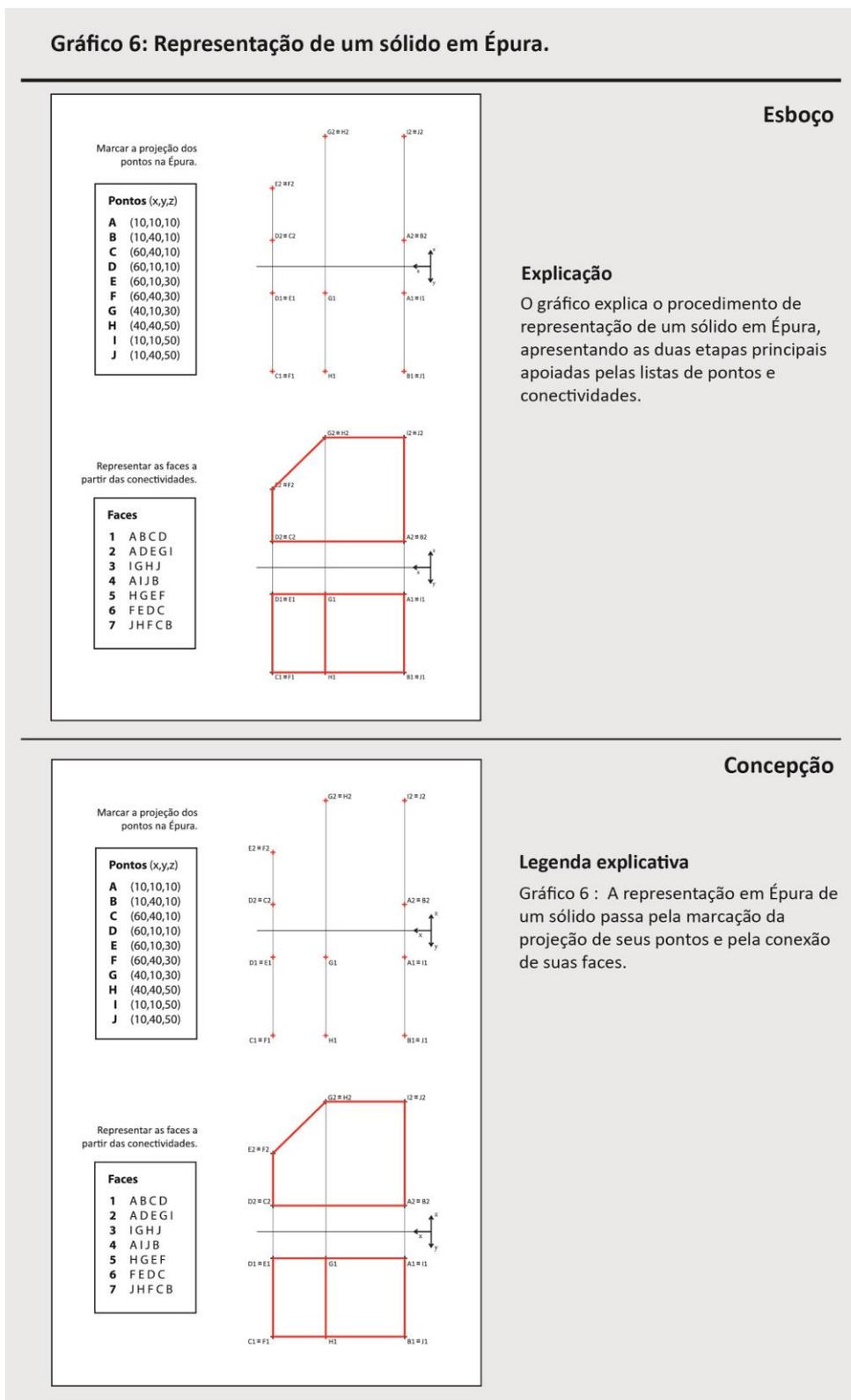
A Figura 55 apresenta as versões de esboço digital e concepção do gráfico G4.

Figura 55 – Esboço e concepção do Gráfico 5.



A Figura 56 apresenta as versões de esboço digital e concepção do gráfico G4.

Figura 56 – Esboço e concepção do Gráfico 6.



O Quadro 20 resume o uso das diretrizes durante o processo projetual, considerando os gráficos e as etapas desse processo. Nesse caso, estão relacionadas no quadro somente as diretrizes que apoiaram diretamente as etapas de esboço a lápis (círculo verde), esboço digital (círculo azul) e concepção (círculo vermelho).

Quadro 20 – Uso das diretrizes durante o processo projetual.

Gráfico	Uso das diretrizes																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
G1 Conceito		●				●	●	●	●	●		●	●		●	●	●	●	●
G2 Processo		●	●			●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●
G3 Procedimento		●			●	●	●	●	●	●				●	●	●	●	●	●
G4 Procedimento		●			●	●		●		●				●	●	●	●	●	●
G5 Conceito		●			●	●	●	●	●				●	●	●	●	●	●	●
G6 Procedimento		●			●	●		●		●			●	●	●	●	●	●	●

(● Esboço à lápis / ● Esboço digital / ● Concepção)

Fonte: o autor.

Observa-se nesse quadro que cada diretriz só pôde ser marcada uma vez em cada etapa – em verde ou azul ou vermelho. Dessa forma, se uma diretriz foi utilizada na etapa de esboço a lápis, não foi marcada nas etapas posteriores de esboço digital e concepção. Isso segue a lógica de uso das diretrizes: de acordo com as características de cada estágio do projeto de gráfico – esboços e concepção – e com as necessidades de cada gráfico – G1, G2, etc. – foram selecionadas as diretrizes que melhor atendiam essas necessidades; e aqueles requisitos que já tenham sido atendidos com o uso de uma diretriz só necessitam ser reconsiderados no caso de uma revisão.

A partir do quadro apresentado, pode-se perceber algumas tendências nas 3 etapas desenvolvidas. Para isso, foram analisadas as diretrizes utilizadas em cada etapa, destacando-se aquelas mais representativas – com 3 ou mais utilizações em 6 gráficos – em perspectiva com as características de cada etapa.

O *esboço a lápis* tem características de ser um gráfico simples, sem maiores acabamentos, o qual tem por objetivo materializar a ideia de forma rápida. Acompanha esse gráfico uma explicação que visa esclarecer sua proposta ao especialista de conteúdo (PETTERSSON, 2013a). No esboço a lápis dos 6 GIE, as diretrizes mais utilizadas – em 3 ou mais gráficos – e seus aspectos abordados foram: D2 – definição de conceito e concisão das informações utilizadas em sua representação; D10 – uso combinado de gráficos e textos; D5 – sequenciamento visual para ideias complexas; D8 – tamanho e impacto dos elementos visuais; D14 – destaque de informações relevantes. Sendo assim, dessas 5 diretrizes mais utilizadas, 4 pertencem às mais relevantes à clareza, 2 à simplicidade e 2 à qualidade.

O *esboço digital* tem características de ser um gráfico mais bem acabado, próximo à concepção, porém sem ajuste fino de composição, cor, tipografia e contraste. Ainda não passou

pela revisão do especialista de conteúdo e apresenta uma explicação sobre o que é o gráfico (PETTERSSON, 2013a). No esboço digital dos 6 GIE, as diretrizes mais utilizadas foram: D15, D16 e D17 – tipografia; D6 – organização e estrutura do gráfico; D9 – contraste; D13 – destaque do conteúdo em relação ao fundo; e D8 – tamanho e impacto dos elementos gráficos. Sendo assim, dessas 7 diretrizes mais utilizadas, 4 pertencem às mais relevantes à clareza, e 1 à simplicidade.

A *concepção* é o gráfico finalizado, o qual passou pelas correções indicadas pelo especialista de conteúdo, e pelo ajuste fino acerca de todos os parâmetros de composição, cor, tipografia e contraste. Na concepção dos 6 GIE, as diretrizes mais utilizadas foram: D18 – escrever a legenda explicativa dos gráficos; e D19 – realizar uma revisão final sobre a coerência do estilo, tipografia e técnicas de destaque utilizados em todos os gráficos. Sendo assim, dessas 2 diretrizes mais utilizadas, 1 pertence às mais relevantes à clareza, à simplicidade e à qualidade.

De um modo geral, podem-se destacar as diretrizes mais relevantes (com 3 ou mais ocorrências) e as menos relevantes (menos de 3 ocorrências) durante o processo projetual apresentado. As diretrizes com maior relevância são: D2, D6, D8, D15, D16, D17, D18 e D19 – 6 ocorrências; D10 e D14 – 5 ocorrências; e D5, D7, D9 e D13 – 4 ocorrências. As diretrizes com menor relevância são: D12 – 2 ocorrências; D3 – 1 ocorrência; e D1, D4 e D11 – nenhuma ocorrência. Além disso, pode-se relacionar as diretrizes que mais contribuem à qualidade e as que foram mais utilizadas no processo projetual. O Quadro 21 apresenta essa relação.

Quadro 21 - Relação das diretrizes que mais contribuem à qualidade e das diretrizes mais utilizadas.

Diretrizes	Maior qualidade	Mais utilizadas
D1	x	
D2	x	x
D3	x	
D4		
D5		x
D6	x	x
D7		x
D8		x
D9		x
D10		x
D11		
D12		
D13		x
D14	x	x
D15		x
D16		x
D17		x
D18		x
D19	x	x

Fonte: o autor.

A partir do Quadro 21, observa-se que as diretrizes D1, D3, D4, D11 e D12 tiveram pouca aplicabilidade na aplicação realizada. Além disso, as diretrizes D1, D3 D4 estão entre aquelas consideradas pelos especialistas como as que mais contribuem à qualidade (ver item 4.2.2). A diretriz D1 é a mais básica e essencial para que o gráfico projetado seja considerado instrucional (CLARK; LYONS, 2011; MAYER, 2009; SUNG; MAYER, 2012). No caso desta aplicação, o trabalho conjunto entre projetista e especialista de conteúdo elimina a necessidade da preocupação com a relevância do conteúdo do gráfico, requisito já preenchido pela ação desse especialista. A diretriz D3 aponta à simplicidade do gráfico. Entretanto, o uso da diretriz D2 eliminou a preocupação com esse aspecto, ao indicar o uso de somente informações necessárias para representar o conteúdo do gráfico. A diretriz D4 aponta para o uso de estilos familiares ao público. Esse requisito também é preenchido pela contribuição do especialista de conteúdo e, pelo o fato de que projetar considerando o público-alvo é um procedimento inerente ao processo de design (FRASCARA, 2004; MEGGS, 1992).

As diretrizes D11 e D12 também tiveram pouca relevância no processo projetual desenvolvido. A D11 aponta para o projeto inicial de gráficos em preto e branco e após sendo adicionadas cores. Nesse caso, como partiu-se de um gráfico de referência já colorido, essa diretriz não foi utilizada. Entretanto, se fosse fornecido somente um sketch rápido do especialista de conteúdo, como sugere Pettersson (2013a), essa diretriz poderia ser útil no procedimento de esboço. A diretriz D12 indica para o uso de cores quando é essencial à compreensão do conteúdo. Essa diretriz foi utilizada em 2 ocasiões – gráficos G1 e G2 – como uma forma de codificação de informação. Porém, como nem todos os casos necessitam desse recurso, essa diretriz não foi muito utilizada.

### **4.3.1.3 Discussão dos resultados**

A partir da apresentação da aplicação das diretrizes no processo projetual, pôde-se verificar de que forma se daria o uso dessas diretrizes em uma situação real de projeto. Verificou-se que as diretrizes projetuais servem, além das etapas distintas do processo projetual de GIE, à análise de GIE. Neste caso, tanto especialista de conteúdo como projetista podem analisar GIE de referência, apoiados pelas diretrizes que indicam aspectos de qualidade desses gráficos.

Nesse sentido, Viaro, Silva e Silva (2014) desenvolveram um método de avaliação de gráficos instrucionais baseados nas diretrizes e princípios de Clark e Lyons (2011) em que possibilitam qualificar um gráfico – em bem representado, razoavelmente representado e mal representado – na medida em que o mesmo concorda ou discorda com essas diretrizes e princípios. Nesse método, é necessário identificar o tipo de conteúdo do gráfico e então

relacionar com as diretrizes de conteúdo para avaliá-lo. O método desses autores tem como motivação apoiar a etapa de avaliação do processo de design instrucional (ADDIE), verificando a possível necessidade do redesign desses gráficos.

Considerando seu uso como ferramenta de análise, as diretrizes sintetizadas nesta pesquisa fornecem um apoio adicional à etapa de projeto no desenvolvimento de um material instrucional. De forma geral, em modelos de projeto de material instrucional como o ADDIE (FILATRO, 2008) e o MDVPMI (CLARK; LYONS, 2011), bem como, no modelo de design da informação MDIDM (PETTERSSON, 2002), os revisores se apoiam basicamente em sua experiência e na busca de requisitos como exatidão, clareza e adequação aos usuários. Auxiliado pelas diretrizes projetuais desenvolvidas, o revisor dos gráficos projetados – especialista de conteúdo ou designer instrucional – passa a contar com uma referência concreta sobre aspectos que influenciam na qualidade dos gráficos projetados, podendo realizar uma avaliação mais eficaz. Nesse sentido, as diretrizes relacionadas apontam ao problema e já indicam ações para solucioná-lo – e.g., o problema *o gráfico contém informações supérfluas* pode ser identificado e encaminhado à solução a partir da diretriz D2, *determine um conceito para o gráfico e utilize somente as informações necessárias para transmiti-lo*. Dessa forma, pode-se realizar uma análise criteriosa da qualidade dos GIE relacionando os problemas encontrados nos gráficos com a diretrizes sintetizadas.

Observando a relação entre diretrizes utilizadas e as etapas do projeto de GIE, verificaram-se os seguintes padrões. Na etapa de esboço a lápis, são utilizadas com maior frequência diretrizes que visam estabelecer: o conteúdo inicial do gráfico – através da determinação do conceito da mensagem (D2), do uso complementar da linguagem verbal (D10) e do sequenciamento desse conceito (D5); assim como, aspectos fundamentais de forma – como o tamanho e impacto dos elementos gráficos (D8) e o destaque das informações mais importantes (D14). Na etapa de esboço digital, a principal tendência no uso de diretrizes se dá nos aspectos de forma do gráfico, relacionados à definição da estrutura compositiva do gráfico (D6), diferenciação entre conteúdo e fundo (D13), ao tamanho e impacto dos elementos gráficos (D8) e uso de tipografia (D15, D16, D17). Por fim, na etapa de concepção, as diretrizes mais utilizadas estão relacionadas à verificação da coerência do conjunto de GIE projetados (D19) e à escrita da legenda (D18). Portanto, de uma forma abrangente, pode-se verificar que no esboço a lápis, utilizam-se mais as diretrizes relacionadas ao conteúdo; no esboço digital, à forma; e na concepção, diretrizes de finalização.

Em uma situação de uso futuro dessas diretrizes segundo o processo projetual proposto, pode-se inferir que esses padrões se repetiriam, devido às características das etapas de esboço (a lápis e digital) e concepção utilizadas nesta pesquisa. Entretanto, dependendo do processo projetual utilizado, as características de esboço e concepção são distintas: no MDIDM de Pettersson (2013a), o esboço é um sketch rápido e utilizaria mais as diretrizes relacionadas à

determinação do conteúdo, enquanto que a concepção é o gráfico praticamente acabado, antes da verificação de sua qualidade, e utilizaria as diretrizes de forma e finalização; Clark e Lyons (2011) não especificam diferenças entre esboço e concepção, porém poderiam se utilizar da mesma lógica aqui proposta – começar o projeto dos GIE utilizando as diretrizes de conteúdo, depois utilizar as diretrizes de forma e de finalização.

O processo projetual utilizado nesta aplicação, que uniu os modelos projetuais de Pettersson (2002) e Clark e Lyons (2011) (ver item 4.1.1) auxiliou na aplicação das diretrizes e no projeto de GIE pelos seguintes motivos. Dos modelos projetuais estudados, o modelo de Pettersson (2002) é o mais detalhado quanto ao projeto de gráficos, entretanto, tem como ponto de partida para o projetista de gráficos os esboços fornecidos pelo especialista de conteúdo. Porém, assim como foi apresentado na aplicação realizada, alguns gráficos de referência fornecidos pelo especialista não estavam adequados para seu propósito – e.g., os gráficos G3, G4 e G6 tratavam de procedimentos e não continham textos explicando as diferentes etapas. Para isso, as diretrizes de representação de conteúdo de Clark e Lyons (2011) serviram como um complemento ao *input* de projeto, adequando os gráficos fornecidos ao seu propósito. Caso contrário, as diretrizes projetuais sintetizadas seriam utilizadas sem essa adequação prévia, tornando os gráficos menos eficazes. Por outro lado, o modelo de Clark e Lyons (2011) fornece as diretrizes e outros aspectos projetuais importantes, como a definição da situação instrucional, mas não detalha o processo de concepção de gráficos nem as relações e atividades dos membros da equipe de projeto. Nesse sentido, o modelo de Pettersson (2002) auxiliou no fluxo de trabalho, detalhando as atividades envolvidas e estabelecendo parâmetros para o uso das diretrizes.

Como fechamento deste item, destaca-se que o uso das diretrizes ocorreu sem dificuldades, de acordo com as necessidades de cada etapa. Algumas diretrizes, já destacadas, tiveram maior importância neste processo projetual e outras tiveram menor importância. Mesmo assim, a lista de diretrizes é mantida, pois o uso destas também é influenciado pelas condições contextuais específicas no qual o projeto se desenvolveu.

O item seguinte apresenta a avaliação da qualidade dos GIE projetados

#### **4.3.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS GRÁFICOS INSTRUCIONAIS ESTÁTICOS**

Este item apresenta a segunda parte da verificação das diretrizes propostas, a qual consiste na avaliação da qualidade dos GIE projetados. Essa avaliação foi realizada fundamentada na aplicação do instrumento de pesquisa com 7 especialistas de conteúdo, na qual verificou-se em que medida os GIE projetados atendem aos parâmetros de qualidade – clareza e simplicidade.

O instrumento de pesquisa utilizado nessa avaliação foi construído a partir do material instrucional de GD desenvolvido no item anterior, bem como, dos questionários de Wileman (1993, p. 86 apud PETTERSSON, 2013a) e de Pettersson (2013a), os quais buscam avaliar a clareza e a simplicidade. Os pesquisados realizaram uma leitura desse material e responderam a 7 questões de legibilidade e 5 questões de leiturabilidade. Todas questões, com exceção de uma questão aberta de legibilidade, foram respondidas com *sim* ou *não*. Quanto maior o número de respostas positivas, maior a qualidade do gráfico. A questão aberta mencionada indica as técnicas de destaque utilizadas nos gráficos projetados. Esse instrumento de pesquisa pode ser conferido no Apêndice B.

O instrumento foi submetido a 8 especialistas, dos quais 7 responderam à pesquisa e assinaram os termos que consentem sua participação. Um especialista não retornou à solicitação realizada. Os convites foram encaminhados por e-mail e feitos pessoalmente, segundo o modelo apresentado no Apêndice D. Os dados coletados a partir das respostas dos questionários foram codificados e tabulados para permitir as análises e discussões dos resultados.

Durante a aplicação dos questionários, a questão 11 – *o gráfico não é ambíguo nem muito artístico?* – foi sinalizada como de difícil compreensão, considerando-se que a mesma era uma pergunta negativa e que a resposta exigia *sim* ou *não*. Para aqueles que consideraram essa questão confusa, explicou-se pessoalmente seu significado e a implicação de cada resposta, e a questão foi respondida com a compreensão adequada. Por fim, o instrumento de pesquisa utilizado nesta etapa foi corrigido para possibilitar aplicações futuras livres de erros. A questão 11 apresenta-se da seguinte forma: *o gráfico é objetivo (nem ambíguo, nem artístico)?*

A Tabela 2 mostra as respostas aos questionários codificadas e tabuladas. Nas colunas, constam os gráficos e a quantidade de respostas positivas ou negativas obtidas e, nas linhas, as questões. Ao final dessa tabela, apresentam-se os somatórios de respostas positivas e negativas acerca da legibilidade, leiturabilidade e qualidade, incluindo sua representatividade em porcentagem.

Observa-se que na segunda questão (Q2) foram obtidas 6 respostas, pois um participante da pesquisa não compreendeu a questão e optou por não respondê-la. Além disso, a quinta questão (Q5) não foi preenchida nessa tabela, devido ao seu caráter qualitativo, onde foram apontados elementos e técnicas utilizadas para o destaque de informações importantes.

Tabela 2 – Respostas ao instrumento de avaliação.

	G1		G2		G3		G4		G5		G6	
	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N
Q1	7	0	7	0	7	0	7	0	7	0	5	2
Q2	5	1	6	0	5	1	6	0	6	0	6	0
Q3	4	3	6	1	6	1	6	1	6	1	7	0
Q4	7	0	7	0	7	0	7	0	5	2	7	0
Q5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Q6	6	1	5	2	4	3	7	0	5	2	7	0
Q7	6	1	6	1	4	3	6	1	5	2	7	0
Q8	4	3	6	1	6	1	7	0	6	1	7	0
Q9	7	0	7	0	4	3	7	0	7	0	7	0
Q10	4	3	5	2	3	4	4	3	3	4	7	0
Q11	7	0	4	3	5	2	6	1	6	1	5	2
Q12	4	3	7	0	2	5	2	5	6	1	4	3
<b>Total legibilidade</b>	35 85%	6 15%	37 90%	4 10%	33 80%	8 20%	39 95%	2 5%	34 82%	7 8%	39 95%	2 5%
<b>Total leituraabilidade</b>	26 74%	9 26%	29 82%	6 18%	20 57%	15 43%	26 74%	9 26%	28 80%	7 20%	30 85%	5 15%
<b>Total qualidade</b>	61 80%	15 20%	66 86%	10 14%	53 70%	23 30%	65 85%	11 15%	62 81%	14 19%	69 90%	7 10%

Fonte: o autor.

O Quadro 22 resume as técnicas de destaque reconhecidas nos GIE pelos pesquisados, por ordem de importância (maior número de ocorrências). Como 2 pesquisados responderam à questão 5 de forma abrangente, considerando as técnicas utilizadas em todos os gráficos, a última linha desta tabela apresenta a resposta desses especialistas.

Quadro 22 - Técnicas de destaque utilizadas nos GIE.

Gráfico	Técnicas de destaque utilizadas
G1	Cores, sequenciamento, contraste e projeções dos objetos.
G2	Setas, sequenciamento e cores.
G3	Cores, sequenciamento e moldura.
G4	Cores, espessura de linha, e alinhamento
G5	Cores, molduras e números.
G6	Cores, molduras, alinhamento
Todos	Cores, perspectiva e alinhamento.

Fonte: o autor.

Os resultados do Quadro 22 não estão relacionados quantitativamente com a verificação da qualidade, mas indicam os elementos e técnicas visuais percebidos nos gráficos projetados como responsáveis em direcionar a atenção do usuário. Nesse caso, correspondendo ao somatório do uso dessas técnicas em todos os gráficos, as mais utilizadas foram: o uso de cores; sequenciamento; molduras e alinhamento.

A fim de determinar a qualidade dos GIE projetados e de atestar a eficácia das diretrizes sintetizadas, realizou-se uma triangulação dos dados a partir do somatório de respostas positivas ao questionário, dos comentários dos especialistas de conteúdo sobre os gráficos projetados, e da média BLIX obtida por cada gráfico. Segundo Flick (2009), a combinação entre métodos qualitativos e quantitativos é uma forma eficaz de obter compreensão profunda sobre uma questão que, ao ser abordada dessa forma, tem as deficiências de cada método (quali e quanti) minimizadas, aproveitando-se das diferentes perspectivas de cada procedimento metodológico. A Figura 57 apresenta o processo de triangulação realizado para avaliar a qualidade dos GIE projetados.

Figura 57 - Triangulação dos dados para atestar a qualidade dos GIE projetados.



Fonte: o autor.

A seguir, apresenta-se a análise individual dos GIE projetados, considerando a triangulação referida. As respostas às questões de legibilidade e leiturabilidade são quantificadas e classificadas em avaliações altas (de 75 a 100% de avaliações positivas); razoáveis (de 50 a 75% de avaliações positivas); baixas (de 25 a 50% de avaliações positivas); e muito baixas (0 a 25% de avaliações positivas). Nesse sentido, consideram-se as avaliações altas como adequadas e sem necessidade de melhorias; as avaliações razoáveis com necessidade de melhorias; e as avaliações baixas e muito baixas com necessidade de redesign do gráfico. Também destacam-se as avaliações que obtiveram 100% de respostas positivas como sendo aspectos ideais dos gráficos relacionados. A Tabela 3 sintetiza a escala de avaliação utilizada.

Tabela 3 - Escala de avaliação do questionário.

<b>Pontuação (%)</b>	<b>Adequação</b>	<b>Ação necessária</b>
75-100	Ideal, para 100% Boa, de 75% a 99%	Nenhuma
50-75	Razoável	Melhorias no gráfico
25-50	Baixa	Redesign do gráfico
0-25	Muito baixa	Redesign do gráfico

Fonte: o autor.

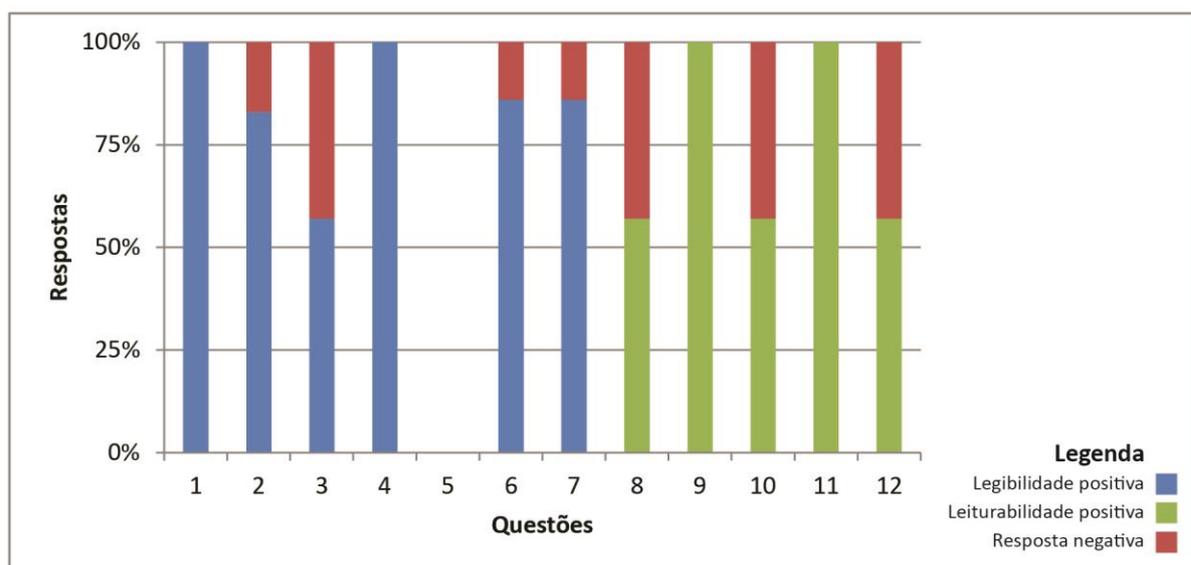
Também são analisados dados provenientes de contribuições espontâneas dos participantes acerca dos GIE projetados. Essas contribuições, na forma de comentários, foram fornecidas por quatro pesquisadores visando justificar suas respostas negativas. Realizou-se a comparação entre os comentários dos pesquisadores e a análise dos gráficos de referência, executada na etapa de projeto (ver item 4.3.1.2) pela equipe de projeto. Essa comparação permitiu verificar a diferença na qualidade de gráfico projetado e gráfico de referência, considerando os problemas encontrados em ambos os gráficos.

Além disso, analisou-se a média BLIX dos GIE, que corresponde à média de todas as respostas positivas às questões de legibilidade (da Q8 a Q12), considerando a seguinte escala: (0) gráfico virtualmente incompreensível; (1) muito difícil de ler; (2) difícil de ler; (3) nem difícil, nem fácil de ler; (4) fácil de ler; e (5) muito fácil de ler. A média BLIX é baseada em Pettersson (2013a) e pode ser conferida no item 2.1.5.1.

Após a análise individual dos 6 GIE projetados, realiza-se a avaliação geral de sua qualidade. A Figura 58 apresenta os resultados do gráfico G1, considerando as respostas positivas à legibilidade (em azul), à legibilidade (em verde), bem como, as respostas negativas a esses parâmetros (em vermelho). Todos GIE projetados podem ser conferidos no item 4.3.1.2 ou no Apêndice B, enquanto as questões constam no mesmo Apêndice.

O gráfico G1 recebeu avaliações altas (entre 75 e 100%) nas questões Q1, Q2, Q4, Q6, Q7, Q9 e Q11. Destacam-se positivamente as questões Q1, Q4, Q9 e Q11, as quais receberam pontuação máxima, com 100% de suas respostas positivas. Isso significa que nos seguintes aspectos o gráfico é ideal: o tamanho dos elementos está adequado; o gráfico está adequado ao público-alvo; é passível de significação (possui uma forma diferente de um quadrado ou retângulo); o gráfico não é ambíguo. Nos seguintes aspectos, o gráfico tem boa adequação: o gráfico apresenta as informações de forma impactante; contém somente informações essenciais; utiliza técnicas de sequenciamento visual para ideias complexas. Além disso, esse gráfico recebeu pontuação razoável (entre 50 e 75%) nas questões Q3, Q8, Q10 e Q12. Isso significa que os seguintes aspectos necessitam melhorias: contraste entre figura e fundo; contraste de cores; legenda; e centro de interesse.

Figura 58 – Avaliação de qualidade do gráfico G1.



Fonte: o autor.

Foram feitos os seguintes comentários em relação a esses aspectos: o sistema de coordenadas deveria utilizar uma cor mais escura (maior contraste); falta contraste nos planos de projeção; a legenda não é concisa, mas é de fácil compreensão e lida com o gráfico. O Quadro 23 compara a análise realizada por projetista e especialista de conteúdo acerca do gráfico de referência utilizado para o projeto (ver item 4.3.1.2) com a avaliação dos especialistas de conteúdo sobre o gráfico projetado.

Quadro 23 – Comparação entre o gráfico G1 de referência e projetado.

<b>Análise do gráfico de referência</b>	<b>Avaliação dos especialistas de conteúdo do gráfico projetado G1</b>	<b>Diretrizes utilizadas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- eixo das coordenadas é ilegível;</li> <li>- contém cores distrativas;</li> <li>- contém informações supérfluas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- maior contraste nos eixos de coordenadas;</li> <li>- maior contraste nas cores dos planos de projeção;</li> <li>- legenda mais concisa.</li> </ul>	D2, D6, D7, D8, D9, D10, D12, D13, D15, D16, D17, D18, D19

Fonte: o autor.

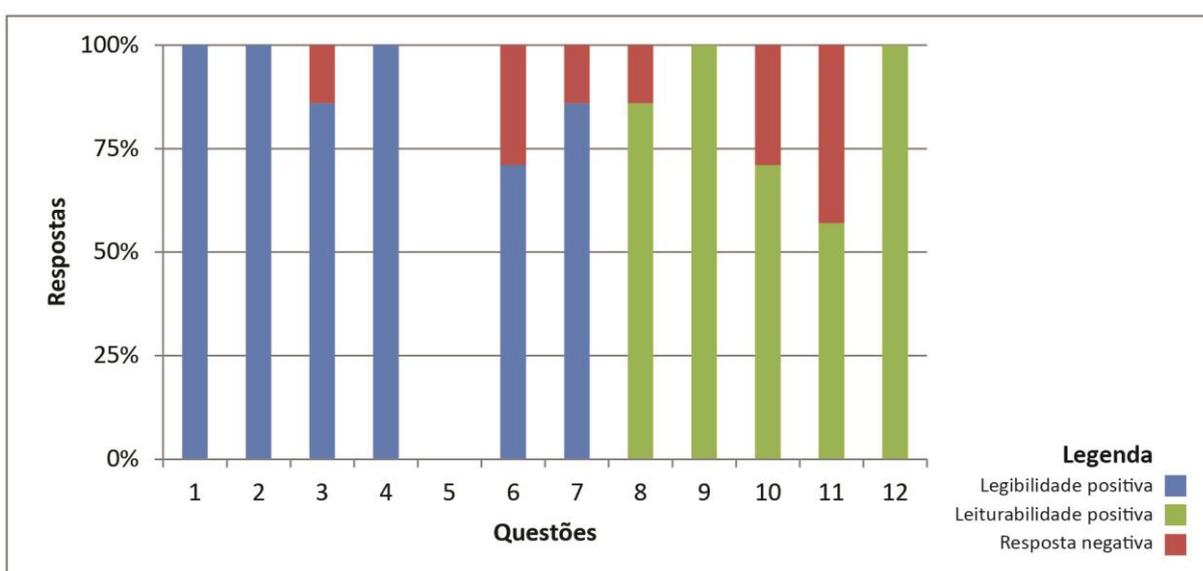
A partir destas análises e avaliações apresentadas no Quadro 23, considerando o gráfico de referência e o gráfico projetado, observa-se que: o uso das diretrizes D8 e D2 resolveram os problemas apontados na análise do gráfico de referência; mesmo com o uso da diretriz D9, que trata do contraste, o gráfico projetado foi avaliado com necessidade de melhoria no contraste; o gráfico projetado com o auxílio das diretrizes melhorou de qualidade em relação ao gráfico de referência, pois, este apresentava um problema de legibilidade e continha informações distrativas e, àquele, foram sugeridas melhorias em aspectos de legibilidade e legenda. Essa

melhoria na qualidade pode ser inferida devido ao fato de que muitas informações distrativas podem prejudicar a aprendizagem (CLARK; LYONS, 2011; MAYER, 2009; SUNG; MAYER, 2012).

A média obtida pelo gráfico, considerando o instrumento BLIX que analisa a leiturabilidade dos gráficos, foi de 3,71 – entre *nem fácil nem difícil e fácil de ler*.

A Figura 59 apresenta os resultados do gráfico G2, considerando as respostas positivas à legibilidade (em azul), à leiturabilidade (em verde), bem como, as respostas negativas a esses parâmetros (em vermelho).

Figura 59 – Avaliação de qualidade do gráfico G2.



Fonte: o autor.

O gráfico G2 destaca-se positivamente por ter obtido a segunda maior pontuação na leiturabilidade e na qualidade dos gráficos projetados. Esse gráfico recebeu pontuações altas nas questões Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q8, Q9 e Q12 e pontuações razoáveis nas questões Q6, Q10 e Q11. Nos seguintes aspectos, o G2 recebeu pontuação máxima e é ideal: tamanho e impacto dos elementos gráficos; adequação ao público-alvo; é passível de compreensão; não é ambíguo. Nestes aspectos, o G2 tem boa adequação: contraste entre figura e fundo; sequenciamento visual de ideias; e contraste de cores. Nos seguintes aspectos, obteve-se pontuação razoável, necessitando melhoria em: quantidade de informações supérfluas; legenda; e centro de interesse.

Os pesquisados comentaram que uma informação textual contida no gráfico não está relacionada ao texto; e sugeriram que, na segunda figura, os eixos de rotação fossem deslocados para entre os planos de projeção e que fosse adicionada uma linha tracejada indicando a posição prévia do eixo y.

O Quadro 24 compara a análise realizada por projetista e especialista de conteúdo acerca do gráfico de referência utilizado para o projeto (ver item 4.3.1.2) com a avaliação dos especialistas de conteúdo sobre o gráfico projetado.

Quadro 24 - Comparação entre o gráfico G2 de referência e projetado.

<b>Análise do gráfico de referência</b>	<b>Avaliação dos especialistas de conteúdo do gráfico projetado G2</b>	<b>Diretrizes utilizadas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- indicar informações para melhorar o sequenciamento do processo;</li> <li>- retirar figuras, elementos gráficos e detalhes supérfluos;</li> <li>- adicionar textos para identificar as fases do processo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- retirar informação verbal supérflua;</li> <li>- adicionar informações para melhorar o sequenciamento do conteúdo;</li> <li>- modificar o posicionamento de elementos para melhorar a compreensão do gráfico.</li> </ul>	D2, D3, D6, D7, D8, D9, D10, D12, D13, D14, D15, D16, D17, D18, D19

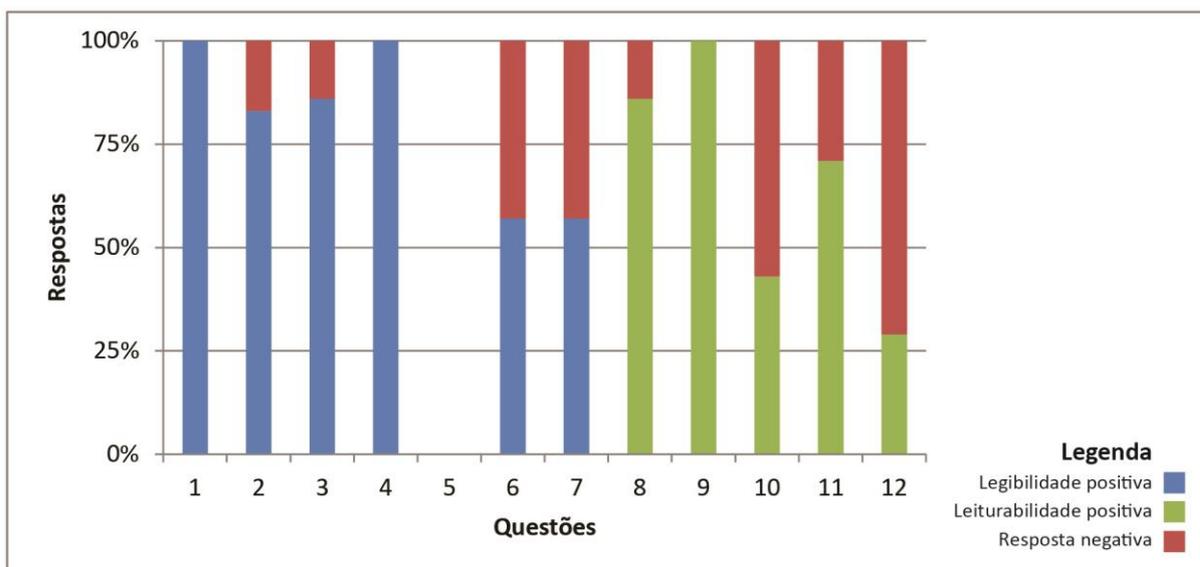
Fonte: o autor.

A partir destas análises e avaliações apresentadas no Quadro 24, considerando o gráfico de referência e o gráfico projetado, observa-se que: o uso das diretrizes D2, D5 e D10 resolveram, em grande parte, os problemas identificados no gráfico de referência; mesmo com o uso da diretrizes D2, o gráfico projetado ainda continha informações supérfluas; o sequenciamento do conteúdo deste gráfico foi bem avaliado, no entanto, os comentários fornecidos pelos pesquisados poderiam auxiliar a melhorar esse quesito; infere-se que a qualidade do gráfico projetado melhorou em relação ao gráfico de referência, pois o mesmo é mais simples, foi bem avaliado em relação à sua qualidade, e conjuga textos e figuras, o que é considerado um vantagem na aprendizagem segundo Mayer (2009).

A média BLIX obtida pelo gráfico G2 foi de 4,14 – entre *fácil de ler* e  *muito fácil de ler*.

A Figura 60 apresenta os resultados do gráfico G3, considerando as respostas às questões de legibilidade e leiturabilidade. O gráfico G3 se destaca negativamente obtendo as menores avaliações quanto a legibilidade, leiturabilidade e qualidade. Esse gráfico recebeu pontuações altas nas questões Q1, Q2, Q3, Q4, Q8; pontuações razoáveis nas questões Q6, Q7, Q9, Q11; e pontuações baixas nas questões Q10 e Q12. Nos seguintes aspectos, o G3 recebeu pontuação máxima e é ideal: tamanho dos elementos gráficos; adequação ao público-alvo; é passível de compreensão. Nestes aspectos, o G3 tem boa adequação: impacto dos elementos gráficos; contraste entre figura e fundo; sequenciamento visual de ideias; e contraste de cores. Nos seguintes aspectos, obteve-se pontuação razoável, necessitando melhoria em: quantidade de informações supérfluas; sequenciamento visual; e ambiguidade da mensagem. Nestes aspectos o gráfico obteve baixa pontuação, necessitando revisão em: legenda; e centro de interesse.

Figura 60 – Avaliação de qualidade do gráfico G3.



Fonte: o autor.

Foram feitos os seguintes comentários em relação aos aspectos citados: o gráfico contém muito texto; falta unidade no sequenciamento visual do gráfico; o contraste de cores é fraco; o gráfico é complexo e confuso, podendo ser dividido em 2 ou 3 gráficos, separando texto e gráficos; poderia ser utilizada numeração nas etapas do procedimento para auxiliar a guiar o usuário na leitura; poderiam ser utilizadas setas com números para indicar o sentido e o valor a ser marcado nas Épuras; e apesar de conter diversos centros de interesse, cada Épura é importante.

O Quadro 25 compara a análise realizada por projetista e especialista de conteúdo acerca do gráfico de referência utilizado para o projeto com a avaliação dos especialistas de conteúdo sobre o gráfico projetado.

Quadro 25 – Comparação entre o gráfico G3 de referência e projetado.

<b>Análise do gráfico de referência</b>	<b>Avaliação dos especialistas de conteúdo do gráfico projetado G3</b>	<b>Diretrizes utilizadas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- elementos importantes como pontos, linhas de terra e de chamada, merecem destaque;</li> <li>- uma informação importante na compreensão do procedimento está equivocada;</li> <li>- subdividir o gráfico em uma sequência de figuras acompanhadas por texto para explicar o procedimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- o gráfico contém muito texto;</li> <li>- o contraste de cores é fraco;</li> <li>- falta unidade no sequenciamento visual; as figuras (etapas do procedimento) poderiam ser numeradas para melhorar esse quesito;</li> <li>- o gráfico é complexo e confuso, poderia ser dividido em 2 ou 3 gráficos;</li> <li>- poderiam ser utilizadas setas com os valores das coordenadas para melhorar o entendimento do procedimento;</li> <li>- contém diversos centros de interesse, porém todos importantes.</li> </ul>	D2, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D14, D15, D16, D17, D18, D19

Fonte: o autor.

A partir destas análises e avaliações apresentadas no Quadro 25, considerando o gráfico de referência e o gráfico projetado, observa-se que: o uso das diretrizes D2, D5 e D10 resolveram, em grande parte, os problemas identificados no gráfico de referência; entretanto, mesmo com o uso da diretriz D5, o sequenciamento visual teve problemas de execução e foi avaliado como razoável, sendo sugeridas algumas opções como numeração e subdivisão em 2 ou mais gráficos; o contraste de cores foi avaliado como bem adequado pelos pesquisados, entretanto, como um deles indicou esse quesito como fraco, este poderia ser melhorado.

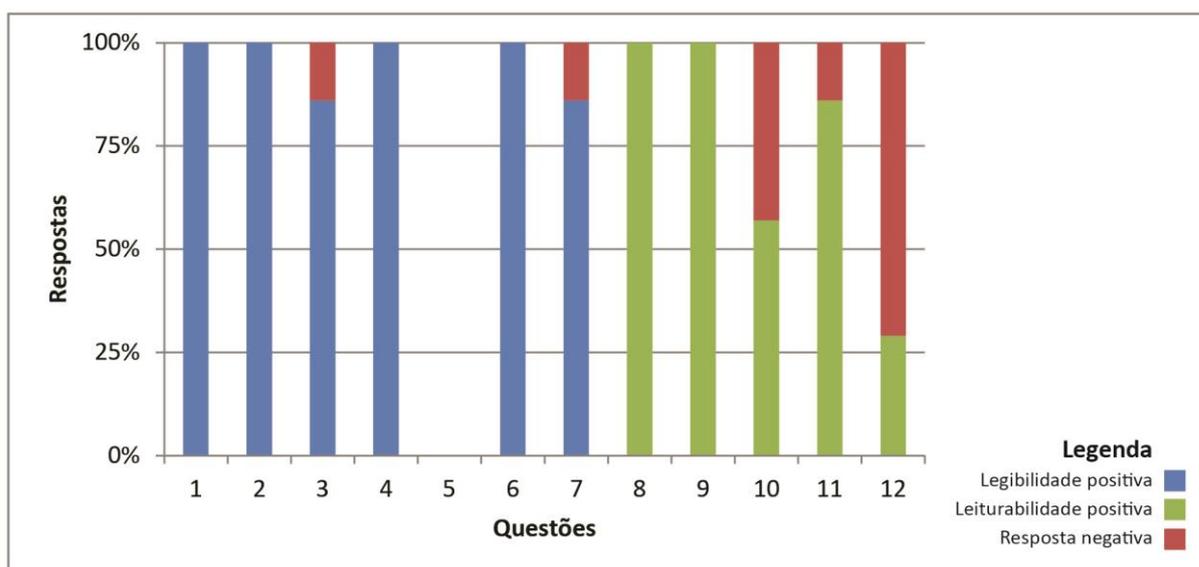
Dos 6 gráficos projetados, o gráfico G3 foi o que teve a maior modificação em sua estrutura e conteúdo, em relação ao gráfico de referência. Mesmo considerando a avaliação razoável na qualidade deste gráfico (70%) e os comentários e sugestões fornecidos pelos pesquisados, infere-se a melhora na qualidade do gráfico projetado em relação ao gráfico de referência, porque este não pode ser compreendido independentemente (sem o auxílio do texto). Isso vai contra o princípio instrucional da contiguidade de Mayer (2009), no qual os textos e gráficos, posicionados próximos no espaço, facilitam a aprendizagem.

Entretanto, pela quantidade de comentários e avaliações negativas (razoáveis e baixas) em 5 de 11 questões, infere-se que as diretrizes projetuais não estão adequadas para este tipo de gráfico. Observa-se que, pela quantidade de textos e informações contidas neste gráfico, o mesmo aproxima-se mais de um infográfico do que de um gráfico. Pois, segundo Pettersson (2013c), o infográfico é um tipo de gráfico que apresenta uma mensagem a partir da integração de textos, figuras e design gráfico em uma área claramente delimitada e estruturada, formando um todo funcional. Normalmente, os infográficos apresentam maior quantidade de informação, contém mais texto e, assim, necessitam de maior estruturação. Nesse caso seriam necessárias indicações mais específicas sobre o sequenciamento de conteúdo (diretriz D5) para atingir uma melhor qualidade – e.g., utilize números para indicar as diferentes etapas de um procedimento. A necessidade de maior estruturação e o trabalho com maior quantidade de textos exigem uso de técnicas de hierarquização, diagramação e tipografia, aspectos pouco abordados nas diretrizes e mais relacionados à área do design gráfico.

A média BLIX obtida pelo gráfico G3 foi de 3,28 – entre *nem fácil nem difícil* e *fácil de ler*.

A Figura 61 apresenta os resultados do gráfico G4, considerando as respostas às questões de legibilidade e leitura.

Figura 61 – Avaliação de qualidade do gráfico G4.



Fonte: o autor.

O gráfico G4 se destaca positivamente por ter obtido a maior avaliação em legibilidade. Esse gráfico recebeu pontuações altas nas questões Q1, Q2, Q3, Q4, Q6, Q7, Q8, Q9 e Q11; pontuação razoável nas questões Q10; e pontuação baixa na questão Q12. Nos seguintes aspectos, o G4 recebeu pontuação máxima e é ideal: tamanho e impacto dos elementos gráficos; adequação ao público-alvo; quantidade de informações; contraste de cores; é passível de compreensão. Nestes aspectos, o G4 tem boa adequação: contraste entre figura e fundo; sequenciamento visual; não é ambíguo. No aspecto de legenda, o gráfico tem adequação razoável, necessitando melhoria. No aspecto de centro de interesse, o gráfico tem pontuação baixa, necessitando revisão.

Foram feitos os seguintes comentários em relação aos aspectos citados: nas figuras 1 e 3 desse gráfico, substituir o termo *a projeção* por *as projeções*; na legenda, onde está escrito *ligação de pontos*, substituir por *ligação das projeções de pontos*; contém vários centros de interesse, porém todos importantes.

O Quadro 26 compara a análise realizada por projetista e especialista de conteúdo acerca do gráfico de referência utilizado para o projeto com a avaliação dos especialistas de conteúdo sobre o gráfico projetado.

Quadro 26 – Comparação entre o gráfico G4 de referência e projetado.

<b>Análise do gráfico de referência</b>	<b>Avaliação dos especialistas de conteúdo do gráfico projetado G4</b>	<b>Diretrizes utilizadas</b>
- destacar as marcações das projeções dos pontos; - utilizar textos para acompanhar a sequência de gráficos e explicar as etapas do procedimento.	- corrigir informações textuais no gráfico e legenda; - contém diversos centros de interesse, porém todos importantes.	D2, D5, D6, D8, D10, D14, D15, D16, D17, D18, D19

Fonte: o autor.

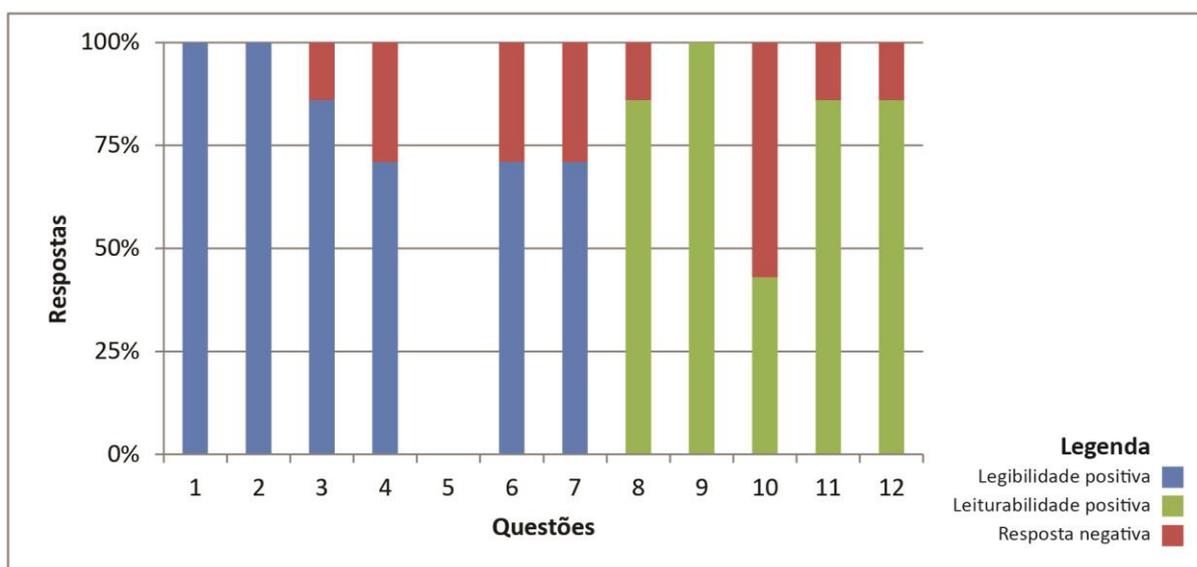
A partir destas análises e avaliações apresentadas no Quadro 26, considerando o gráfico de referência e o gráfico projetado, observa-se que: o uso das diretrizes D14 e D10 resolveram os problemas identificados no gráfico de referência. Mesmo com o centro de interesse tendo recebido avaliação baixa, o comentário de um participante confere uma nova perspectiva a essa questão – de que os vários centros de interesse existentes são importantes para a compreensão do gráfico. Nesse caso, considerando que a estrutura do gráfico foi projetada visando melhorar a leitura da sequência de figuras e manter a simplicidade do gráfico, modificar a estrutura do gráfico apenas para manter o centro de interesse no centro óptico ou no terço superior do gráfico, como indica a diretriz D7, poderia comprometer aspectos de legibilidade e sequenciamento de informações e, assim, piorar a qualidade do gráfico. Infere-se a melhoria na qualidade do gráfico, pois o mesmo manteve a estrutura original do gráfico de referência, eliminando informações supérfluas e adicionando textos para melhorar a compreensão do conteúdo, e destacando partes relevantes do gráfico – ações correspondentes aos princípios instrucionais da coerência, contiguidade e sinalização de Mayer (2009)

A média BLIX obtida pelo gráfico G4 foi de 3,28 – entre *nem fácil nem difícil e fácil de ler*.

A Figura 62 apresenta os resultados do gráfico G5, considerando as respostas às questões de legibilidade e leiturabilidade.

O gráfico G5 recebeu pontuações altas nas questões Q1, Q2, Q3, Q8, Q9, Q11 e Q12; pontuação razoável nas questões Q4, Q6 e Q7; e pontuação baixa na questão Q10. Nos seguintes aspectos, o G5 recebeu pontuação máxima e é ideal: tamanho e impacto dos elementos gráficos; é passível de compreensão. Nestes aspectos, o G5 tem boa adequação: contraste entre figura e fundo; contraste de cores; o gráfico não é ambíguo; centro de interesse adequado. Nos seguintes aspectos, o gráfico tem adequação razoável e necessita melhorias: adequação ao público-alvo; quantidade de informações; e sequenciamento visual. No aspecto de legenda, o gráfico tem adequação baixa, necessitando revisão.

Figura 62 – Avaliação de qualidade do gráfico G5.



Fonte: o autor.

Foram feitos os seguintes comentários em relação aos aspectos citados: a face com maior número de arestas não aparece, pois as projeções são encobertas pelo sólido amarelo; a figura do sólido com números indicando as faces não foi compreendida por um participante; eliminar o sólido que indica as faces e integrar os seus números no sólido que indica os pontos, estabelecendo relações das faces com os números (por meio de setas ou cores).

O Quadro 27 compara a análise realizada por projetista e especialista de conteúdo acerca do gráfico de referência utilizado para o projeto com a avaliação dos especialistas de conteúdo sobre o gráfico projetado.

Quadro 27 – Comparação entre o gráfico G5 de referência e projetado.

<b>Análise do gráfico de referência</b>	<b>Avaliação dos especialistas de conteúdo do gráfico projetado G5</b>	<b>Diretrizes utilizadas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- existem cores distrativas;</li> <li>- o conceito do gráfico não está claro;</li> <li>- tornar a tipografia mais legível;</li> <li>- não existe destaque das faces nos gráficos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- as projeções estão encobertas pelo sólido;</li> <li>- o sólido que contém os números indicando as faces não foi compreendido;</li> <li>- unificar os dois sólidos, integrando os números no sólido e estabelecendo relações entre números e faces com setas ou cores.</li> </ul>	D2, D5, D6, D7, D8, D9, D13, D14, D15, D16, D17, D18, D19

Fonte: o autor.

A partir destas análises e avaliações apresentadas no Quadro 27, considerando o gráfico de referência e o gráfico projetado, observa-se que: o uso da diretriz D2 resolveu os problemas de ambiguidade no conceito do gráfico e de elementos distrativos; mesmo com o uso dessa diretriz, ainda foram verificadas informações supérfluas neste gráfico; o uso das diretrizes D8

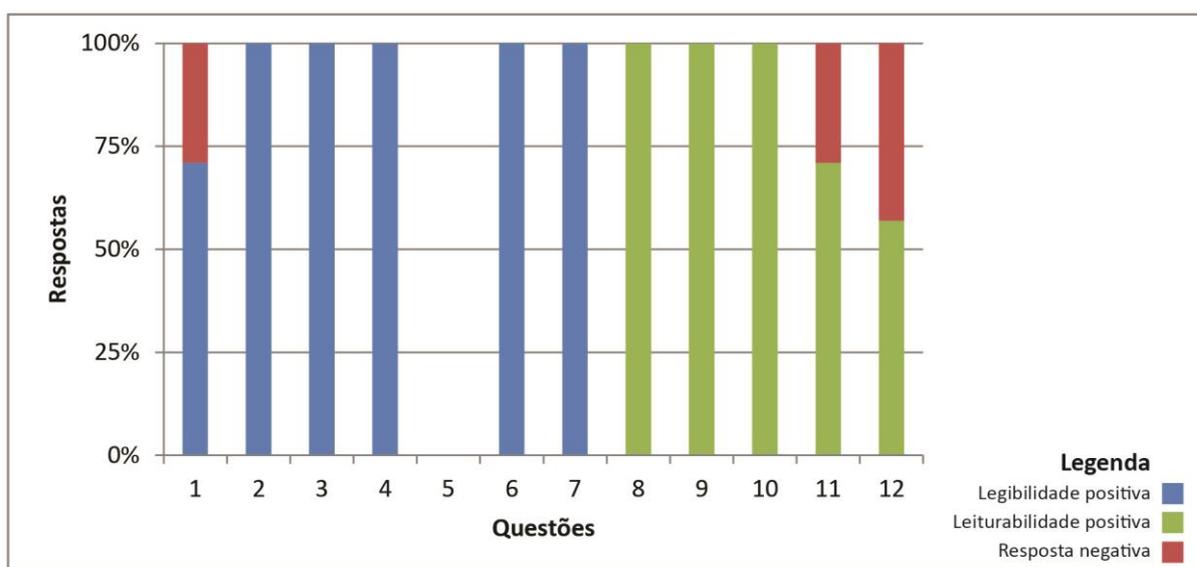
e D15 eliminaram o problema da legibilidade da tipografia; o uso da diretriz D14 conferiu destaque às faces do gráfico, eliminando outro problema identificado no gráfico de referência; o uso da diretriz D5 auxiliou na apresentação do conteúdo do gráfico, entretanto, esse quesito obteve avaliação razoável e consta em todos comentários realizados pelos especialistas. Nesse caso, os comentários dos especialistas necessitariam ponderação para serem implementados de forma a não tornarem o gráfico complexo, com muita informação concentrada; poderia-se utilizar a diretriz D10 para adicionar textos ao gráfico, tornando-o auto-explicativo. Devido às correções realizadas, em cores distrativas, ambiguidade no conceito, legibilidade tipográfica e destaque de informações relevantes, infere-se a melhoria na qualidade do gráfico G5 projetado.

A média BLIX obtida pelo gráfico G5 foi de 4, configurando um gráfico *fácil de ler*.

A Figura 63 apresenta os resultados do gráfico G6, considerando as respostas às questões de legibilidade e leitura.

O gráfico G6 se destaca positivamente por ser o que recebeu maior avaliação de qualidade, legibilidade e leitura. Esse gráfico recebeu pontuações altas nas questões Q2, Q3, Q4, Q6, Q7, Q8, Q9 e Q10; e pontuação razoável nas questões Q1, Q11 e Q12. Nos seguintes aspectos, o G6 recebeu pontuação máxima e é ideal: impacto dos elementos gráficos; adequação ao público-alvo; quantidade de informações; sequenciamento visual, contraste de cores; é passível de compreensão; e legenda. Nestes aspectos, o G6 tem adequação razoável e necessita melhoria: tamanho dos elementos gráficos; o gráfico não é ambíguo; e o centro de interesse dominante.

Figura 63 – Avaliação de qualidade do gráfico G6.



Fonte: o autor

Foram feitos os seguintes comentários em relação aos aspectos citados: a fonte utilizada para os vértices é pequena; os índices deveriam estar subscritos (e.g., mudar G<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> para G<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>); onde está escrito *marcar a projeção*, substituir por *marcar as projeções*.

O Quadro 28 compara a análise realizada por projetista e especialista de conteúdo acerca do gráfico de referência utilizado para o projeto com a avaliação dos especialistas de conteúdo sobre o gráfico projetado.

Quadro 28 - Comparação entre o gráfico G6 de referência e projetado.

<b>Análise do gráfico de referência</b>	<b>Avaliação dos especialistas de conteúdo do gráfico projetado G6</b>	<b>Diretrizes utilizadas</b>
- destacar as marcações das projeções dos pontos; - utilizar textos para acompanhar a sequência de gráficos.	- o tamanho da fonte utilizada na projeção dos vértices não favorece a legibilidade; - corrigir informações textuais.	D2, D5, D6, D8, D10, D13, D14, D15, D16, D17, D18, D19

Fonte: o autor.

A partir destas análises e avaliações apresentadas no Quadro 28, considerando o gráfico de referência e o gráfico projetado, observa-se que: o uso das diretrizes D14 e D10 resolveu os problemas de falta de destaque e ausência de textos no gráfico de referência; mesmo com o uso das diretrizes D8 e D15, o tamanho dos elementos gráficos foi avaliado como razoável, sendo comentado sobre o tamanho das fontes utilizadas na representação dos vértices do sólido em Épura. Este gráfico projetado foi o que recebeu a maior avaliação de qualidade dentre todos os demais. Similar ao gráfico G4, o gráfico G6 manteve a estrutura original do gráfico de referência, adicionando textos, tabelas e destacando as projeções dos pontos e faces nas Épuras, concordando com os princípios instrucionais da contiguidade e sinalização de Mayer (2009). Assim, infere-se a melhoria na qualidade do gráfico projetado em relação ao gráfico de referência.

A média BLIX obtida pelo gráfico G6 foi de 4,28 – entre *fácil de ler e muito fácil de ler*.

A Tabela 4 apresenta os principais resultados das avaliações e análises individuais realizadas com os GIE. Apresentam-se as respostas positivas à legibilidade e leiturabilidade, resultando na média de qualidade; a média e classificação BLIX; a diferença de qualidade, considerando gráfico projetado em relação ao gráfico de referência; bem como, as diretrizes utilizadas no projeto dos gráficos.

Tabela 4 – Principais resultados da avaliação dos GIE.

	<b>Leg.</b>	<b>Leit.</b>	<b>Qualidade</b>	<b>BLIX</b>	<b>Diferença de Qualidade</b>	<b>Diretrizes utilizadas</b>
G1	85%	74%	80%	3,71 Nem fácil, nem difícil de ler.	Melhorou*	D2, D6, D7, D8, D9, D10, D12, D13, D15, D16, D17, D18, D19
G2	90%	82%	86%	4,14 Fácil de ler.	Melhorou	D2, D3, D6, D7, D8, D9, D10, D12, D13, D14, D15, D16, D17, D18, D19
G3	80%	57%	70%	3,28 Nem fácil, nem difícil de ler.	Melhorou	D2, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D14, D15, D16, D17, D18, D19
G4	95%	74%	85%	3,71 Nem fácil, nem difícil de ler.	Melhorou	D2, D5, D6, D8, D10, D14, D15, D16, D17, D18, D19
G5	82%	80%	81%	4 Fácil de ler.	Melhorou*	D2, D5, D6, D7, D8, D9, D13, D14, D15, D16, D17, D18, D19
G6	95%	85%	90%	4,28 Fácil de ler.	Melhorou	D2, D5, D6, D8, D10, D13, D14, D15, D16, D17, D18, D19

Fonte: o autor.

A partir da Tabela 4 é possível inferir a respeito dos seguintes resultados. No geral, a legibilidade dos GIE foi avaliada mais positivamente que a leiturabilidade, com média de 87% contra 82% de respostas positivas. Verifica-se que 5 dos 6 gráficos projetados obtiveram a média quantitativa de qualidade acima de 80%. Considerando a média BLIX, 3 dos 6 gráficos foram avaliados como fáceis de ler e, outros 3, como nem fáceis nem difíceis de ler. Todos os gráficos projetados foram avaliados com maior qualidade do que os gráficos de referência utilizados na etapa de projeto. A partir desses resultados é possível inferir a contribuição das diretrizes projetuais para a qualidade dos GIE projetados.

Observa-se, nessa tabela, que a diferença de qualidade nos gráficos G1 e G5 está marcada com um asterisco (\*), pois uma nova iteração com um dos especialistas de conteúdo indicou a existência de um relacionamento entre as cores utilizadas nos gráficos de referência com um conteúdo da disciplina – planos de projeção. Nesses gráficos, as cores contidas nos planos de projeção foram consideradas distrativas por não tratarem do conteúdo principal, podendo atrair a atenção do leitor para elementos considerados secundários. Sendo assim, os gráficos G1 e G5 foram concebidos sem as cores nos planos de projeção. Portanto, desconsiderando o contexto dessa disciplina específica, os gráficos foram considerados de melhor qualidade, pois ainda destacam o seu conteúdo principal. Entretanto, no contexto da disciplina de GD necessitariam reconsiderar esse quesito a partir da diretriz D12 – utilize cor quando esta é essencial à compreensão do conteúdo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as principais contribuições da pesquisa, considerando implicações nos níveis prático e teórico. Para isso, os resultados alcançados são reforçados em perspectiva com lacunas já descritas ao longo do trabalho. Além disso, verificam-se o alcance da hipótese da pesquisa e de seus objetivos, bem como, descrevem-se as sugestões para pesquisas futuras envolvendo a temática estudada.

### 5.1 IMPLICAÇÕES PRÁTICAS

As implicações práticas desta pesquisa contribuem diretamente à atividade de projeto de GIE e, indiretamente, ao campo da educação. A forma em que as diretrizes projetuais foram desenvolvidas – considerando parâmetros de praticidade e abrangência – confere um escopo ampliado de atuação em projetos, abrangendo diversos tipos de GIE, incluindo ilustrações, diagramas e fotografias, e suportes variados, como o papel, a tela e a projeção. Isso possibilita o seu uso em projetos de materiais instrucionais para modalidades de ensino presencial e a distância.

Segundo Mijksenaar (1997) e Clark e Lyons (2011), o fato de que o conhecimento científico relevante ao projeto de gráficos instrucionais se encontra restrito somente ao nível teórico é uma das principais causas da baixa qualidade dos materiais e gráficos instrucionais existentes. Para Bonsiepe (2012), o design tem o papel imprescindível de integrar ciência e tecnologia na vida cotidiana por meio do aprimoramento dos artefatos materiais e simbólicos. As diretrizes projetuais sintetizadas contribuem nesse sentido, pois se apresentam como uma maneira prática e aplicável ao projeto de gráficos instrucionais como meio de tornar presente a grande quantidade de conhecimento científico que, de outra forma, ficaria restrito ao nível teórico.

A partir dessa contribuição, podem-se prever alguns benefícios práticos imediatos: facilitar e tornar mais eficiente o processo projetual de gráficos instrucionais estáticos; auxiliar no projeto de gráficos instrucionais de qualidade, contribuindo para a qualidade dos materiais instrucionais; e facilitar a aprendizagem dos alunos que utilizarem esses materiais. Esses efeitos influenciam nos níveis meso e micro de design instrucional – projeto de cursos, disciplinas e aulas (FILATRO, 2008) – e corroboram as diretrizes e bases para a educação nacional (Lei nº 9.394/96), as quais consideram o padrão de qualidade no ensino como um de seus princípios norteadores e, a aquisição de materiais didáticos como um dos gastos previstos do programa.

Por outro lado, destacam-se alguns benefícios de longo prazo que podem ser alcançados com a aplicação das diretrizes propostas em projetos de GIE: valorizar o gráfico instrucional,

tornando-o um recurso instrucional mais confiável para alunos, professores e formadores de opinião na área da educação; e contribuir para a melhoria na educação através desses recursos de qualidade mais alta. Essas contribuições auxiliam a quebrar barreiras culturais no uso de GIE e corroboram Becker (2012) e Portugal (2013), considerando que o primeiro questiona a adequação do currículo e dos conteúdos escolares tais quais estão concebidos atualmente e, a segunda, sugere o uso de conteúdos visuais como uma resposta a essa inadequação.

## 5.2 IMPLICAÇÕES TEÓRICAS

No nível teórico, a pesquisa realizada contribui para o desenvolvimento dos campos disciplinares do design instrucional e design da informação e, especificamente, à temática dos gráficos instrucionais e instrução multimídia. Assim, no Brasil, contribui-se ao eixo temático em crescente evidência e expansão Design e Educação (PORTUGAL, 2013). Em relação ao contexto particular no qual se insere, no programa de pós-graduação em design da UFRGS (PgDesign/UFRGS), a mesma vem a somar aos conhecimentos de pesquisas afins que visam contribuir aos processos de ensino e aprendizagem por meio do projeto de materiais instrucionais (BRUNO, 2011; KIPPER, 2013; SUGIMOTO, 2013).

Segundo Reigeluth (1999), para auxiliar na aprendizagem humana, o design instrucional desenvolve métodos instrucionais, explicando em que situações os mesmos devem (e não devem) ser utilizados. Portanto, para contribuir para o desenvolvimento teórico dessa área, é necessário identificar os aspectos relacionados às diretrizes sintetizadas. Considerando-se os métodos instrucionais existentes (ver item 2.2.1), as mesmas podem ser agregadas ao método *controle independente/do aprendiz*, o qual prevê a interação entre aluno e recurso instrucional como principal meio de aprendizagem. No caso desta pesquisa, o recurso tratado é o material instrucional e, a aprendizagem, é a de conteúdos a partir de textos e gráficos estáticos.

Nesse sentido, a TAM de Mayer (2009), apresentada no item 2.2.2, é compatível com esses aspectos da situação instrucional – recurso instrucional e tipo de aprendizagem. Essa teoria enfatiza na apresentação dos materiais instrucionais como meio de promover a aprendizagem e objetiva o desenvolvimento de conhecimentos que agreguem à ciência da aprendizagem e à ciência da instrução. A pesquisa realizada soma ao segundo item, que tem por objetivo o desenvolvimento de princípios instrucionais para auxiliar na aprendizagem.

Porém, as diretrizes sintetizadas diferenciam-se dos princípios de Mayer (2009) da seguinte forma: estes, são princípios gerais que tratam do leiaute do material, do sequenciamento e organização do conteúdo instrucional, e do uso de narrações e tutores – aspectos que impactam no estilo e apresentação geral do material instrucional; as diretrizes sintetizadas nesta pesquisa tratam pontualmente do projeto de GIE, abordando aspectos

específicos de forma e conteúdo que compõem os gráficos – influenciando mais fortemente nos gráficos projetados em detrimento do material instrucional.

Seguindo o mesmo critério, é possível diferenciar as diretrizes de qualidade das demais orientações projetuais apresentadas na pesquisa – a sua pontualidade e especificidade em relação ao projeto de GIE. Isso auxilia ao projetista de GIE no exercício de sua atividade e na difícil tarefa de escolher os princípios e orientações úteis ao processo de projeto (MIJKSENAAR, 1997; LOHR, 2000). Dessa forma, essa pesquisa contribui especificamente à área dos gráficos instrucionais, cobrindo a lacuna apontada por Spinillo et al. (2010) referente à falta de preocupação com os aspectos visuais dos gráficos utilizados nas pesquisas relacionadas à TAM.

Considerando o conhecimento projetual nas áreas do design instrucional e design da informação, esta pesquisa agrega com o processo projetual utilizado na concepção de GIE (ver item 4.3.1). Esse processo foi concebido durante o mapeamento do cenário de projeto, realizado a partir da análise e síntese dos modelos projetuais de Filatro (2008), Clark e Lyons (2011) e Pettersson (2002) (ver item 4.1.1). Este processo projetual possibilita utilizar as diretrizes de representação de conteúdo, de forma a projetar os tipos de gráficos adequados aos conteúdos instrucionais, bem como, seguir um fluxo de etapas que considera as principais atividades e papéis no projeto de GIE, auxiliado pelas diretrizes de qualidade. Assim, é possível aproveitar o que há de mais relevante ao projeto de GIE nesses modelos projetuais, eliminando suas lacunas particulares. Esse modelo interdisciplinar corrobora a contribuição entre essas duas áreas apontada por Cadena e Coutinho (2012) e Pettersson (2002).

Além de auxiliar diretamente ao projetista na geração de esboços e concepções de GIE, as diretrizes projetuais se demonstraram úteis no procedimento de análise, o qual geralmente precede etapas de geração a fim de extrair critérios de projeto (FRASCARA, 2004; MEGGS, 1992; LANDA, 2014). Mesmo que dessa forma não seja possível emitir algum parecer acerca da qualidade dos gráficos, essas diretrizes indicam aspectos de qualidade dos GIE, orientando especialista de conteúdo e projetista na análise de gráficos existentes. Porém, esta é considerada uma contribuição secundária da pesquisa, já que necessitaria maior desenvolvimento para se tornar mais eficaz em sua proposta.

De forma similar, os critérios de qualidade desenvolvidos no item 4.2.1 podem auxiliar na avaliação de GIE, pois indicam requisitos de projeto aos quais gráficos claros e simples devem atender. Isso é possível considerando que os critérios de qualidade contribuem aos processos cognitivos que tomam parte na aprendizagem multimídia – GIE claros e simples apresentam uma informação de maior qualidade, que por sua vez auxilia a selecionar partes relevantes dos gráficos, bem como, a integrar gráficos e palavras no modelo mental.

Além disso, a operacionalização da qualidade por meios dos parâmetros de clareza e simplicidade, os quais desdobram-se nos critérios de qualidade, foi uma forma de viabilizar

a verificação dos gráficos projetados em termos de excelência de produto (instrucional). Normalmente, os achados de pesquisas da aprendizagem multimídia são verificados por meio de testes de aprendizagem provenientes de métodos da psicologia da aprendizagem. No entanto, mesmo se tratando de um tema interdisciplinar, o que buscou-se nesta pesquisa foi contribuir para a qualidade dos GIE projetados, mantendo o assunto no âmbito do design. Isso possibilita expandir as pesquisas dessa temática em direção ao conceito de qualidade.

### **5.3 ALCANCE DOS OBJETIVOS E HIPÓTESE DA PESQUISA**

O objetivo geral da pesquisa – avaliar orientações projetuais de design instrucional e design visual a fim de estabelecer um conjunto de diretrizes de projeto que contribuam para a qualidade dos gráficos instrucionais estáticos – pôde ser alcançado a partir de seu desdobramento nos objetivos específicos. Foi sintetizado um conjunto de 19 diretrizes projetuais que auxiliam na qualidade dos GIE, das quais 12 se dirigem principalmente à forma do gráfico, 6 ao seu conteúdo, e 1 à sua forma e conteúdo. Essas diretrizes consideram a percepção e compreensão do usuário por meio da obtenção da clareza e simplicidade, parâmetros que atestam a funcionalidade do gráfico a ser projetado. A fim de torná-las mais aplicáveis, as mesmas foram divididas em eixos temáticos – conteúdo, composição, uso de cores, destaque, tipografia e finalização –, sendo destacadas aquelas que melhor atendem aos critérios de qualidade – D1, D2, D3, D6, D15 e D20.

O primeiro objetivo específico da pesquisa permitiu conceituar os gráficos instrucionais e identificar os principais fatores que influenciam em seu valor instrucional. Esse conhecimento básico permitiu verificar no design instrucional os principais fatores relacionados ao projeto de GIE – objetivos de aprendizagem, interação gráfico-usuário e processo projetual – que, por sua vez, orientaram a exploração dos principais fatores do design visual que embasam esta pesquisa – elementos de formação de gráficos, interação com gráficos a partir do material instrucional e processo projetual.

Os objetivos específicos 2, 3 e 4 foram realizados a fim de estabelecer a lista de diretrizes, em versão preliminar, por meio do levantamento, tradução e seleção de orientações projetuais provenientes das áreas do design instrucional e design visual. Encontrou-se certa dificuldade na realização dessas etapas, já que o campo de gráficos instrucionais é recente e não conta com muitas referências que tratam de orientações projetuais específicas. Porém, com o método de Back et al. (2008), foi possível normalizar princípios e diretrizes mais abrangentes em diretrizes projetuais mais específicas.

A execução do quinto objetivo específico permitiu sintetizar as diretrizes projetuais com o auxílio de especialistas em design visual, os quais relacionaram as diretrizes preliminares com

os critérios de qualidade. Essa relação permitiu verificar que: 16, das 20 diretrizes projetuais contribuem mais à clareza do que à simplicidade dos gráficos; as diretrizes que contribuem mais à simplicidade são também as que mais contribuem à qualidade; uma, das 20 diretrizes preliminares, não obteve contribuição relevante à qualidade e foi descartada. Assim, foi sintetizado o conjunto de 19 diretrizes projetuais que contribuem à qualidade dos GIE. Além disso, verificou-se que algumas das diretrizes de maior contribuição à qualidade são provenientes da área do design visual. Sendo assim, normalmente não chegariam ao corpus teórico dos gráficos instrucionais.

O sexto objetivo específico possibilitou atestar a exequibilidade das diretrizes em uma situação projetual simulada e a qualidade dos GIE projetados. Verificou-se, também, o processo projetual utilizado, o qual demonstrou-se eficaz no projeto dos GIE. Inclusive, foi constatado por meio dos resultados da avaliação dos GIE, a necessidade de especialistas de conteúdo participarem do projeto de gráficos instrucionais. Em relação ao uso das diretrizes no processo de projeto, verificou-se o seguinte padrão: na etapa de esboço a lápis, foram mais utilizadas as diretrizes de conteúdo; no esboço digital, as diretrizes de forma; e na concepção, as diretrizes de finalização. Essa tendência demonstrou-se compatível com as características de cada versão do gráfico. Algumas diretrizes foram pouco utilizadas devido à presença do especialista de conteúdo, porém, devido às possibilidades contextuais de cada projeto, as mesmas foram mantidas. Por fim, pôde-se verificar a contribuição da melhora para a qualidade dos gráficos projetados por meio da triangulação dos resultados quantitativos dos questionários, do parâmetro BLIX e dos comentários dos especialistas de conteúdo acerca dos gráficos projetados.

Destaca-se que o material instrucional e os gráficos projetados devem ser considerados *protótipos* ou, ainda, no processo de transformação da mensagem, como *mensagem projetada* (ver item 2.3.4). Sendo assim, necessitariam ainda de maior desenvolvimento para se tornarem *produtos finalizados* ou *mensagens mediadas*. Não foi pretensão dessa pesquisa atingir o nível de produto finalizado, pois os métodos de avaliação de qualidade incluíam somente especialistas de conteúdo e não os usuários finais – alunos de GD. Essa decisão permitiu atestar a qualidade do gráfico em termos de legibilidade e de precisão do conteúdo, os quais atestam o gráfico como um produto de fácil percepção e com o conteúdo correto. Porém, é somente a partir da interação do usuário final com o gráfico é que se torna possível verificar a real compreensão do gráfico.

Devido à abrangência das diretrizes projetuais – uma das contribuições significativas desta pesquisa –, as mesmas demonstraram limitações ao serem utilizadas em gráficos mais complexos (e.g., gráfico G3). Nesse caso, as características desses gráficos aproximam-nos mais do conceito de infográficos, os quais poderiam ser melhor auxiliados por diretrizes específicas que considerassem, por exemplo, técnicas específicas de sequenciamento de

conteúdo, como numeração e alinhamento. Além disso, não pôde ser verificada a contribuição das diretrizes para a qualidade de fotografias, tipo de gráfico estático que não foi desenvolvido.

Dessa forma, a hipótese da pesquisa pôde ser confirmada, já que foi possível obter gráficos instrucionais estáticos de qualidade a partir das diretrizes sintetizadas a partir de orientações projetuais de design instrucional e design visual.

#### **5.4 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS**

A 19<sup>a</sup> diretriz sintetizada foi avaliada como uma das que mais contribuem à qualidade dos GIE. Essa diretriz declara que se deve verificar a coerência entre todos os gráficos gerados, contribuindo à unidade do material instrucional. Entretanto, essa avaliação da coerência é realizada de forma empírica, carecendo de critérios ou métodos objetivos que atestam a unidade dos gráficos projetados. Nesse sentido, sugere-se o desenvolvimento de pesquisas que contribuam a essa lacuna.

Além disso, poderiam ser desenvolvidas diretrizes auxiliares específicas para gerar unidade nos gráficos utilizando-se como base os conhecimentos do design da identidade visual. Este tipo de pesquisa poderia auxiliar, inclusive, em projetos de design instrucional de nível macro, pensando-se em uma identidade visual para todos os gráficos utilizados em toda uma instituição de ensino.

Sugere-se o desenvolvimento de diretrizes para o projeto de infográficos instrucionais estáticos de qualidade na representação de conteúdos procedimentais. Verificou-se que esse tipo de conteúdo exige a representação por meio de gráficos e textos para explicar as diferentes etapas do procedimento, podendo acarretar no desenvolvimento de gráficos complexos. Sendo assim, seria necessário aprofundamento em aspectos de sequenciamento do conteúdo, correspondentes à diretriz D5, e de hierarquização da informação. Nesse caso, o papel do centro de interesse deve ser reconsiderado, em relação ao que é explicitado na diretriz D7 – uso de um ou poucos centros de interesse próximo ao centro ótico ou no terço superior do gráfico.

Recomenda-se o desenvolvimento de pesquisas a fim de validar as diretrizes aqui propostas por meio das seguintes abordagens: replicar o uso das diretrizes no desenvolvimento de gráficos instrucionais estáticos para diferentes conteúdos e materiais instrucionais; verificar a contribuição das diretrizes no projeto de fotografias e imagens tridimensionais, tipos de gráficos pouco explorados na aplicação realizada; verificar a melhoria da aprendizagem em usuários finais com o uso das diretrizes de qualidade, utilizando-se dos testes de retenção e compreensão apresentados em Mayer (2009).

Por fim, sugere-se o desenvolvimento de pesquisas que visam avaliar a qualidade de gráficos instrucionais estáticos durante o processo projetual, a fim de identificar aspectos a serem melhorados nos mesmos. Para isso, pode-se desenvolver uma ferramenta prática baseada nas diretrizes de projeto e nos critérios de qualidade levantados nesta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ABED. **Censo EAD.BR**: Relatório Analítico da Aprendizagem a Distância no Brasil 2012. Curitiba: Ibpex, 2013.
- ADAM, D.; MARTINS, L.; PENNER, M. Análise de Instruções Visuais sobre Aplicação de Insulina. In: 9 CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN. **Anais...** São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2010
- ADG. **O valor do design**: guia ADG Brasil de prática profissional do designer gráfico. 2. ed. São Paulo: Senac, 2004.
- ARGUEL, A.; JAMET, E. Using video and static pictures to improve learning of procedural contents. **Computers in Human Behavior**, v. 25, n. 2, p. 354–359, mar. 2009.
- AZEVEDO, P. A produção de livros didáticos: tensões e diálogos. **Revista Latino-Americana de História**, v. 2, n. 6, p. 863–880, 2013.
- BACK, N. et al. **Projeto integrado de produtos'**. Barueri: Manole, 2008.
- BANDEIRA, D. **Materiais didáticos**. Curitiba: IESDE, 2009. p. 456
- BARRETO, A.; HONORATO, C. **Manual de sobrevivência na selva acadêmica**. Rio de Janeiro: Objeto direto, 1998. p. 80
- BAXTER, M. **Projeto de produto**: guia prático para o design de novos produtos. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000. p. 260
- BECKER, F. **Educação e construção do conhecimento**. 2. ed. Porto Alegre: Penso, 2012.
- BELLONI, M. **Educação a distância**. 5. ed. Campinas: Autores associados, 2009.
- BONSIEPE, G. **Design como prática de projeto**. São Paulo: Blucher, 2012.
- BRUNO, F. **Learning design baseado em padrões pedagógicos para a elaboração de objetos de aprendizagem: uma aplicação no ensino em Design**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia e Faculdade de Arquitetura, Porto Alegre, 2011.
- CADENA, R.; COUTINHO, S. Design da informação e design instrucional: aproximações e distanciamentos. In: 10 CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN. **Anais...** São Luís: UFMA, 2012
- CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica**: del saber sabio al saber enseñado. Buenos Aires: Aique, 1998.
- CLARK, R.; LYONS, C. **Graphics for learning**: Proven guidelines for planning, designing, and evaluating visuals in training materials. 2. ed. San Francisco: Pfeiffer, 2011.

CLARK, R.; MAYER, R. **E-learning and the science of instruction: proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning**. 2. ed. San Francisco: Pfeiffer, 2008.

COUTINHO, S. G. Design da Informação para Educação. **Infodesign**, v. 3, n. 1, p. 49–60, 2006.

DABNER, D. **How to understand and use design and layout**. 2. ed. London: Quarto, 2006.

DIRKSEN, J. **Design For How People Learn**. Berkeley: New Riders, 2012.

DONDIS, D. **Sintaxe da linguagem visual**. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

EDUCAUSE. **Infographic creation tools 1**. Eli Publication, 2013. Disponível em: <<http://www.educause.edu/library/resources/7-things-you-should-know-about-infographic-creation-tools>>. Acesso em: 9. jan. 2014.

ELAM, K. **Geometria do design: estudos sobre proporção e composição**. São Paulo: Cosac naify, 2010.

FILATRO, A. **Design instrucional na prática**. São Paulo: Pearson Education, 2008. p. 173

FILATRO, A. **Design instrucional contextualizado: educação e tecnologia**. 3. ed. São Paulo: Senac, 2010.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FONTOURA, A.; BECCARI, M.; OLIVEIRA, T. **Uma abordagem filosófica acerca do método de comparação entre modalidade de mídias no design instrucional**. In: 4 CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESIGN DA INFORMAÇÃO. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2011.

FRASCARA, J. **Communication Design: Principles, Methods, and Practice**. Alworth Press: New York, 2004.

FRASCARA, J. **Qué es el diseño de información?**. Buenos Aires: Infinito, 2011.

FUENTES, R. **A prática do design gráfico: uma metodologia criativa**. São Paulo: Rosari, 2006. p. 144

GAGNÉ, R. **Princípios essenciais da aprendizagem para o ensino**. Porto Alegre: Globo, 1980.

GOMES FILHO, J. **Gestalt do objeto: sistema de leitura visual da forma**. 9. ed. São Paulo: Escrituras, 2009.

GOMES FILO, J. **Ergonomia do objeto: sistema técnico de leitura ergonômica**. 2. ed. São Paulo: Escritura, 2010.

GOVERNO publica lei que regulamenta as cotas na universidades federais. **G1 Educação**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/educacao/noticia/2012/10/mec-publica-regulamentacao-da-lei-das-cotas-nas-universidades-federais.html>>. Acesso em: 18 out 2012.

GRILLO, M. Transposição didática e produção de conhecimento. **Presença pedagógica**, v. 8, n. 46, 2002.

GUIMARÃES, L. **A cor como informação**: a construção biofísica, linguística e cultural da simbologia das cores. 3. ed. São Paulo: Annablume, 2000.

HÖFFLER, T. N.; LEUTNER, D. Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. **Learning and Instruction**, v. 17, n. 6, p. 722–738, dez. 2007.

HOLLIS, R. **Design gráfico**: uma história concisa. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

HORN, R. Information design: emergence of a new profession. In: JACOBSON, R. (Ed.). **Information design**. London: The MIT Press, 2000.

HORTON, W. **E-learning by design**. San Francisco: Pfeiffer, 2006. p. 640

KIPPER, F. **Modelo de referência para o design de produto educacional considerando a base tecnológica da tv digital interativa**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia e Faculdade de Arquitetura, Porto Alegre, 2013.

KOSSLYN, S. **Image and Brain**: The Resolution of the Imagery Debate. London: MIT Press, 1994.

KRATHWOHL, D. R. A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. **Theory Into Practice**, v. 41, n. 4, p. 212–218, nov. 2002.

LANDA, R. **Graphic design solutions**. 5. ed. Boston: Clark Baxter, 2014.

LÖBACH, B. **Design industrial**: base para a configuração dos produtos industriais. São Paulo: Blücher, 2001. p. 206

LOHR, L. Designing the instructional interface. **Computers in Human Behavior**, v. 16, p. 161–182, 2000.

LUPTON, E. **Pensar com tipos: guia para designers, escritores, editores e estudantes**. São Paulo: Cosac Naify, 2006.

LUPTON, E.; PHILLIPS, J. **Novos fundamentos do design**. São Paulo: Cosac naify, 2008.

MAGER, R. **A formulação de objetivos de ensino**. Porto Alegre: Globo, 1976.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Técnicas de pesquisa**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MAYER, R. E. **Multimedia learning**. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2009. p. 318

MAYER, R. E. E. The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. **Learning and Instruction**, v. 13, n. 2, p. 125–139, abr. 2003.

MEGGS, P. **Type & image: the language of graphic design.** New York: John Wiley & Sons, 1992.

MIJKSENAAR, P. **Visual Function: an introduction to informational design.** New York: Princeton Architectural Press, 1997.

MOORE, M.; KEARSLEY, G. **Educação a distância: uma visão integrada.** São Paulo: Cengage learning, 2008.

MORRIS, R. **The fundamentals of product design.** Lausanne; London; La Vergne: AVA, 2009.

MUNARI, B. **Design e comunicação visual: contribuição para uma metodologia didática.** São Paulo: Martins Fontes, 2006.

NEWARK, Q. **O que é design gráfico?.** Porto Alegre: Bookman, 2009. p. 256 p.

NIEMAYER, L. **Tipografia: uma apresentação.** Rio de Janeiro: 2AB, 2003.

PEECK, J. Increasing picture effects in learning from illustrated text. **Learning and Instruction**, v. 3, p. 227–238, 1993.

PETTERSSON, R. **Information Design: An introduction.** Amsterdam / Philadelphia: Iohn Benjamins, 2002.

PETTERSSON, R. **Image Design.** Amsterdam / Philadelphia: iiiDx, 2013a.

PETTERSSON, R. **Information design 1: Message Design.** Tullinge: iiiDx, 2013b.

PETTERSSON, R. **Information design 4: - Graphic Design.** Amsterdam / Philadelphia: iiiDx, 2013c.

PINHEIRO, V. **Noções de geometria descritiva I: ponto, reta e plano.** 4. ed. Rio de Janeiro: Ao livro técnico, 1970.

PORTUGAL, C. **Design, educação e tencologia.** Rio de Janeiro: Rio Books, 2013.

POSSARI, L.; NEDER, M. **Material didáticos para a EaD: processo de produção.** Cuiabá: EdUFMT, 2009.

PREVEDELLO, C. Design de interação e motivação nos projetos de interface para objetos de aprendizagem para ead. 2011.

RAMOS, R. **Design de material didático on-line: reflexões.** São Paulo: Unesp, 2009.

RAPOPORT, A. Howard Gardner: teoria das inteligências múltiplas. In: SARMENTO, D.; RAPOPORT, A.; FOSSATTI, P. (Eds.). **Psicologia e educação: perspectivas teóricas e implicações educacionais.** Canoas: Salles, 2008. p. 112.

REIGELUTH, C. M. **Instructional-design theories and models: a new paradigm of instructional theory (Volume II).** New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1999.

REIGELUTH, C. M.; MOORE, J. Cognitive education and the cognitive domain. In: REIGELUTH, C. M. (Ed.). **Instructional design theories and models: a new paradigm of instructional theory - Volume II**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1999. p. 51–68.

SCARIOT, C. et al. Análise gráfica e avaliação de eficácia de instruções visuais para segurança em cinemas. In: 10 CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN. **Anais...** São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2012

SCHNOTZ, W. An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In: MAYER, R. (Ed.). **The Cambridge handbook of multimedia learning**. New York: Cambridge University Press, 2005.

SHNEIDERMAN, B. **Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction**. Reading: Addison-Wesley, 1998.

SILVA, J.; COUTINHO, S. Esquemas gráficos para informar: a Linguagem Gráfica Esquemática na produção e utilização de livros didáticos infantis na cidade do Recife. In: 9 CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN. **Anais...** São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2010

SILVA, R. **Avaliação da perspectiva cognitivista como ferramenta de ensino-aprendizagem da a partir do ambiente hipermídia hypercalgd**. Tese (doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia de Produção, Florianópolis, 2005a.

SILVA, T. **Produção flexível de materiais educacionais personalizados : o caso da geometria descritiva**. Tese (doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia de Produção, Florianópolis, 2005b.

SILVA, T. et al. A Infografia como recurso pedagógico em Design de Sistemas de Informação e Comunicação The infographics as a teaching resource on Design of Information Systems and Communication. In: 4 CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESIGN DA INFORMAÇÃO. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2011

SIMLINGER, P. University Course in Information Design. In: IIID (Ed.). **Information design: core competencies**. Vienna: IIID, 2007.

SPINILLO, C. Instruções visuais: algumas considerações e diretrizes para seqüências pictóricas de procedimentos. **Estudos em Design**, v. 9, n. 3, 2001.

SPINILLO, C. et al. Efeito de tempo de apresentação na compreensão e preferência em instrução visual animada. In: 10 CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN. **Anais...** São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2012

SPINILLO, C.; WAARDE, K. Design de instruções visuais em bulas de medicamentos numa perspectiva internacional: estudo comparativo entre Brasil e Comunidade Européia. In: 4 CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESIGN DA INFORMAÇÃO. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2011

SUGIMOTO, A. **Requisitos de projeto para o desenvolvimento de materiais de aprendizagem para a TV Digital a partir da aplicação da Engenharia Kansei**.

Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia e Faculdade de Arquitetura, Porto Alegre, 2013.

SUNG, E.; MAYER, R. E. When graphics improve liking but not learning from online lessons. **Computers in Human Behavior**, v. 28, n. 5, p. 1618–1625, set. 2012.

TEIXEIRA, F.; SILVA, R. **Apostila Geometria Descritiva: Design-Based Learning**. Porto Alegre: Departamento de Expressão Gráfica, UFRGS, 2006.

VENDRULOSCO, M. **O analista contábil**. Repositório NAPEAD, 2015. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/analisar-demonstracoes-contabeis/index.php>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

VIARO, F.; SILVA, R.; SILVA, T. Avaliação heurística do conteúdo gráfico do material instrucional HyperCALGD. In: 5 CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESIGN DA INFORMAÇÃO. 2013. **Anais...** Recife: Blucher, 2014

WEIDENMANN, B. **Codes of Instructional Pictures**. In: SHNOTZ, W.; KULHAVY, R. (Eds.). . Amsterdam: Elsevier Science, 1994. p. 29–42.

WEILL, A. **O design grafico**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2010.

WONG, A. et al. Instructional animations can be superior to statics when learning human motor skills. **Computers in Human Behavior**, v. 25, n. 2, p. 339–347, mar. 2009.

WONG, W. **Princípios de forma e desenho**. 2. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2010.

## APÊNDICE A – Instrumento de pesquisa destinado à hierarquização das diretrizes projetuais

### Instrumento de pesquisa: Relação das diretrizes projetuais com os critérios de qualidade de gráficos instrucionais estáticos

Este instrumento de pesquisa tem por objetivo relacionar as diretrizes projetuais, obtidas a partir do procedimento metodológico de levantamento de diretrizes, com os critérios de qualidade determinados para os gráficos instrucionais estáticos. Assim, a tarefa consiste em preencher a matriz de correlação, na página seguinte, relacionando cada uma das 20 diretrizes com os critérios de qualidade.

#### AS DIRETRIZES

As diretrizes tratam de aspectos de conteúdo, composição, uso de cores, destaque, tipografia e finalização no projeto de gráficos instrucionais estáticos. Os seguintes termos merecem esclarecimento para a melhor compreensão das diretrizes:

- *Conteúdo instrucional*: é o conteúdo utilizado na confecção do material instrucional;
- *Estilo*: é a escolha dos elementos gráficos utilizados para representar um determinado conteúdo. Tem relação com o contexto da mensagem. No texto, é a escolha das palavras utilizadas para comunicá-lo;
- *Centro ótico*: corresponde a um ponto localizado um pouco acima e à esquerda do centro geométrico do gráfico.

#### A QUALIDADE

A qualidade dos gráficos instrucionais é determinada pelos parâmetros de legibilidade e leiturabilidade. A legibilidade é dependente da forma do gráfico, e diz respeito a facilidade de leitura e de discernimento entre as partes de um gráfico. O parâmetro que indica um alto grau de legibilidade em um gráfico é sua clareza. A leiturabilidade depende da eficácia na adaptação do conteúdo aos usuários, dizendo respeito à habilidade dos usuários na compreensão do estilo de um gráfico. O parâmetro que indica alto grau de leiturabilidade de um gráfico é sua simplicidade. A seguir, apresenta-se a decomposição desses parâmetros nos critérios de qualidade, seguidos de sua explicação:

- |              |   |
|--------------|---|
| CLAREZA      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>tamanho adequado dos elementos gráficos</i>: os elementos, incluindo a tipografia, têm um tamanho legível;</li> <li>• <i>impacto/força dos elementos gráficos</i>: os elementos são percebidos de forma vigorosa;</li> <li>• <i>distinção entre as partes do gráfico</i>: todos elementos são claramente discerníveis;</li> <li>• <i>distinção entre figura e fundo</i>: a figura é facilmente percebida;</li> <li>• <i>tipografia de fácil leitura</i>: a tipografia é familiar e tem um tamanho legível.</li> </ul>   |
| SIMPLICIDADE | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>o conteúdo contém somente informações essenciais</i>: não existem informações supérfluas;</li> <li>• <i>estilo reconhecível pelo leitor</i>: os elementos gráficos e palavras escolhidos fazem parte do repertório do leitor;</li> <li>• <i>elementos gráficos visualmente organizados e ordenados</i>: estrutura clara que facilita a compreensão do conteúdo;</li> <li>• <i>detalhamento ideal</i>: o detalhamento não é excessivo nem faltam detalhes para compreender o conteúdo;</li> <li>• <i>conteúdo objetivo</i>: o conteúdo não é ambíguo.</li> </ul> |



## APÊNDICE B – Instrumento de pesquisa destinado à avaliação dos GIE projetados

### Questionário

As questões a seguir devem ser respondidas marcando sim (S) ou não (N) nos gabaritos correspondentes aos tópicos legibilidade e leitura, com exceção da questão 5, que é aberta. As questões são identificadas por números e os gráficos pelos símbolos G1, G2, G3...

#### Legibilidade

- 1) O gráfico, seus elementos e as palavras contidas são grandes o suficiente para vê-los?
- 2) O gráfico, seus elementos e as palavras contidas são impactantes/fortes o suficiente para vê-los?
- 3) Existe um bom contraste entre figura e fundo?
- 4) O gráfico está adequado para o público-alvo?
- 5) Quais recursos visuais são utilizados para direcionar a atenção do leitor? (por exemplo, setas, cores, linhas, alinhamento)
- 6) O gráfico contém somente a informação essencial?
- 7) São utilizadas técnicas adequadas de sequenciamento visual para apresentar ideias complexas?

	1	2	3	4	5	6	7
G1							
G2							
G3							
G4							
G5							
G6							

#### Leiturabilidade

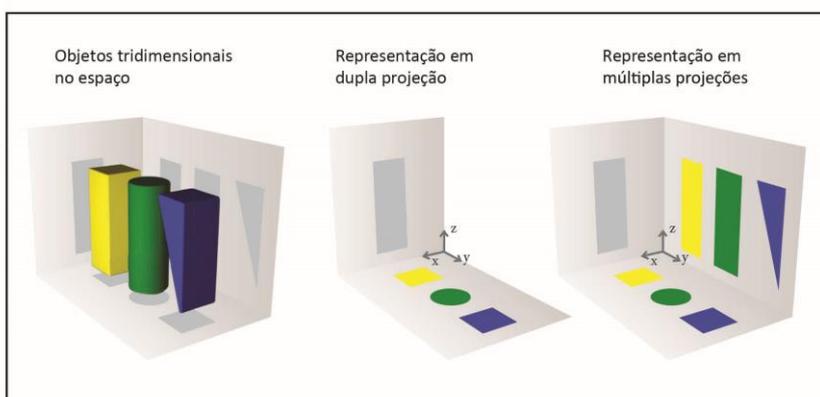
- 8) O gráfico é executado em cores que favorecem o contraste?
- 9) O gráfico tem uma forma diferente de um quadrado ou retângulo, ou então, a forma cobre a página inteira?
- 10) O gráfico tem uma legenda que é concisa, fácil de compreender e que lida com o gráfico?
- 11) O gráfico é objetivo (nem ambíguo, nem artístico)?
- 12) O gráfico tem um centro de interesse dominante próximo ao seu centro óptico (centro da figura) e poucos detalhes que podem ser considerados distrativos?

	8	9	10	11	12
G1					
G2					
G3					
G4					
G5					
G6					

## Método de Monge: sistema de dupla projeção

Com o uso de Sistemas de Projeção Cilíndricos Ortogonais, é possível obter representações exatas de objetos planos, desde que os mesmos estejam posicionados paralelos ao plano de projeção. No entanto, quando se desejam representar objetos tridimensionais, só são possíveis representações exatas de faces paralelas ao plano de projeção. Considerando estas propriedades dos Sistemas de Projeção Ortogonal, Gaspar Monge propôs um sistema de dupla projeção, constituído por planos ortogonais entre si, sendo um plano horizontal e outro frontal. Além disso, esta abordagem permite a adição de tantos planos quantos necessários, criando um sistema de projeções múltiplas.

O Gráfico 1 apresenta um conjunto de sólidos de diferentes formas geométricas e suas projeções ou vistas em um sistema de múltiplos (3) planos de projeção ortogonais entre si.

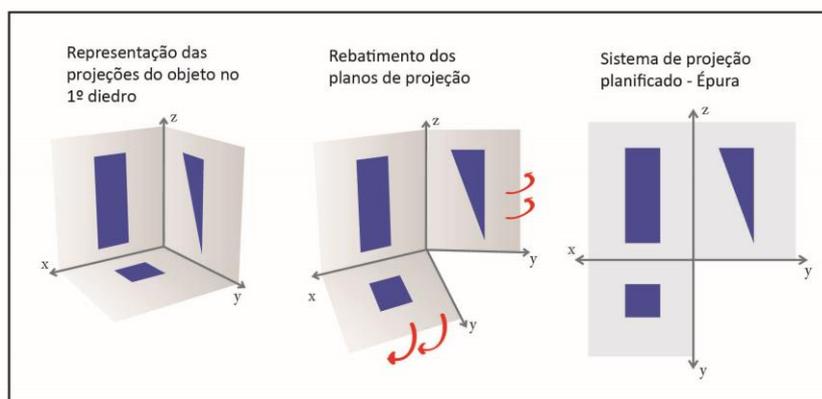


**Gráfico 1:** Os objetos podem ser representados em sistemas com diferentes números de planos de projeção. Alguns objetos, como os sólidos amarelo e azul, necessitam de mais de duas projeções para serem compreendidos sem ambiguidades.

É possível verificar que alguns objetos diferentes possuem projeções iguais em determinados planos de projeção. Portanto, fica fácil compreender que, dependendo da geometria, determinados objetos necessitam de mais de duas vistas para que possam ser perfeitamente compreendidos. No sistema de projeção com vários planos de projeção como o mostrado no Gráfico 1, nota-se a representação de eixos, os quais correspondem aos eixos de coordenadas cartesianas. O sistema ainda apresenta uma configuração tridimensional, a qual só pode ser compreendida em uma vista em perspectiva, como as do Gráfico 1.

No entanto, como o objetivo é representar objetos em um único plano, há a necessidade de planificar todo o sistema e, assim, representar somente as projeções dos objetos. Este processo de planificação é feito através do rebatimento dos planos considerando as interseções entre os mesmos com os eixos de rotação.

O Gráfico 2 mostra uma seqüência de imagens onde é feita a planificação do sistema. Esse gráfico mostra o sistema de projeção mongeano planificado com as projeções do objeto representadas e alinhadas, o que é uma característica importante para o correto entendimento do objeto e das relações entre as projeções.



**Gráfico 2:** O processo de planificação ocorre pelo alinhamento dos plano de projeção com os respectivos eixos de rotação.

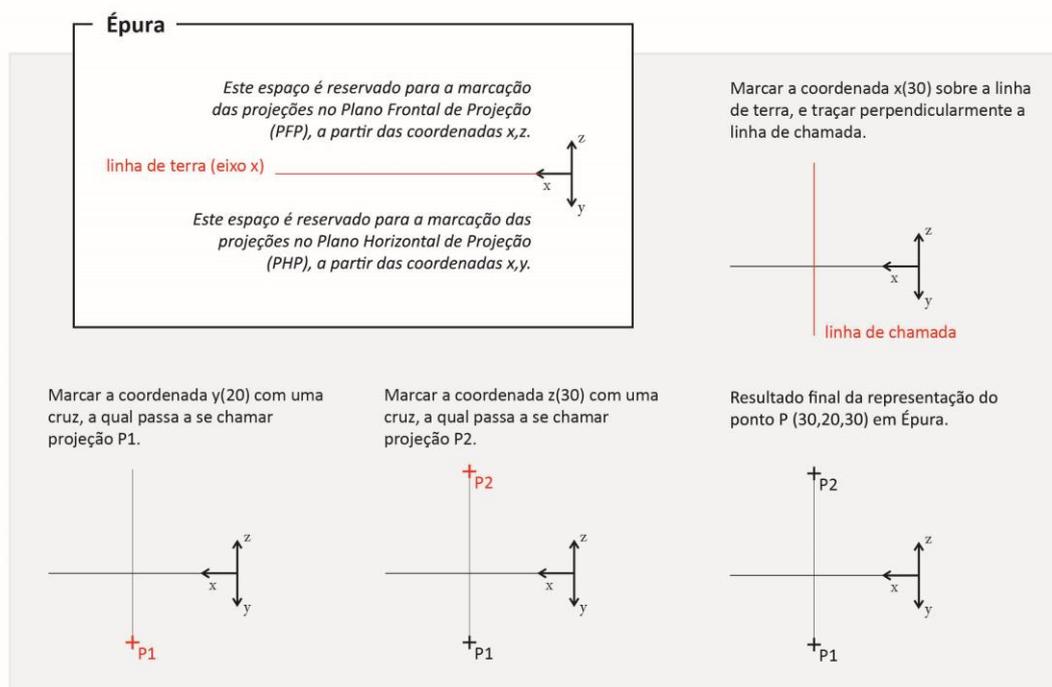
O sistema de projeção planificado recebe, tradicionalmente, o nome de Épura e a sua representação convencional varia bastante, conforme a notação considerada. Neste trabalho, é proposta uma convenção mais próxima da representação usual dos Sistemas de Referência cartesianos, com ênfase nos eixos coordenados  $x$ ,  $y$  e  $z$ .

Ainda no Gráfico 2, é possível observar que o eixo  $x$  está orientado para a esquerda, o que é o contrário da representação usual em geometria plana. Isto ocorre devido ao processo de planificação, mas é uma representação coerente considerando um sistema de referência do tipo mão direita. Nota-se também que aparecem dois eixos  $y$ , pois considerando-se três planos de projeção, o rebatimento do plano lateral, que corresponde aos eixos  $yz$ , gera uma cópia do eixo  $y$ . Neste curso, o sistema de projeção padrão será constituído por dois planos, horizontal e frontal. Havendo necessidade conforme a geometria estudada, outros planos serão acrescentados.

## Representação em Épura

A representação em épura segue a mesma lógica do sistema mongeano de representação, utilizando a representação explícita dos eixos coordenados do sistema de projeção planificado, como o Gráfico 2. Desta forma, a partir das coordenadas cartesianas de um ponto, é possível representar as suas projeções em épura.

A representação das projeções de um ponto é feita com pares de coordenadas, conforme o plano de projeção. Para representar uma projeção no plano horizontal, utilizam-se as coordenadas  $x$  e  $y$ . A projeção no plano frontal é feita com as coordenadas  $x$  e  $z$ . É possível, ainda, construir uma projeção no plano lateral a partir das coordenadas  $y$  e  $z$ . A representação de sólidos facetados é feita a partir das representações de seus vértices, os quais são pontos. Os pontos são definidos pelos seus nomes (letras romanas maiúsculas) e pelas suas coordenadas. Assim, um ponto  $P(30,20,30)$  pode ser representado em épura segundo o Gráfico 3.



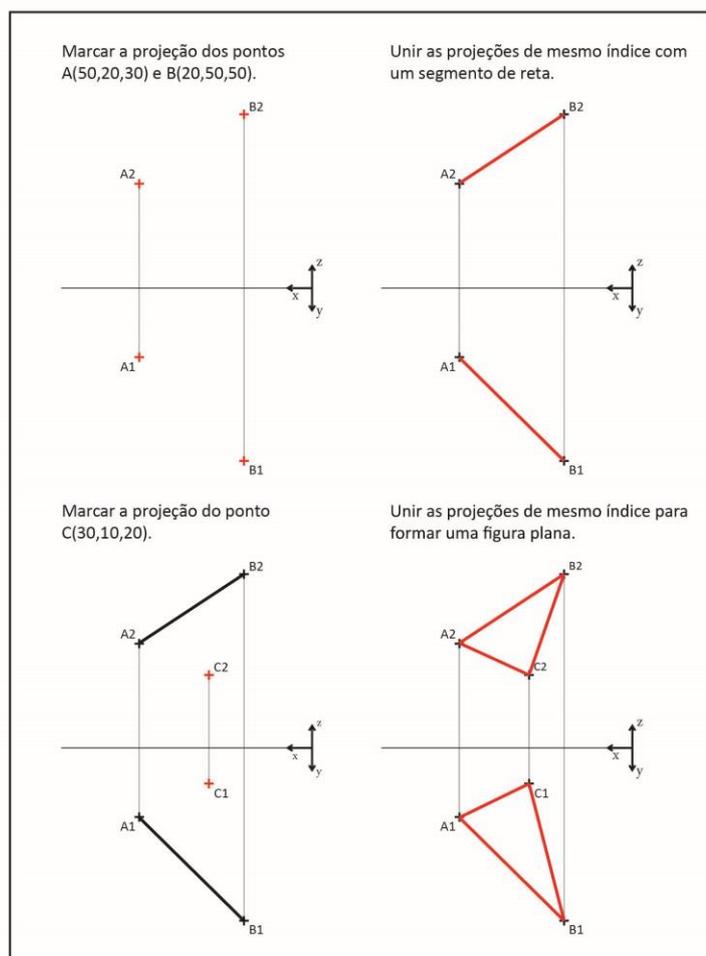
**Gráfico 3:** A representação em Épura exige a marcação correta das projeções dos pontos nos planos frontal e horizontal de projeção, respeitando as convenções gráficas e nomenclaturas adotadas.

Como é possível observar, as projeções recebem o nome do ponto e um índice que identifica o tipo de projeção: 1 para projeção horizontal (PH), 2 para projeção frontal (PF). As projeções são ligadas por linhas (Linhas de Chamada), as quais devem ser finas (0,3mm). Os pontos são representados por pequenas cruces de espessura média (0,5mm), assim como as linhas dos eixos.

## Representação de ponto, reta e figura plana

A representação de pontos permite extrapolar para a representação de segmentos de reta a partir da representação dos pontos das extremidades. A representação de um segmento de reta é feita traçando, em cada plano de projeção, segmentos de reta que unem as projeções de mesmo índice dos pontos da extremidade do segmento. Assim, a representação de um segmento de reta AB é feita representando as projeções dos pontos A e B ( $A_1$  e  $A_2$  e  $B_1$  e  $B_2$ ) e, em seguida, são traçados segmentos de reta que unem  $A_1$  e  $B_1$ , para formar a projeção horizontal do segmento, e  $A_2$  e  $B_2$ , formando a projeção frontal do segmento AB.

O Gráfico 4 apresenta um exemplo de onde é representado o segmento AB, conhecendo-se as coordenadas dos pontos de extremidade:  $A(50,20,30)$  e  $B(20,50,50)$ . Da mesma forma, é possível representar figuras planas, como polígonos, a partir dos seus lados, que são segmentos de retas. Ainda no Gráfico 4, é acrescentado um novo ponto na écura,  $C(30,10,20)$ , de forma a compor um triângulo com os pontos A e B.

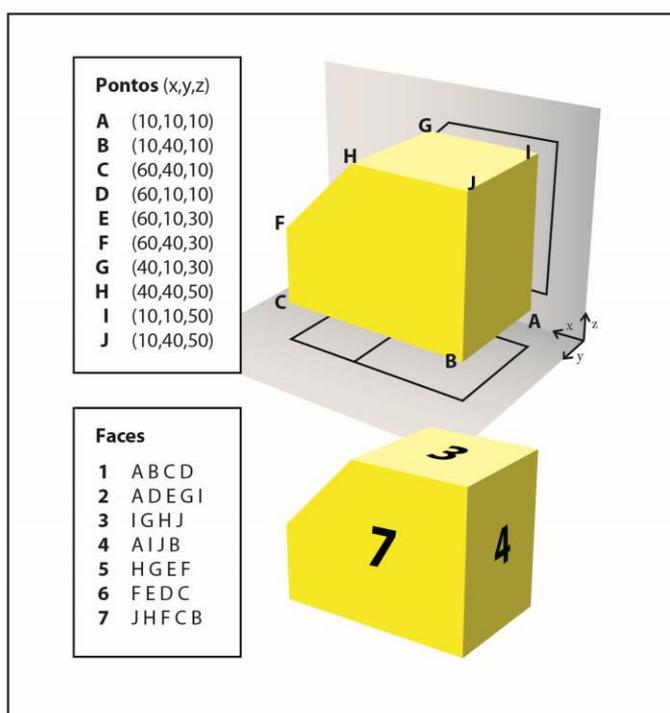


**Gráfico 4:** Segmentos de retas e figuras planas podem ser obtidos através da ligação de pontos de mesmo índice na Écura.

## Representação de sólidos

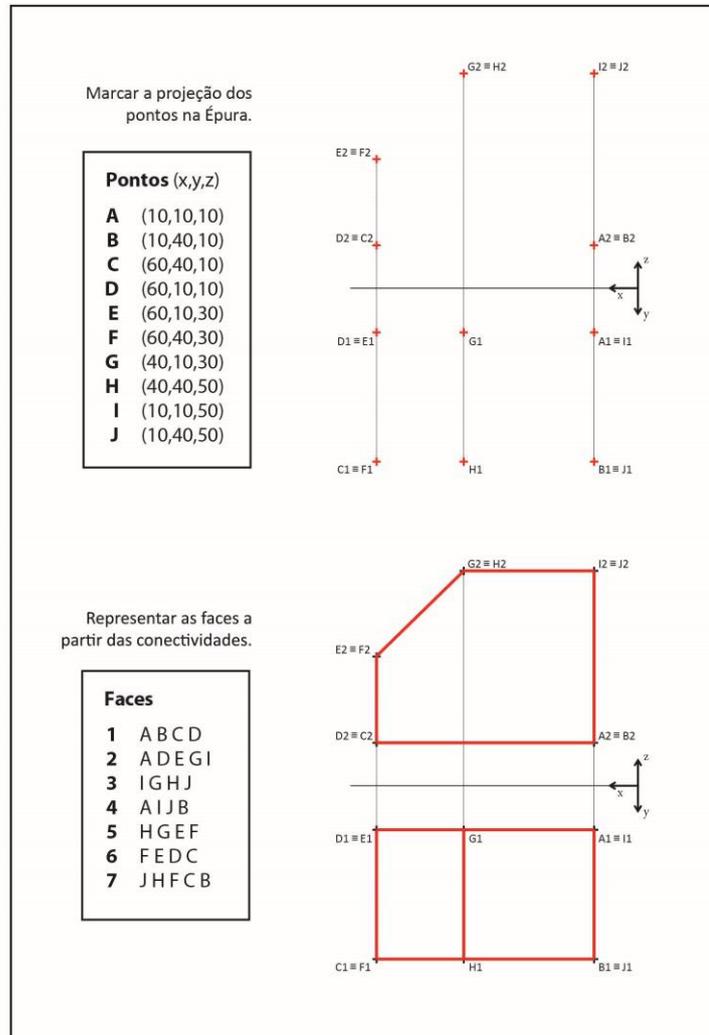
É possível realizar a representação em épora de objetos sólidos. Para isto, é necessário conhecer as coordenadas de seus vértices assim como as regras de conexão de suas faces (conectividades), as quais definem faces e arestas. A representação das projeções de um sólido é feita a partir da lista de vértices com as suas coordenadas e a lista de faces com suas conectividades. O sentido das conectividades deve ser, em geral, aquele que produz vetores normais que apontem para o exterior do sólido seguindo a regra da mão direita.

A seguir, é apresentado o Sólido Exemplo 1, um sólido facetado que deve ter suas projeções representadas em épora. O Gráfico 5 apresenta o sólido em perspectiva posicionado em relação ao SR, a lista de vértices e a tabela de conectividades.



**Gráfico 5:** A partir do relacionamento entre os pontos e as faces que compõem um sólido, é possível representá-lo em Épora.

A representação em épura do sólido começa pela representação dos seus vértices nas duas vistas. Em seguida, as faces são representadas unindo os vértices em cada vista, conforme a lista de conectividades. O Gráfico 6 mostra a representação dos vértices em Épura.



**Gráfico 6:** A representação em Épura de um sólido passa pela marcação da projeção de seus pontos e pela conexão de suas faces.

## Questionário

As questões a seguir devem ser respondidas marcando sim (S) ou não (N) nos gabaritos correspondentes aos tópicos legibilidade e leitura, com exceção da questão 5, que é aberta. As questões são identificadas por números e os gráficos pelos símbolos G1, G2, G3...

**Legibilidade**

- 1) O gráfico, seus elementos e as palavras contidas são grandes o suficiente para vê-los?
- 2) O gráfico, seus elementos e as palavras contidas são impactantes/fortes o suficiente para vê-los?
- 3) Existe um bom contraste entre figura e fundo?
- 4) O gráfico está adequado para o público-alvo?
- 5) Quais recursos visuais são utilizados para direcionar a atenção do leitor? (por exemplo, setas, cores, linhas, alinhamento)
- 6) O gráfico contém somente a informação essencial?
- 7) São utilizadas técnicas adequadas de sequenciamento visual para apresentar ideias complexas?

	1	2	3	4	5	6	7
G1							
G2							
G3							
G4							
G5							
G6							

**Leiturabilidade**

- 8) O gráfico é executado em cores que favorecem o contraste?
- 9) O gráfico tem uma forma diferente de um quadrado ou retângulo, ou então, a forma cobre a página inteira?
- 10) O gráfico tem uma legenda que é concisa, fácil de compreender e que lida com o gráfico?
- 11) O gráfico é objetivo (nem ambíguo, nem artístico)?
- 12) O gráfico tem um centro de interesse dominante próximo ao seu centro óptico (centro da figura) e poucos detalhes que podem ser considerados distrativos?

	8	9	10	11	12
G1					
G2					
G3					
G4					
G5					
G6					

## **APÊNDICE C – Modelo de convite encaminhado via e-mail para os participantes do primeiro questionário**

Prezado (a),

solicito encarecidamente a sua participação na pesquisa de mestrado intitulada *Proposição de diretrizes para o projeto de gráficos instrucionais estáticos de qualidade*. Essa pesquisa está sendo desenvolvida por mim, no Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS, sob orientação do Prof. Dr. Régio Pierre da Silva.

Sua participação consiste em responder a um questionário que objetiva hierarquizar diretrizes projetuais, relacionando-as com critérios de qualidade preestabelecidos. A estimativa do tempo de resposta ao questionário é de 20 minutos. Com a sua ajuda poderei identificar quais diretrizes são mais relevantes para atingir determinados critérios de qualidade em gráficos instrucionais estáticos.

Confirmado o seu desejo de participar da pesquisa, poderemos agendar um local e horário de encontro para que assinemos o termo de consentimento e para que você responda ao questionário. Você receberá uma via desse termo como garantia legal. Lembrando que a sua participação é facultativa e a sua recusa não resultará em nenhum prejuízo em relação ao pesquisador responsável e sua instituição.

Obrigado por sua atenção.

## **APÊNDICE D – Modelo de convite encaminhado via e-mail para os participantes do segundo questionário**

Prezado (a),

solicito encarecidamente a sua participação na pesquisa de mestrado intitulada *Proposição de diretrizes para o projeto de gráficos instrucionais estáticos de qualidade*. Essa pesquisa está sendo desenvolvida por mim, no Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS, sob orientação do Prof. Dr. Régio Pierre da Silva.

Sua participação consiste em responder a um questionário a fim de avaliar a qualidade de gráficos projetados considerando parâmetros de legibilidade e leiturabilidade. O questionário deve ser respondido após uma leitura rápida em um material instrucional de Geometria Descritiva, que objetiva formar uma impressão geral desse material, e uma leitura analítica dos gráficos e legendas incluídos no mesmo. O material instrucional está relacionado a um objetivo de aprendizagem e contém tópicos relacionados. A estimativa do tempo de leitura e de resposta ao questionário é de 30 minutos. Com a sua ajuda poderei avaliar a qualidade dos gráficos projetados e realizar inferências sobre as diretrizes utilizadas em seu projeto.

Confirmado o seu desejo de participar da pesquisa, poderemos agendar um local e horário de encontro para que assinemos o termo de consentimento e para que você responda ao questionário. Você receberá uma via desse termo como garantia legal. Lembrando que a sua participação é facultativa e a sua recusa não resultará em nenhum prejuízo em relação ao pesquisador responsável e sua instituição.

Obrigado por sua atenção.

## **APÊNDICE E – Modelo de convite encaminhado via e-mail para os participantes do apoio ao projeto do material instrucional**

Prezado (a),

solicito encarecidamente a sua participação na pesquisa de mestrado intitulada *Proposição de diretrizes para o projeto de gráficos instrucionais estáticos de qualidade*. Essa pesquisa está sendo desenvolvida por mim, no Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS, sob orientação do Prof. Dr. Régio Pierre da Silva.

Sua participação consiste em apoiar o projeto de um material instrucional experimental relacionado à disciplina de Geometria Descritiva II-A, de código (ARQ03317) da UFRGS, no qual serão aplicadas as diretrizes projetuais elaboradas, durante a concepção de gráficos instrucionais estáticos. As tarefas envolvidas nessa atividade são: auxiliar na identificação de um objetivo de aprendizagem e conteúdos relacionados; supervisionar a elaboração da sinopse e a identificação dos tipos de conteúdo; e revisar o material instrucional elaborado. Estima-se que será necessário 1 hora e 30 minutos. Com a sua ajuda poderei desenvolver o material instrucional de Geometria Descritiva contendo gráficos instrucionais estáticos.

Confirmado o seu desejo de participar da pesquisa, poderemos agendar um local e horário de encontro para que assinemos o termo de consentimento e para que você realize as atividades. Você receberá uma via desse termo como garantia legal. Lembrando que a sua participação é facultativa e a sua recusa não resultará em nenhum prejuízo em relação ao pesquisador responsável e sua instituição.

Obrigado por sua atenção.

## APÊNDICE F – Termo de consentimento livre e esclarecido para os participantes do primeiro questionário



### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está convidado(a) a participar de uma atividade de coleta de dados que faz parte da pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Design (PgDesign) da UFGRS intitulada *Proposição de diretrizes para o projeto de gráficos instrucionais estáticos de qualidade*. A pesquisa está sendo desenvolvida pelo mestrando Felipe Schneider Viaro sob a orientação do Prof. Dr. Régio Pierre da Silva.

Justifica-se a realização desta pesquisa a partir da principal premissa da Teoria Multimídia de Mayer, em que a utilização de gráficos e textos proporciona uma aprendizagem mais efetiva. Porém, deve-se levar em consideração que os gráficos utilizados de forma inadequada prejudicam na aprendizagem. Considera-se também que a interseção entre design e educação gera trabalhos significativos que podem impactar positivamente no desenvolvimento da sociedade. O eixo temático educação figura entre os principais eventos nacionais da área do design (e.g., P&D Design, Graphica, CIDI, Ergodesign e Usihc), o que demonstra a relevância da interseção entre esses campos de conhecimento. Neste sentido, o design pode contribuir com o planejamento e desenvolvimento de imagens.

O objetivo desta pesquisa é propor diretrizes de projeto que contribuam para a qualidade dos gráficos instrucionais estáticos. A atividade consiste em um questionário que visa hierarquizar as diretrizes de projeto levantadas, a partir da relação entre essas diretrizes e os critérios de qualidade estabelecidos para os gráficos instrucionais. Sua participação consiste em participar dessa atividade

As informações obtidas com a sua participação serão registradas no questionário e compiladas no relatório escrito, junto às demais informações coletadas com outros participantes, de forma a se obter um consenso acerca das diretrizes mais relevantes. Assim, é possível sintetizar as diretrizes projetuais.

Dessa forma, você beneficia diretamente o desenvolvimento das diretrizes projetuais. Nesse sentido, os projetistas de gráficos instrucionais são beneficiados por poderem utilizar-se dessas diretrizes durante o exercício de sua atividade. De forma indireta, se contribui para o desenvolvimento teórico da temática gráficos instrucionais dentro dos campos disciplinares do design instrucional e do design visual.

É objetivo desta pesquisa manter ao mínimo os riscos potenciais provenientes de sua participação. Para tal propósito, estão previstas as seguintes medidas por parte do pesquisador:

- não haverá custos de participação;



- assegura-se o sigilo acerca da identidade do participante;
- as informações obtidas por sua participação servirão exclusivamente para fins de pesquisa com publicação em relatório e artigos relacionados, sendo armazenadas por cinco anos e, posteriormente, destruídas;
- a participação da pesquisa é facultativa, podendo-se retirar o consentimento ou desistir da atividade quando desejado;
- o participante recebe uma via do termo de consentimento assinado como garantia legal;

Lembrando que a sua recusa não resultará em nenhum prejuízo em relação ao pesquisador responsável e sua instituição. Qualquer dúvida, você pode entrar em contato com os pesquisadores responsáveis e com o Comitê de Ética na Pesquisa (CEP/UFRGS) através dos contatos:

- Prof. Dr. Régio Pierre da Silva: email (*regio@ufrgs.br*) e telefone (51) 33083448;
- Felipe Schneider Viaro: e-mail (*felipe\_viaro@hotmail.com*) e telefone (51) 9752-1404;
- CEP/UFRGS: e-mail (*etica@propesq.ufrgs.br*) e telefone (51) 3307-3738.

Eu, \_\_\_\_\_, abaixo assinado (a), concordo em participar de forma voluntária da atividade que integra a pesquisa *Proposição de diretrizes para o projeto de gráficos instrucionais estáticos de qualidade*. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador Felipe Schneider Viaro sobre esta atividade, assim como, os benefícios da minha participação. Foi me garantido o direito de retirar meu consentimento a qualquer momento.

Porto Alegre, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2014.

\_\_\_\_\_  
Voluntário

\_\_\_\_\_  
Pesquisador

## APÊNDICE G – Termo de consentimento livre e esclarecido para os participantes do segundo questionário



### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está convidado(a) a participar de uma atividade de coleta de dados que faz parte da pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Design (PgDesign) da UFRGS intitulada *Proposição de diretrizes para o projeto de gráficos instrucionais estáticos de qualidade*. A pesquisa está sendo desenvolvida pelo mestrando Felipe Schneider Viaro sob a orientação do Prof. Dr. Régio Pierre da Silva.

Justifica-se a realização desta pesquisa a partir da principal premissa da Teoria Multimídia de Mayer, em que a utilização de gráficos e textos proporciona uma aprendizagem mais efetiva. Porém, deve-se levar em consideração que os gráficos utilizados de forma inadequada prejudicam na aprendizagem. Considera-se também que a interseção entre design e educação gera trabalhos significativos que podem impactar positivamente no desenvolvimento da sociedade. O eixo temático educação figura entre os principais eventos nacionais da área do design (e.g., P&D Design, Graphica, CIDI, Ergodesign e Usihc), o que demonstra a relevância da interseção entre esses campos de conhecimento. Neste sentido, o design pode contribuir com o planejamento e desenvolvimento de imagens.

O objetivo desta pesquisa é propor diretrizes de projeto que contribuam para a qualidade dos gráficos instrucionais estáticos. A atividade consiste em um questionário que visa avaliar a qualidade de gráficos instrucionais estáticos projetados a partir de diretrizes projetuais, respondendo às questões relacionadas à legibilidade e leitura desses gráficos. Sua participação consiste em participar dessa atividade.

As informações obtidas com a sua participação serão registradas no questionário avaliativo e compiladas no relatório escrito, junto às demais informações coletadas com outros participantes, de forma a tornar possível a avaliação dos gráficos projetados segundo as diretrizes projetuais. Assim, é possível realizar inferências, discutir e sugerir melhorias acerca dessas diretrizes.

Dessa forma, você beneficia diretamente o desenvolvimento das diretrizes projetuais. Nesse sentido, os projetistas de gráficos instrucionais são beneficiados por poderem utilizar-se dessas diretrizes durante o exercício de sua atividade. De forma indireta, contribui-se para o desenvolvimento teórico da temática gráficos instrucionais dentro dos campos disciplinares do design instrucional e do design visual.

É objetivo desta pesquisa manter ao mínimo os riscos potenciais provenientes de sua participação. Para tal propósito, estão previstas as seguintes medidas por parte do pesquisador:



- não haverá custos de participação;
- assegura-se o sigilo acerca da identidade do participante;
- as informações obtidas por sua participação servirão exclusivamente para fins de pesquisa com publicação em relatório e artigos relacionados, sendo armazenadas por cinco anos e, posteriormente, destruídas;
- a participação da pesquisa é facultativa, podendo-se retirar o consentimento ou desistir da atividade quando desejado;
- o participante recebe uma via do termo de consentimento assinado como garantia legal;

Lembrando que a sua recusa não resultará em nenhum prejuízo em relação ao pesquisador responsável e sua instituição. Qualquer dúvida, você pode entrar em contato com os pesquisadores responsáveis e com o Comitê de Ética na Pesquisa (CEP/UFRGS) através dos contatos:

- Prof. Dr. Régio Pierre da Silva: email (*regio@ufrgs.br*) e telefone (51) 33083448;
- Felipe Schneider Viaro: e-mail (*felipe\_viaro@hotmail.com*) e telefone (51) 9752-1404;
- CEP/UFRGS: e-mail (*etica@propesq.ufrgs.br*) e telefone (51) 3307-3738.

Eu, \_\_\_\_\_, abaixo assinado (a), concordo em participar de forma voluntária da atividade que integra a pesquisa *Proposição de diretrizes para o projeto de gráficos instrucionais estáticos de qualidade*. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador Felipe Schneider Viaro sobre esta atividade, assim como, os benefícios da minha participação. Foi me garantido o direito de retirar meu consentimento a qualquer momento.

Porto Alegre, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2014.

\_\_\_\_\_  
Voluntário

\_\_\_\_\_  
Pesquisador

## APÊNDICE H – Termo de consentimento livre e esclarecido para o participante do apoio ao projeto do material instrucional



### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está convidado(a) a participar de uma atividade de coleta de dados que faz parte da pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Design (PgDesign) da UFRGS intitulada *Proposição de diretrizes para o projeto de gráficos instrucionais estáticos de qualidade*. A pesquisa está sendo desenvolvida pelo mestrando Felipe Schneider Viaro sob a orientação do Prof. Dr. Régio Pierre da Silva.

Justifica-se a realização desta pesquisa a partir da principal premissa da Teoria Multimídia de Mayer, em que a utilização de gráficos e textos proporciona uma aprendizagem mais efetiva. Porém, deve-se levar em consideração que os gráficos utilizados de forma inadequada prejudicam na aprendizagem. Considera-se também que a interseção entre design e educação gera trabalhos significativos que podem impactar positivamente no desenvolvimento da sociedade. O eixo temático educação figura entre os principais eventos nacionais da área do design (e.g., P&D Design, Graphica, CIDI, Ergodesign e Usihc), o que demonstra a relevância da interseção entre esses campos de conhecimento. Neste sentido, o design pode contribuir com o planejamento e desenvolvimento de imagens.

O objetivo desta pesquisa é propor diretrizes de projeto que contribuam para a qualidade dos gráficos instrucionais estáticos. A atividade consiste em apoiar o projeto de um material instrucional experimental relacionado à disciplina de Geometria Descritiva II-A, de código (ARQ03317) da UFRGS, no qual serão aplicadas as diretrizes projetuais elaboradas durante a concepção de gráficos instrucionais estáticos. As tarefas envolvidas nessa atividade são: auxiliar na identificação de um objetivo de aprendizagem e conteúdos relacionados; supervisionar a elaboração da sinopse e a identificação dos tipos de conteúdo; revisar o material instrucional elaborado.

As informações obtidas com a sua participação serão registradas no processo projetual e compiladas no material instrucional e no relatório escrito, de forma a se obter um material instrucional de Geometria Descritiva contendo gráficos instrucionais estáticos. Assim, torna-se possível avaliar a exequibilidade das diretrizes de projeto, bem como, a qualidade dos gráficos gerados.

Dessa forma, você beneficia diretamente o desenvolvimento das diretrizes projetuais. Nesse sentido, os projetistas de gráficos instrucionais são beneficiados por poderem utilizar-se dessas diretrizes durante o exercício de sua atividade. De forma indireta, se contribui para o desenvolvimento teórico da temática gráficos instrucionais dentro dos campos disciplinares do design instrucional e do design visual.



É objetivo desta pesquisa manter ao mínimo os riscos potenciais provenientes de sua participação. Para tal propósito, estão previstas as seguintes medidas por parte do pesquisador:

- não haverá custos de participação;
- assegura-se o sigilo acerca da identidade do participante;
- as informações obtidas por sua participação servirão exclusivamente para fins de pesquisa com publicação em relatório e artigos relacionados, sendo armazenadas por cinco anos e, posteriormente, destruídas;
- a participação da pesquisa é facultativa, podendo-se retirar o consentimento ou desistir da atividade quando desejado;
- o participante recebe uma via do termo de consentimento assinado como garantia legal;

Lembrando que a sua recusa não resultará em nenhum prejuízo em relação ao pesquisador responsável e sua instituição. Qualquer dúvida, você pode entrar em contato com os pesquisadores responsáveis e com o Comitê de Ética na Pesquisa (CEP/UFRGS) através dos contatos:

- Prof. Dr. Régio Pierre da Silva: email (*regio@ufrgs.br*) e telefone (51) 33083448;
- Felipe Schneider Viaro: e-mail (*felipe\_viaro@hotmail.com*) e telefone (51) 9752-1404;
- CEP/UFRGS: e-mail (*etica@propesq.ufrgs.br*) e telefone (51) 3307-3738.

Eu, \_\_\_\_\_, abaixo assinado (a), concordo em participar de forma voluntária da atividade que integra a pesquisa *Proposição de diretrizes para o projeto de gráficos instrucionais estáticos de qualidade*. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador Felipe Schneider Viaro sobre esta atividade, assim como, os benefícios da minha participação. Foi-me garantido o direito de retirar meu consentimento a qualquer momento.

Porto Alegre, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2014.

\_\_\_\_\_  
Voluntário

\_\_\_\_\_  
Pesquisador

# APÊNDICE I – Matriz utilizada no levantamento das orientações de projeto

Tipos de orientação			Orientações
Princípios	Diretrizes	Características	
1. Princípios para apoiar os eventos instrucionais (Clark; Lyons, 2011)			Gráficos e textos alinhados com os objetivos instrucionais melhoram o aprendizado.
			Gráficos desalinhados com os objetivos instrucionais prejudicam o aprendizado.
2. Princípios de instrução multimídia (Mayer, 2009)			Gráficos são mais eficazes para comunicar um conteúdo espacial.
			Gráficos que descrevem relações podem apoiar a aprendizagem significativa.
			Frequentemente, gráficos simples são melhores para o aprendizado.
			Gráficos ignorados não ensinam.
			Coerência
			Sinalização
			Contiguidade espacial
			Utilize sinais para focar a atenção;
			Utilize cor e contraste para focar a atenção;
			Utilize a cor para melhorar o desempenho de trabalho;
			Evite gráficos que distraiam;
			Use organizadores de avanço ;
			Use organizadores de avanço expositivos;
			Evite detalhes sedutivos em introduções de conteúdos;
			Use gráficos ao invés de textos para conteúdo espacial;
			Use gráficos simples para uma aprendizagem mais profunda;
			Use ou palavras ou gráficos quando a informação é autoexplicativa;
			Use pré-visualizações ou sobreposições em gráficos ;
			Use gráficos organizacionais para mostrar relações qualitativas;
			Use gráficos relacionais e fluxogramas para comunicar relações quantitativas;
			Use gráficos transformacionais para comunicar mudanças no tempo e espaço;
			Use gráficos interpretativos para comunicar relações abstratas de causa e efeito;
			Use gráficos estáticos para demonstrar como funcionam as coisas;
			Use exemplos visuais contextualizados variados para um aprendizado mais profundo;
			Considere utilizar gatilhos gráficos relevantes para capturar o interesse;
			Minimize o uso de gráficos utilizados apenas como chamariz;
			Enfatize gráficos para os novatos;
			Forneça treinamento instantâneo para auxiliar na interpretação de gráficos complexos ;
			Encoraje todos os alunos a processar os gráficos efetivamente.
			Os gráficos devem conter um grau moderado de realismo, considerando que objetivos de aprendizagem mais simples exigem menos informações e objetivos mais complexos exigem mais informação.
			O gráfico deve conter somente os detalhes essenciais para comunicar a mensagem pretendida. Pois, detalhes em excesso e desnecessários interferem no entendimento da mensagem, da mesma forma, detalhes faltando reduzem sua compreensão;
			Cada gráfico e cada página deve ter um significado único e preciso. No caso de haver muita informação a ser transmitida, deve-se dividi-la em uma série de gráficos para não sobrecarregar o usuário.
			O aprendizado é facilitado quando detalhes críticos em uma mensagem são sinalizados, considerando-se que devem ser evitadas sinalizações em detalhes desimportantes.
			Qualquer ponto tem grande força de atração sobre o olho. Pontos próximos provocam mais atenção, um grupo de pontos pode sugerir movimento e direção.
			No desenho de linhas, o artista captura somente a informação essencial, eliminando tudo o que é supérfluo e secundário;
			A linha é um elemento gráfico poderoso. Visto que as pessoas tendem a seguir o caminho traçado pelas linhas, estas podem ser utilizadas para direcionar a atenção a elementos gráficos específicos.
			Considerando áreas formadas por contornos, quanto maior a espessura do contorno de uma forma, maior é a sua percepção de importância.
			O espaço (áreas não preenchidas) pode servir para separar ou unir elementos gráficos distintos;
			O tamanho deve ser grande o suficiente para permitir que o gráfico seja legível. Gráficos que contêm um conteúdo grande e muitos detalhes devem ser maiores do que outros com menor quantidade de informação. Um gráfico de 4 a 5 centímetros de largura em um livro equivale à percepção da largura de uma tela de televisão a partir de uma distância normal, e é adequado em diversos casos;
			Em um gráfico, a parte mais importante do conteúdo representado deve ser grande e clara, ocupar grande parte da área do gráfico e ser percebida como uma totalidade. Os elementos grandes de um gráfico atraem a atenção do leitor.
			É comum a utilização da seção áurea (1:1.618) ou do retângulo áureo (3:5, 5:8, 8:13, etc.) para conformar formatos agradáveis ao público;
			Sugere-se desenhar gráficos que funcionem bem em preto e branco, e depois adicionar cores para fazê-los funcionar ainda melhor.
			As cores devem ter intensidades fortes e o contraste de cores deve ser claro. O uso de cores melhora a atenção e a percepção das mensagens visuais.
			O uso de cor é importante quando a mesma contém informações essenciais aos conteúdos do gráfico (e.g., quando se pretende distinguir entre espécies de pássaros ou borboletas). Sabe-se que a informação destacada tende a melhorar a memorização.
			A cor pode ser utilizada para destacar, separar, definir, e associar informações. É importante que a cor seja utilizada de forma consistente.
			Independente das cores escolhidas e do contraste entre cores, o contraste de um gráfico deve ser claro o suficiente e diferenciar os elementos gráficos contidos no mesmo.
			A textura serve como referência à sensação do toque no objeto real. Assim, adiciona-se realismo, bem como efeitos emocionais e psicológicos ao gráfico. É comum as pessoas reagirem positivamente a objetos suaves e macios e, negativamente, a objetos afiados e duros

Diretrizes e características de Elementos d	16. Textura	A textura serve como referência à sensação do toque no objeto real. Assim, adiciona-se realismo, bem como efeitos emocionais e psicológicos ao gráfico. É comum as pessoas reagirem positivamente a objetos suaves e macios e, negativamente, a objetos afiados e duros	
		17. Iluminação	O olho humano é atraído por áreas claras. Este princípio pode ser utilizado para enfatizar informações ou atrair a atenção em um gráfico. As áreas claras tendem a ser percebidas na frente de outros elementos gráficos, enquanto que as escuras, tendem a afastar-se do observador.
			Normalmente, um gráfico deve lidar com um conceito e fornecer somente a informação necessária para o público compreender o conteúdo.
	18. Composição	Os elementos em um gráfico devem estar organizados em uma estrutura clara e fácil para o usuário compreender. Neste sentido, a organização dos elementos fornece uma estrutura que facilita o aprendizado. Além disso, a mesma possibilita direcionar os movimentos oculares dentro da figura	
		A composição deve ter poucos centros de interesse, preferencialmente, um centro de interesse localizado próximo ao seu centro ótico (um pouco acima e à esquerda do centro geométrico) ou no terço superior do gráfico. Este(s) ponto(s) deve(m) ser imediatamente aparente(s)	
		O uso de linhas e setas é a maneira mais eficiente de demonstrar direção.	
		O melhor é utilizar texto alinhado à esquerda, pois esse tem uma leitura mais rápida e é considerado melhor para leitores com pouca experiência, bem como, o texto alinhado à direita, no caso de serem inseridos à esquerda de uma figura. O texto justificado em uma coluna pequena cria espaços grandes entre as palavras.	
		Considerando-se que as diferentes fontes com o mesmo tamanho em pontos variam em sua altura-x, a medida do tamanho pela altura-x é mais confiável. Considerando-se que a leitura de livros ocorre entre 35 a 40 centímetros de distância, uma leitura nessa distância em boas condições de iluminação necessita de altura de 1,4 mm. Os números, por sua vez, necessitam maior altura porque não formam unidades como formam as palavras, que podem ser reconhecidas de maneira total.	
	19. Tipografia	Utilizar a primeira letra da frase em maiúscula e as restantes em minúsculas (com exceção de nomes próprios e substantivos pátrios).	
20. Características de linguagem visual (Pettersson, 2013a)	A linguagem visual utiliza a codificação análoga, empregando combinações de elementos gráficos básicos (pontos, linhas, áreas e volumes) para representar a realidade. Um mesmo conjunto de elementos básicos pode ser combinado para formar diferentes gráficos;		
	Os gráficos são icônicos, normalmente referindo-se às coisas que representam. O significado é autoevidente somente em um nível básico ou denotativo, mas para obter-se uma real compreensão do significado de um gráfico, a linguagem visual deve ser aprendida;		
	Os seres humanos percebem os gráficos e a linguagem visual da mesma maneira que experimentam a realidade: holística e emocionalmente;		
	Os fatores que compõem a linguagem visual estão relacionados aos critérios de conteúdo e execução do gráfico, seu contexto e formato, e a subsequente percepção, aprendizado e memória;		
	O conteúdo é mais importante do que execução, contexto e formato. Os gráficos têm forte impacto emocional;		
	Os fatores na linguagem visual têm propriedades funcionais e semânticas;		
	Um mesmo tema pretendido por ser expresso por meio de diferentes gráficos;		
	A efetividade de um gráficos depende da mídia, do tipo de informação e da quantidade de tempo que os alunos possuem para interagir com o material;		
	Os tipos de gráficos não são igualmente efetivos: desenhos de linha são mais eficazes em formatos nos quais o tempo de estudo dos alunos é limitado; versões mais realistas de gráficos podem ser mais eficazes quando o tempo de estudo é ilimitado;		
	Nenhum gráfico pode ser reconhecido como uma mensagem unívoca – compreendida por todos da mesma forma –, a não ser que se faça uma referência explícita sobre o que esse gráfico se propõe a representar.		
	Existem grandes diferenças entre os conceitos <i>ver</i> , <i>olhar</i> e <i>ler</i> ;		
	Leva-se de 2 a 3 segundos para reconhecer o conteúdo de um gráfico, de 20 a 30 segundos para ler a descrição verbal da mesma imagem, e de 60 a 90 segundos para lê-la em voz alta. Nas linguagens verbal e visual a experiência prévia e o contexto são muito importantes na percepção dos conteúdos;		
	O padrão dos movimentos e fixações oculares dependem do que se deseja ou se é indicado a ver em um gráfico;		
	A percepção de representações bidimensionais e tridimensionais pressupõe processamento rápido, paralelo, simultâneo e holístico;		
	Um determinado gráfico não é igualmente efetivo para alunos em diferentes níveis escolares e com diferentes níveis de conhecimento-prévio;		
21. Características de percepção de mensagens visuais (Pettersson, 2013a)	Algumas cores têm diferentes significados em diferentes sociedades;		
	É pouco provável que exista apenas uma, porém diversas soluções igualmente efetivas para atingir uma comunicação satisfatória. O projeto visual de um gráfico pode ser modificado sem alterar de forma significativa a percepção de seu conteúdo;		
	Existe um alto grau de constância perceptual. Pode-se ver um símbolo ou um gráfico a partir distâncias e ângulos distintos e ainda assim captar a mesma percepção do conteúdo da imagem;		
	Os gráficos quantitativos podem auxiliar aos leitores ver e compreender padrões complexos;		
	Gráficos simples e estilizados são mais eficazes do que gráficos complexos.		
	Pode-se diferenciar entre compreensão imediata e compreensão analítica dos gráficos;		
	Diferentes tarefas podem levar a diferentes interpretações dos conteúdos dos gráficos. Algumas tarefas levam à interpretação em um nível cognitivo baixo, e outras, em um nível cognitivo alto;		
	Diferentes pessoas podem entender e descrever um mesmo gráfico de diferentes maneiras;		
	A compreensão de uma figura humana é mais alta quando o gráfico retrata o corpo inteira, ao invés de partes do corpo;		
	Gráficos que contêm conteúdos abstratos são compreendidos de maneiras mais variadas do que os gráficos contendo conteúdos concretos. Ao descrever conteúdos abstratos, as pessoas utilizam-se de termos concretos;		
	Gráficos são produtos culturais compartilhados por indivíduos;		
	Gráficos são compreendidos dentro de um quadro individual de referência;		
	A lógica visual é associacionista, pois funciona buscando fazer sentido de elementos distintos combinando-os em uma espécie de história visual que comunica-se mais claramente com as emoções;		
	Até mesmo gráficos simples podem causar diferentes associações;		
	Cada indivíduo posiciona a informação disponível em um contexto pessoal mais amplo e expandido;		
Indivíduos são aparentemente capazes de atribuir mais informações do que estão explicitadas em um dado gráfico;			
22. Características de compreensão da linguagem visual (Pettersson, 2013a)	A leitura de um gráfico está positivamente correlacionada à avaliação estética e utilidade no ensino. A avaliação estética e a utilidade no uso em escolas também são fortemente correlacionadas;		



## APÊNDICE J – Matriz utilizada na normalização das orientações em diretrizes de projeto

	Orientação	→	Diretriz traduzida
Princípios	Gráficos e textos alinhados com os objetivos instrucionais melhoram o aprendizado.		Utilize gráficos com conteúdo relevante ao conteúdo instrucional. Utilize uma combinação de gráficos e palavras com conteúdo relevante ao conteúdo instrucional para melhorar o aprendizado.
	Gráficos desalinhados com os objetivos instrucionais prejudicam o aprendizado.		Evite gráficos com conteúdo irrelevante ao conteúdo instrucional.
	Frequentemente, gráficos simples são melhores		Utilize gráficos simples (com nível baixo de realismo e detalhamento).
	Coerência		Elimine partes dos gráficos irrelevantes ao conteúdo instrucional.
	Sinalização		Destaque as partes mais importantes dos gráficos.
	Contiguidade espacial		Posicione palavras próximas às partes referidas nos gráficos. Destaque o conteúdo do fundo.
	Proporcionar clareza;		Diferencie claramente as partes do gráfico. Utilize tipografias familiares em tamanho adequado (nem muito grande nem muito pequeno).
	Proporcionar simplicidade;		Escolha estilos familiares ao público para os textos e gráficos.
	Proporcionar ênfase;		Destaque os elementos mais importantes do conteúdo de um gráfico.
	Proporcionar unidade;		Verifique a coerência entre os gráficos desenvolvidos, considerando estilo, tipografia e técnicas de realce.
	Harmonia;		Encontre o equilíbrio entre os elementos da composição para formar relações harmoniosas.
	Facilitar a percepção;		Organize e integre os elementos do gráfico para formarem um todo
	Facilitar o processamento mental;		Projetar gráficos simples, claros e sem ambiguidades.
	Facilitar a memória;		Posicione palavras próximas às partes referidas nos gráficos.
	Utilize sinais para focar a atenção;		Destaque partes importantes de um gráfico com o uso de: cor, setas, ícones, sombreamento, agrupamentos e tipografia.
	Utilize cor e contraste para focar a atenção;		Destaque partes importantes com cores contrastantes.
	Evite gráficos que distraiam;		Evite gráficos com conteúdo irrelevante ao conteúdo instrucional.
	Evite detalhes sedutivos em introduções de conteúdos;		Evite gráficos com conteúdo irrelevante ao conteúdo instrucional.
	Use gráficos simples para uma aprendizagem mais profunda;		Utilize gráficos simples (com nível baixo de realismo e detalhamento).
	Minimize o uso de gráficos utilizados apenas como chamariz;		Evite gráficos com conteúdo irrelevante ao conteúdo instrucional.
	Os gráficos devem conter um grau moderado de realismo, considerando que objetivos de aprendizagem mais simples exigem menos informações e objetivos mais complexos exigem mais informação.		Utilize gráficos com grau moderado de realismo, considerando os conteúdos instrucionais.
	O gráfico deve conter somente os detalhes essenciais para comunicar a mensagem pretendida. Pois, detalhes em excesso e desnecessários interferem no entendimento da mensagem, da mesma forma, detalhes faltando reduzem sua compreensão;		Projete o conteúdo do gráfico somente com os detalhes essenciais para a transmissão da mensagem.
	Cada gráfico e cada página deve ter um significado único e preciso. No caso de haver muita informação a ser transmitida, deve-se dividi-la em uma série de gráficos para não sobrecarregar o usuário.		Determine um significado preciso para cada gráfico.
	O aprendizado é facilitado quando detalhes críticos em uma mensagem são sinalizados, considerando-se que devem ser evitadas sinalizações em detalhes desimportantes.		Destaque as partes mais importantes dos gráficos.
	O tamanho deve ser grande o suficiente para permitir que o gráfico seja legível. Gráficos que contêm um conteúdo grande e muitos detalhes devem ser maiores do que outros com menor quantidade de informação. Um gráfico de 4 a 5 centímetros de largura em um livro equivale à percepção da largura de uma tela de televisão a partir de uma distância normal, e é adequado em diversos casos:		Aumente o tamanho do gráfico de acordo com a complexidade e detalhamento de seu conteúdo.

Diretrizes	Em um gráfico, a parte mais importante do conteúdo representado deve ser grande e clara, ocupar grande parte da área do gráfico e ser percebida como uma totalidade. Os elementos grandes de um gráfico atraem a atenção do leitor.	Faça grande a parte mais importante do conteúdo de um gráfico.
	Sugere-se desenhar gráficos que funcionem bem em preto e branco, e depois adicionar cores para fazê-los funcionar ainda melhor.	Projete gráficos em preto e branco e depois adicione cores.
	As cores devem ter intensidades fortes e o contraste de cores deve ser claro. O uso de cores melhora a <i>atenção e a percepção</i> das mensagens visuais.	Utilize cores fortes com contrastes claros.
	O uso de cor é importante quando a mesma contém informações essenciais aos conteúdos do gráfico (e.g., quando se pretende distinguir entre espécies de pássaros ou borboletas). Sabe-se que a informação destacada tende a melhorar a <i>memorização</i> .	Utilize cor quando esta é essencial à compreensão do conteúdo.
	A cor pode ser utilizada para destacar, separar, definir, e associar informações. É importante que a cor seja utilizada de forma consistente.	Utilize cor para destacar, separar, definir e associar informações.
	Independente das cores escolhidas e do contraste entre cores, o contraste de um gráfico deve ser claro o suficiente e diferenciar os elementos gráficos contidos no mesmo.	Torne o contraste claro o suficiente para diferenciar os elementos do gráfico.
	Normalmente, um gráfico deve lidar com um conceito e fornecer somente a informação necessária para o público compreender o conteúdo.	Determine um conceito para o gráfico e utilize somente as informações necessárias para transmiti-lo.
	Os elementos em um gráfico devem estar organizados em uma estrutura clara e fácil para o usuário compreender. Neste sentido, a organização dos elementos fornece uma estrutura que facilita o aprendizado. Além disso, a mesma possibilita direcionar os movimentos oculares dentro da figura	Organize os elementos gráficos em uma estrutura clara e de fácil compreensão.
	A composição deve ter poucos centros de interesse, preferencialmente, um centro de interesse localizado próximo ao seu centro ótico (um pouco acima e à esquerda do centro geométrico) ou no terço superior do gráfico. Este(s) ponto(s) deve(m) ser imediatamente aparente(s)	Utilize um (ou poucos) centro de interesse localizado próximo ao centro ótico ou no terço superior do gráfico.
	O uso de linhas e setas é a maneira mais eficiente de demonstrar direção.	Utilize linhas e setas para demonstrar a direção em um gráfico.
	O melhor é utilizar texto alinhado à esquerda, pois esse tem uma leitura mais rápida e é considerado melhor para leitores com pouca experiência, bem como, o texto alinhado à direita, no caso de serem inseridos à esquerda de uma figura. O texto justificado em uma coluna pequena cria espaços grandes entre as palavras.	Utilize texto alinhado à esquerda, podendo-se utilizar também texto alinhado à direita, quando inserido à esquerda do gráfico.
	Considerando-se que as diferentes fontes com o mesmo tamanho em pontos variam em sua altura-x, a medida do tamanho pela altura-x é mais confiável. Considerando-se que a leitura de livros ocorre entre 35 a 40 centímetros de distância, uma leitura nessa distância em boas condições de iluminação necessita de altura de 1,4 mm. Os números, por sua vez, necessitam maior altura porque não formam unidades como formam as palavras, que podem ser reconhecidas de maneira total.	Determine o tamanho da tipografia baseado na altura-x, considerando a proporção de 3 a 4,5mm por metro de distância.
	Utilizar a primeira letra da frase em maiúscula e as restantes em minúsculas (com exceção de nomes próprios e substantivos pátrios).	Utilize a primeira letra em maiúscula e as demais em minúscula.
	Use elementos gráficos impactantes e grandes o suficiente para serem lidos;	Use elementos gráficos impactantes e grandes o suficiente para serem lidos;
Configure as palavras nos gráficos de forma impactantes e grandes o suficientes para serem lidas;	Configure as palavras nos gráficos de forma impactantes e grandes o suficientes para serem lidas;	

	Utilize uma cor de fundo clara ou escura adequada ao conteúdo, e então utilize uma cor com bom contraste para a figura ou texto;	Utilize uma cor de fundo clara ou escura adequada ao conteúdo, e então utilize uma cor com bom contraste para a figura ou texto;
	Certifique-se que as diferenças entre cores estão claras e óbvias.	Certifique-se que as diferenças entre cores estão claras e óbvias.
	Escreva legendas para explicar os gráficos;	Escreva legendas para explicar os gráficos;
	Escolha ilustrações cuidadosamente e utilize técnicas de sequenciamento visual para apresentar ideias complexas;	Utilize técnicas de sequenciamento visual para apresentar ideias complexas.
	Descarte gráficos e elementos gráficos desnecessários e evite o detalhamento excessivo do gráfico;	Descarte elementos gráficos desnecessários e evite o detalhamento excessivo do gráfico;
Características	Qualquer ponto tem grande força de atração sobre o olho. Pontos próximos provocam mais atenção, um grupo de pontos pode sugerir movimento e direção.	
	A linha é um elemento gráfico poderoso. Visto que as pessoas tendem a seguir o caminho traçado pelas linhas, estas podem ser utilizadas para direcionar a atenção a elementos gráficos específicos.	
	Considerando áreas formadas por contornos, quanto maior a espessura do contorno de uma forma, maior é a sua percepção de importância.	
	O espaço (áreas não preenchidas) pode servir para separar ou unir elementos gráficos distintos;	
	O olho humano é atraído por áreas claras. Este princípio pode ser utilizado para enfatizar informações ou atrair a atenção em um gráfico. As áreas claras tendem a ser percebidas na frente de outros elementos gráficos, enquanto que as escuras, tendem a afastar-se do observador.	Utilize pontos, linhas, contornos mais espessos, e áreas claras para enfatizar partes importantes.
	É comum a utilização da seção áurea (1:1.618) ou do retângulo áureo (3:5, 5:8, 8:13, etc.) para conformar formatos agradáveis ao público;	Priorize o retângulo áureo para o formato externo do gráfico (3:5; 5:8; 8:13, etc.)
	O conteúdo é mais importante do que execução, contexto e formato. Os gráficos têm forte impacto emocional;	
	Algumas cores têm diferentes significados em diferentes sociedades;	
	Existe um alto grau de constância perceptual. Pode-se ver um símbolo ou um gráfico a partir distâncias e ângulos distintos e ainda assim captar a mesma percepção do conteúdo da imagem;	
	Gráficos simples e estilizados são mais eficazes do que gráficos complexos.	
	Gráficos são produtos culturais compartilhados por indivíduos;	
	Gráficos são compreendidos dentro de um quadro individual de referência;	
	Até mesmo gráficos simples podem causar diferentes associações;	
	A memória para a combinação gráfico-palavra é superior à memória para gráficos ou palavras sozinhos;	
	Gráficos relevantes aos textos facilitam a aprendizagem de leitura de prosa;	
	Quando os gráficos fornecem informações redundantes ao texto, a aprendizagem de informações no texto será facilitada;	Utilize gráficos com conteúdo relevante ao conteúdo instrucional.
Quando os gráficos são irrelevantes ao conteúdo da prosa podem ter efeito negativo;	Evite gráficos com conteúdo irrelevante ao conteúdo instrucional.	
As possibilidades de combinação entre textos e gráficos são virtualmente ilimitadas. As trocas entre textos, gráficos e forma gráfica necessitam		
Para atingir o máximo impacto de um gráfico, o mesmo deve ser introduzido antes de apresentado. Cria-se um pré-entendimento de como o gráfico pode ser interpretado, baseado no contexto em que o gráfico é exibido.		

	<p>Para atingir o máximo impacto de um gráfico, o mesmo deve ser introduzido antes de apresentado. Cria-se um pré-entendimento de como o gráfico pode ser interpretado, baseado no contexto em que o gráfico é exibido.</p>	
	<p>Nenhum gráfico pode ser reconhecido como uma mensagem unívoca – compreendida por todos da mesma forma –, a não ser que se faça uma referência explícita sobre o que esse gráfico se propõe a representar.</p>	
	<p>Os gráficos, em sua grande maioria, estão sujeitos a diversas interpretações até serem ancorados por uma legenda;</p>	
	<p>Os gráficos utilizados com propósitos informacionais devem ser sempre acompanhados de legendas. Esta é a única maneira de garantir que a informação transmitida por estes seja clara e sem ambiguidades. Mesmo gráficos simples necessitam de legendas claras para serem transmitidos de forma verbal;</p>	
	<p>As legendas devem ser escritas cuidadosamente, pois influenciam fortemente a interpretação do conteúdo do gráfico. Em grande parte, os leitores de um gráfico interpretam aquilo que está sendo indicado que vejam;</p>	<p>Escreva cuidadosamente legendas para explicar os gráficos.</p>
	<p>Os aprendizes têm maior capacidade de construir conexões entre representações verbais e visuais quando os textos e gráficos estão ativos na memória ao mesmo tempo. Isso ocorre quando textos e gráficos são apresentados próximos na mesma página de um livro, ou quando os aprendizes têm experiência suficiente para gerar suas próprias imagens mentais enquanto leem o texto;</p>	<p>Combine gráficos e palavras para uma aprendizagem significativa.</p>

## APÊNDICE K – Matriz utilizada na organização, agrupamento e seleção das diretrizes de projeto

	Organização	→ Agrupamento das diretrizes
<b>CONTEÚDO GRÁFICO</b>	Utilize gráficos com conteúdo relevante ao conteúdo instrucional.	
	Utilize gráficos com conteúdo relevante ao conteúdo instrucional.	
	Evite gráficos com conteúdo irrelevante ao conteúdo instrucional.	
	Evite gráficos com conteúdo irrelevante ao conteúdo instrucional.	
	Evite gráficos com conteúdo irrelevante ao conteúdo instrucional.	
	Evite gráficos com conteúdo irrelevante ao conteúdo instrucional.	
	Escreva legendas para explicar os gráficos;	Utilize gráficos com conteúdo relevante ao conteúdo instrucional.
	Escreva cuidadosamente legendas para explicar os gráficos.	Escreva legendas para explicar os gráficos.
	Utilize gráficos simples (com nível baixo de realismo e detalhamento).	
	Projetar gráficos simples, claros e sem ambiguidades.	
	Utilize gráficos simples (com nível baixo de realismo e detalhamento).	Projeje gráficos simples (com nível baixo de realismo e detalhamento).
	Utilize gráficos com grau moderado de realismo, considerando o conteúdo instrucional.	
	Projeje o conteúdo do gráfico somente com os detalhes essenciais para a transmissão da mensagem.	
	Elimine partes dos gráficos irrelevantes ao conteúdo instrucional.	
	Descarte elementos gráficos desnecessários e evite o detalhamento excessivo do gráfico;	
	Determine um significado preciso para cada gráfico.	
	Determine um conceito para o gráfico e utilize somente as informações	Determine um conceito para o gráfico e utilize somente as informações necessárias para transmiti-lo.
Utilize técnicas de sequenciamento visual para apresentar ideias complexas.	Utilize técnicas de sequenciamento visual para apresentar ideias complexas.	
Escolha estilos familiares ao público para os textos e gráficos.	Escolha estilos familiares ao público para os textos e gráficos.	
Verifique a coerência entre os gráficos desenvolvidos, considerando estilo, tipografia e técnicas de realce.	Verifique a coerência entre todos os gráficos projetados, considerando estilo, tipografia e técnicas de realce.	
<b>COMPOSIÇÃO</b>	Torne o contraste claro o suficiente para diferenciar os elementos do gráfico.	Torne o contraste claro o suficiente para diferenciar os elementos gráficos.
	Diferencie claramente as partes do gráfico	
	Organize os elementos gráficos em uma estrutura clara e de fácil	Organize os elementos gráficos em uma estrutura clara, equilibrada e de fácil compreensão.
	Encontre o equilíbrio entre os elementos da composição para formar relações harmoniosas.	
	Organize e integre os elementos do gráfico para formarem um todo significativo ao invés de soma das partes.	
	Utilize um (ou poucos) centro de interesse localizado próximo ao centro ótico ou no terço superior do gráfico.	Utilize um (ou poucos) centro de interesse localizado próximo ao centro ótico ou no terço superior do gráfico.
	Utilize linhas e setas para demonstrar a direção em um gráfico.	
	Aumente o tamanho do gráfico de acordo com a complexidade e detalhamento de seu conteúdo.	
	Use elementos gráficos impactantes e grandes o suficiente para serem lidos;	Use elementos gráficos impactantes e grandes o suficiente para serem lidos;
	Priorize o retângulo áureo para o formato externo do gráfico (3:5; 5:8; 8:13, etc.)	Priorize o retângulo áureo para o formato externo do gráfico (3:5; 5:8; 8:13, etc.)
<b>DESTAQUE</b>	Utilize uma combinação de gráficos e palavras com conteúdo relevante ao	
	Combine gráficos e palavras para uma aprendizagem significativa.	Combine gráficos e palavras.
	Destaque as partes mais importantes dos gráficos.	
	Destaque os elementos mais importantes do conteúdo de um gráfico.	
	Destaque partes importantes de um gráfico com o uso de: tamanho, cor, setas, pontos, linhas, sombreamento, agrupamentos e tipografia.	Destaque as partes mais importantes do gráfico com o uso de: tamanho, cor, setas, pontos, linhas, contornos mais espessos, sombreamento, agrupamentos e tipografia.
	Destaque partes importantes com cores contrastantes.	
<b>USO DE COR</b>	Destaque as partes mais importantes dos gráficos.	
	Utilize pontos, linhas, contornos mais espessos, e áreas claras para enfatizar partes importantes.	
	Faça grande a parte mais importante do conteúdo de um gráfico.	
	Destaque o conteúdo do fundo.	Destaque o conteúdo do fundo.
	Projeje gráficos em preto e branco e depois adicione cores.	Projeje gráficos em preto e branco e depois adicione cores com contrastes claros.
<b>USO DE TIPOGRAFIA</b>	Certifique-se que as diferenças entre cores estão claras e óbvias.	
	Utilize uma cor de fundo clara ou escura adequada ao conteúdo, e então utilize uma cor com bom contraste para a figura ou texto;	
	Utilize cores fortes com contrastes claros.	
	Utilize cor quando esta é essencial à compreensão do conteúdo.	Utilize cor quando esta é essencial à compreensão do conteúdo.
	Utilize cor para destacar, separar, definir e associar informações.	Utilize cor para destacar, separar, definir e associar informações.
	Posicione palavras próximas às partes referidas nos gráficos.	Posicione palavras próximas às partes referidas nos gráficos.
	Utilize tipografias familiares em tamanho adequado (nem muito grande nem muito pequeno).	Utilize tipografias familiares em tamanho legível.
	Determine o tamanho da tipografia baseado na altura-x, considerando a proporção de 3 a 4,5mm por metro de distância.	
	Configure as palavras nos gráficos de forma impactantes e grandes o suficientes para serem lidas;	
	Utilize texto alinhado à esquerda, podendo-se utilizar também texto alinhado à direita, quando inserido à esquerda do gráfico.	Utilize texto alinhado à esquerda ou texto alinhado à direita, quando inserido à esquerda do gráfico.
	Escreva primeira letra da frase em maiúscula e as demais em minúscula.	Escreva primeira letra da frase em maiúscula e as demais em minúscula.

Agrupamento das diretrizes	→	Seleção das diretrizes
Utilize gráficos com conteúdo relevante ao conteúdo instrucional.		OK no caso da ausência do esp cont o projetista deve saber disso
Escreva legendas para explicar os gráficos.		OK
Projete gráficos simples (com nível baixo de realismo e detalhamento).		OK
Determine um conceito para o gráfico e utilize somente as informações necessárias para transmiti-lo.		OK
Utilize técnicas de sequenciamento visual para apresentar ideias complexas.		OK
Escolha estilos familiares ao público para os textos e gráficos.		OK
Verifique a coerência entre todos os gráficos projetados, considerando estilo, tipografia e técnicas de realce.		OK
Torne o contraste claro o suficiente para diferenciar os elementos gráficos.		OK
Organize os elementos gráficos em uma estrutura clara, equilibrada e de fácil compreensão.		OK
Utilize um (ou poucos) centro de interesse localizado próximo ao centro ótico ou no terço superior do gráfico.		OK
Use elementos gráficos impactantes e grandes o suficiente para serem lidos; Priorize o retângulo áureo para o formato externo do gráfico (3:5; 5:8; 8:13, etc.)		OK OK
Combine gráficos e palavras.		Combine gráficos e palavras, posicionando-as próximas às partes referidas nos gráficos.
Destaque as partes mais importantes do gráfico com o uso de: tamanho, cor, setas, pontos, linhas, contornos mais espessos, sombreamento, agrupamentos e tipografia.		OK
Destaque o conteúdo do fundo.		OK
Projete gráficos em preto e branco e depois adicione cores com contrastes claros.		OK
Utilize cor quando esta é essencial à compreensão do conteúdo.		OK
Utilize cor para destacar, separar, definir e associar informações.		é uma função da cor, não uma indicação prática para o uso no projeto.
Posicione palavras próximas às partes referidas nos gráficos.		Combine gráficos e palavras, posicionando-as próximas às partes referidas nos gráficos.
Utilize tipografias familiares em tamanho legível.		OK
Utilize texto alinhado à esquerda ou texto alinhado à direita, quando inserido à esquerda do gráfico.		OK
Escreva primeira letra da frase em maiúscula e as demais em minúscula.		OK

## APÊNDICE L – Matriz utilizada na codificação e tabulação dos dados obtidos com o primeiro questionário

Diretrizes	Critérios	Pesquisados								
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
D1	A	5	3	1	5	3	0	1	3	3
	B	5	3	3	5	3	0	5	5	3
	C	5	5	0	3	3	0	0	3	1
	D	5	1	1	3	3	0	0	1	1
	E	5	5	0	5	3	0	5	5	1
	F	5	5	5	5	5	5	5	3	5
	G	5	3	3	5	1	0	0	1	5
	H	5	3	0	5	1	3	5	5	5
	I	5	3	3	5	3	1	5	3	5
	J	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	D2	A	5	5	3	5	3	3	0	3
B		0	3	1	5	5	5	3	3	1
C		5	5	3	5	5	3	5	5	1
D		5	3	3	5	3	3	0	3	1
E		5	3	3	3	3	3	0	3	1
F		5	5	5	5	5	1	5	5	5
G		3	3	1	5	3	3	3	1	3
H		3	5	3	5	5	5	5	5	5
I		3	3	5	5	5	0	5	3	5
J		5	5	5	5	3	0	5	5	5
D3		A	5	3	1	3	3	0	1	1
	B	5	5	3	5	3	0	1	3	3
	C	5	3	1	5	1	3	1	3	3
	D	5	5	3	5	1	1	3	1	3
	E	5	3	3	1	1	3	0	3	3
	F	5	5	5	5	5	5	5	3	5
	G	5	5	3	3	1	0	5	0	5
	H	5	5	3	5	5	1	3	3	5
	I	5	3	5	5	5	1	5	3	5
	J	5	5	5	5	5	5	5	3	5
	D4	A	5	5	1	3	0	0	0	1
B		3	5	3	5	1	0	5	3	5
C		5	1	0	3	0	0	0	3	5
D		5	3	5	3	0	0	0	1	3
E		5	5	5	3	3	5	3	5	3
F		1	3	1	3	1	3	0	3	1
G		5	5	5	5	5	5	5	5	5
H		5	5	1	1	1	0	1	5	1
I		3	3	0	3	0	1	1	3	1
J		1	5	0	3	1	3	1	3	5
D5		A	3	5	0	5	1	0	0	5
	B	1	5	1	5	5	1	1	3	5
	C	5	3	3	3	5	5	3	5	3
	D	1	5	0	3	1	5	5	5	1
	E	1	3	1	0	3	3	5	5	3
	F	1	5	3	3	3	0	3	3	1
	G	0	3	1	1	1	0	3	3	1
	H	5	5	5	3	5	5	5	5	5
	I	3	5	3	1	1	3	5	3	3
	J	3	5	3	3	3	0	5	3	1
	D6	A	5	5	1	5	1	3	5	3
B		5	5	1	5	5	3	5	3	5
C		5	5	3	5	5	5	5	5	5
D		3	5	5	5	1	5	5	3	5
E		3	5	3	0	5	3	5	5	5
F		5	5	3	1	5	5	3	3	5
G		0	3	5	5	1	0	1	5	3
H		5	3	5	5	5	5	5	5	5
I		3	3	3	3	1	1	5	3	1
J		3	5	3	3	3	3	5	3	1
D7		A	5	1	0	3	0	3	1	5
	B	5	3	3	5	5	3	5	3	5
	C	5	5	1	1	3	5	0	3	5
	D	5	3	1	1	0	0	0	5	5
	E	1	1	0	0	0	0	0	5	1
	F	1	5	1	0	0	0	0	3	1
	G	1	3	0	0	0	3	0	3	1
	H	3	5	5	0	0	3	1	5	3
	I	1	5	3	0	1	0	0	5	0
	J	1	5	5	0	0	0	0	3	0
	D8	A	5	5	3	5	5	5	5	5
B		5	5	5	5	5	5	5	5	5
C		5	3	0	5	1	3	5	5	3
D		5	3	0	3	0	3	5	5	3
E		1	3	5	0	5	3	5	1	5
F		1	5	1	0	1	1	0	0	1
G		1	3	3	1	0	0	0	1	1
H		3	3	0	3	3	0	3	1	3
I		3	3	1	0	3	0	1	0	3
J		3	5	1	1	1	3	0	1	3

D9	A	1	1	0	1	1	1	3	5	1
	B	5	5	3	3	5	5	5	1	5
	C	5	5	5	5	5	5	5	3	5
	D	5	5	3	5	3	5	5	5	5
	E	1	3	0	0	3	5	3	5	5
	F	1	1	1	0	5	0	0	1	0
	G	1	3	3	1	1	0	3	3	0
	H	1	5	1	1	5	3	5	3	0
	I	1	5	0	0	3	0	1	3	0
	J	1	5	0	1	1	0	3	1	0
D10	A	5	5	1	1	0	0	0	0	3
	B	1	5	3	1	0	3	0	1	5
	C	5	3	1	1	0	5	0	3	1
	D	1	3	0	1	0	0	0	0	0
	E	1	3	0	0	0	0	0	1	0
	F	1	1	0	0	0	0	0	1	0
	G	1	5	1	0	0	0	0	3	0
	H	5	5	5	1	0	5	0	1	0
	I	1	3	0	0	0	0	0	0	0
	J	1	3	0	0	0	0	0	1	0
D11	A	5	3	0	5	0	0	3	3	5
	B	1	3	1	3	1	0	3	3	3
	C	5	5	3	3	3	5	3	5	5
	D	1	3	0	1	3	1	0	0	3
	E	5	3	3	1	3	3	3	1	3
	F	1	5	0	1	5	3	1	1	1
	G	1	5	0	1	1	0	0	3	1
	H	5	5	5	0	3	5	5	5	5
	I	1	5	0	0	3	1	0	3	0
	J	1	5	1	1	1	3	3	3	0
D12	A	0	1	0	1	0	0	0	3	3
	B	5	5	3	1	1	5	1	3	3
	C	3	5	1	3	0	5	5	3	3
	D	5	3	5	3	0	5	0	1	5
	E	1	3	0	0	0	5	0	1	3
	F	1	1	0	0	1	0	0	1	0
	G	1	5	0	0	0	0	0	3	1
	H	5	5	1	0	0	0	0	3	3
	I	1	3	3	0	0	0	3	3	0
	J	1	3	0	0	0	0	0	1	0
D13	A	0	1	1	1	0	0	0	3	1
	B	5	3	5	1	3	5	3	5	5
	C	5	5	5	3	3	5	5	5	5
	D	5	3	3	3	3	5	3	5	5
	E	1	1	0	0	3	5	3	3	1
	F	1	3	5	0	5	0	5	1	0
	G	1	3	1	3	1	0	1	1	0
	H	1	5	1	3	3	0	1	3	5
	I	1	3	0	0	3	0	5	5	0
	J	1	5	0	3	1	0	0	3	0
D14	A	3	3	0	3	1	5	3	3	1
	B	1	3	3	5	1	5	3	5	5
	C	3	5	5	1	3	5	3	5	5
	D	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	E	1	3	3	0	0	0	3	3	1
	F	1	1	1	0	0	0	0	3	0
	G	1	3	3	1	0	0	0	3	0
	H	1	5	1	1	1	1	3	3	5
	I	1	3	1	0	0	0	0	3	0
	J	1	5	1	0	1	0	0	1	0
D15	A	3	5	0	5	5	5	5	5	5
	B	3	5	1	5	5	3	5	5	3
	C	3	5	5	5	5	5	5	5	3
	D	3	3	5	5	5	5	3	3	3
	E	5	5	1	5	5	5	3	5	3
	F	3	5	3	3	5	1	5	3	0
	G	1	5	1	3	5	0	1	3	0
	H	3	5	5	5	5	3	3	5	3
	I	3	5	1	5	5	1	5	3	3
	J	3	5	1	3	3	1	0	3	1
D16	A	1	5	5	5	5	5	5	3	5
	B	1	5	3	3	1	3	0	3	3
	C	1	1	3	1	1	0	3	3	3
	D	1	3	1	0	0	0	3	1	3
	E	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	F	1	3	1	0	1	1	0	1	0
	G	3	3	5	1	1	0	5	3	1
	H	3	3	0	0	1	3	5	3	1
	I	3	3	0	0	1	1	0	5	0
	J	3	5	0	0	0	1	3	3	0

D17	A	1	3	3	1	0	0	0	1	3
	B	1	5	5	1	0	1	0	1	1
	C	1	3	3	1	0	3	1	3	3
	D	1	1	1	0	0	0	0	1	1
	E	5	5	5	3	3	5	5	5	5
	F	1	3	0	0	0	0	0	1	0
	G	3	1	5	0	0	0	0	3	0
	H	3	1	1	0	0	3	1	3	1
	I	3	3	0	0	0	0	0	5	0
	J	3	3	0	0	0	0	0	3	0
D18	A	3	5	3	0	0	0	0	1	5
	B	3	5	5	1	0	3	1	3	3
	C	3	5	3	0	0	1	5	5	3
	D	3	1	1	0	0	0	0	1	1
	E	5	5	1	3	3	5	3	3	5
	F	3	3	1	0	0	0	1	3	0
	G	5	1	3	0	0	0	0	3	3
	H	3	3	5	0	0	3	3	3	5
	I	3	5	0	0	0	0	1	1	0
	J	3	5	0	0	0	0	0	1	0
D19	A	1	5	3	1	0	0	5	3	1
	B	1	5	1	1	0	0	1	3	1
	C	1	3	5	0	0	5	3	5	0
	D	1	1	1	0	0	3	0	3	0
	E	5	5	3	1	1	0	5	5	5
	F	3	3	3	1	3	5	5	1	3
	G	5	3	1	0	0	0	1	1	1
	H	3	1	0	0	1	1	5	5	5
	I	3	3	3	0	0	5	5	3	3
	J	3	3	0	1	0	3	5	3	3
D20	A	5	5	1	5	0	5	3	3	5
	B	5	5	3	5	1	0	3	5	5
	C	5	5	1	5	3	1	3	3	5
	D	5	5	1	5	1	5	3	5	5
	E	5	5	5	5	1	5	5	5	5
	F	5	5	3	3	3	3	0	3	3
	G	5	5	5	1	1	1	0	3	3
	H	5	5	5	5	3	1	5	5	3
	I	5	5	3	5	3	1	0	5	3
	J	5	5	1	5	1	0	0	3	1

# APÊNDICE M – Sinopse do material instrucional de geometria descritiva

- *Objetivo de aprendizagem: representar objetos em é pura*
- *Alunos com conhecimento prévio inexistente*
- *Material impresso*

## Método de Monge: sistema de dupla projeção

- Apresentar o conceito de sistema de projeção, mencionando o sistema de projeto cilíndrico ortogonal para representações exatas de faces.
- Apresentar o sistema de dupla projeção como a solução para a representação de objetos tridimensionais.



Gráfico 1:  
representação de  
sólidos em sistemas de  
múltiplas projeções.

- Explicar o processo de planificação que leva à É pura, e o sistema de coordenadas adotado como convenção, XYZ.



Gráfico 2:  
processo de planificação

## Representação em É pura

- Explicar o procedimento utilizado para representar em é pura, explicando os conceitos relacionais - ponto, coordenadas, convenções de nomenclatura e representação (P1, linha de chamada)



Gráfico 3:  
procedimento de  
representação em é pura

## Representação de ponto, reta e figura plana

- Explicar o procedimento utilizado para representar pontos, retas e figuras planas.



Gráfico 4:  
procedimento de  
representação de ponto,  
reta e figura plana

## Representação de sólidos

- Explicar o procedimento utilizado para representar sólidos e os conceitos relacionados - lista de vértices, lista de faces



Gráfico 5:  
exemplo de  
representação de sólido



Gráfico 6:  
procedimento de  
representação de sólido

## ANEXO A – Princípios, diretrizes e recomendações de design instrucional para o projeto de gráficos instrucionais

Este Anexo apresenta orientações de design instrucional para o projeto de GIE, na forma de princípios, diretrizes e recomendações. Essas contribuições foram coletadas a partir de Clark e Lyons (2011) e Mayer (2009) e dizem respeito aos procedimentos de coleta de dados, geração de alternativas, composição entre textos e gráficos, e refinamento de soluções.

Além de apresentar princípios e diretrizes (explicados no item 1.2), também são apresentadas **recomendações** de design instrucional. No entendimento de Shneiderman (1998), estas podem ser compreendidas como diretrizes, porque auxiliam de forma prática e específica no desenvolvimento de projetos. Entretanto, para Pettersson (2013b), as diretrizes provêm de princípios e, por consequência, de evidências científicas e, como as recomendações apresentadas neste item são provenientes da experiência de suas autoras (CLARK; LYONS, 2011), julgou-se adequado diferenciar-se os termos.

A Figura 64 esquematiza o conjunto de orientações que é apresentado nos itens a seguir.

Figura 64 - Conjunto de orientações de design instrucional.



Fonte: o autor.

O item a seguir apresenta as recomendações para a concepção de gráficos instrucionais de Clark e Lyons (2011).

### RECOMENDAÇÕES PARA A CONCEPÇÃO DE GRÁFICOS INSTRUCIONAIS

Como já declarou-se nesta pesquisa, Clark e Lyons (2011) não enfatizam os processos e aspectos envolvidos na criação de gráficos, dedicando-se à seleção dos gráficos instrucionais. Visando suprir essa lacuna, as mesmas autoras fornecem uma lista de recomendações que

podem ser utilizadas para coletar dados, levantar critérios e requisitos de projeto, gerar alternativas e testar protótipos.

- **Pense visualmente desde o começo:** logo nas etapas analíticas iniciais perceba em quais situações os especialistas de conteúdo utilizam gráficos para auxiliar a explicar pontos específicos do conteúdo; tente perceber onde existe a necessidade de visualização do conteúdo;
- **Utilize ferramentas para captar detalhes:** utilize fotografias e filmagens para capturar fluxogramas, quadros negros ou outras superfícies desenhadas pelos especialistas de conteúdo. Capture imagens de localidades, equipamentos utilizados e capturas de tela;
- **Coletas específicas para tipos de conteúdos:** para *procedimentos*, capture as diferentes posições assumidas pelos objetos em cada etapa, segundo uma visão centrada no procedimento. Uma visão do que acontece quando o procedimento é executado erroneamente pode ser útil. Para *conceitos*, pergunte ao especialista de conteúdo quais os detalhes dos exemplos e contraexemplos confundem os alunos a identificação. Isto pode determinar o que deve ser enfatizado no gráfico. Para *fatos*, capture todos os detalhes que devem ser representados e esteja consciente dos detalhes irrelevantes que devem ser removidos. Para *processos*, descreva o fluxo do processo por meio de diagramas incluindo marcações textuais. Os processos não precisam da explicação de cada passo como os procedimentos, mas sim, uma explicação de cada estágio. Para *princípios*, colete todos os detalhes visuais do ambiente de trabalho, os tipos de problemas que o aprendiz encontrará, e exemplos das ferramentas que os mesmos utilizam.
- **Analise similares:** observe como são utilizados os gráficos para representar o mesmo conteúdo em materiais distintos;
- **Capture o quadro geral:** faça uma especificação descritiva em forma de roteiro com os textos e gráficos que compõem o material para pensar de forma integrada; analise todos os gráficos gerados para o material em questão, verificando se eles formam um conjunto unificado;
- **Esboços:** esboçar é uma técnica para começar a pensar em gráficos ao invés de palavras.
- **Testes:** realize testes dos gráficos com os conteúdos que eles apoiam. Busque conhecer a opinião do público-alvo sobre sua compreensão do conteúdo dos gráficos.

Os próximos dois itens abordam conjuntos de princípios de design instrucional. No item seguinte são apresentados os princípios para apoiar os eventos instrucionais de Clark e Lyons (2011).

## PRINCÍPIOS PARA APOIAR OS EVENTOS INSTRUACIONAIS

Clark e Lyons (2011) fornecem princípios gerais, segundo sua visão de aprendizagem, que indicam o uso de gráficos instrucionais de forma a apoiar sem prejudicar os eventos instrucionais:

- **Gráficos e textos alinhados com os objetivos instrucionais melhoram o aprendizado:** inclusive, os gráficos podem ser uma combinação entre figuras e textos;
- **Gráficos desalinhados com os objetivos instrucionais prejudicam o aprendizado;**
- **Gráficos são mais eficazes para comunicar um conteúdo espacial:** muitas vezes, os gráficos são capazes de comunicar um conteúdo com maior eficiência do que um texto;
- **Gráficos que descrevem relações podem apoiar a aprendizagem significativa:** gráficos como esquemas e diagramas que comunicam relações entre o conteúdo – e não simplesmente representam um objeto – suportam a construção de modelos mentais mais robustos;
- **Frequentemente, gráficos simples são melhores para o aprendizado:** gráficos complexos podem adicionar carga cognitiva extra e prejudicar o aprendizado;
- **Gráficos ignorados não ensinam:** os gráficos que não puderem ser visualizados adequadamente pelo leitor não são capazes de auxiliar na aprendizagem.

O próximo item apresenta os princípios de instrução multimídia de Mayer (2009).

## PRINCÍPIOS DE INSTRUÇÃO MULTIMÍDIA

Os estudos da TAM de Mayer (2009) direcionados à ciência da instrução geraram 12 princípios de design de instrução multimídia, baseando-se em pesquisas empíricas que testaram a aplicação dos seguintes métodos instrucionais em apresentações multimídia: coerência entre apresentação e conteúdo; sinalização de partes importantes; eliminar redundância entre narração e texto; contiguidade espacial entre palavras e gráficos; contiguidade temporal entre textos e gráficos correspondentes em animações; segmentação da apresentação; pré-treinamento sobre elementos do conteúdo; modalidade; multimídia; personalização do estilo do texto; narração em voz-humana; imagem do narrador. Esses princípios tratam do leiaute (edição e composição de textos e gráficos) dos materiais instrucionais, da organização do material instrucional, e de modos de apresentação do conteúdo (com ou sem gráficos; com ou sem som). O primeiro grupo de princípios – leiaute –

está mais relacionado a esta pesquisa e, destes, podem-se destacar os que são relevantes ao projeto de GIE:

- **Coerência:** deletar gráficos e partes destes que são alheios aos objetivos instrucionais;
- **Sinalização:** destacar gráficos essenciais e partes destes que são essenciais à compreensão do conteúdo;
- **Contiguidade espacial:** posicione palavras essenciais próximas aos gráficos correspondentes na tela ou página.

Dos três princípios apresentados, considerando os testes realizados segundo o tamanho do efeito<sup>16</sup> de Cohen (1988 apud MAYER, 2009), os princípios da coerência e contiguidade espacial têm efeito *muito positivo* no aprendizado, enquanto que o princípio da sinalização tem efeito *positivo*.

Outro princípio que pode ser destacado – relativo ao modo de apresentação do conteúdo – é o princípio multimídia, que indica que a apresentação de conteúdos com gráficos e textos tem efeito muito positivo no aprendizado. Inclusive, esse princípio já está incluído nas principais premissas desta pesquisa. Os demais princípios que não foram apresentados tratam de decisões de design instrucional sobre o uso de gráficos dinâmicos e narrações, ou sobre o uso da estrutura dos materiais instrucionais ou do uso de outros materiais.

A seguir, apresentam-se as diretrizes de representação de conteúdo.

## **DIRETRIZES PARA A REPRESENTAÇÃO DE CONTEÚDO**

Este item apresenta as diretrizes para a representação de conteúdo, compostas por Clark e Lyons (2011), e que formam a base do MPVMI, apresentado no item 2.2.4. No MPVMI, essas diretrizes são utilizadas após a identificação do tipo de conteúdo a ser trabalhado entre procedimentos, conceitos, fatos, processos ou princípios (conforme item 2.2.3). Cada tipo de conteúdo está relacionado a um conjunto de aproximadamente cinco diretrizes que indicam o tipo de gráfico adequado à representação do conteúdo. Além disso, essas diretrizes também indicam características estéticas, quantidade de gráficos, posição destes na página, e situações de uso. Sendo assim, nos itens a seguir são apresentadas as diretrizes para a representação de fatos, de conceitos, de processos, de procedimentos e de princípios ou leis.

Visto que essas diretrizes englobam questões que vão além do escopo desta pesquisa (e.g., gráficos dinâmicos e decisões do designer instrucional), aquelas que não têm relação com esta

---

<sup>16</sup> O tamanho do efeito ou *effect size* é um método estatístico utilizado para medir o grau de influência de uma variável na aprendizagem, podendo-se classificar este efeito em baixo, médio, alto e muito alto (MAYER, 2009).

pesquisa não são apresentadas. As demais diretrizes são apresentadas a seguir, segundo Clark e Lyons (2011).

## Representação de fatos

A representação de fatos é o primeiro conjunto de representação de conteúdos em Clark e Lyons (2011). Além deste, existem outros quatro conjuntos correspondendo aos demais tipos de conteúdo e que são apresentados posteriormente. As diretrizes devem ser utilizadas com parcimônia, pois considerando que algumas podem ser contraditórias, existe a necessidade de tomada de decisão, adequando-se a cada situação específica.

Quando o conteúdo instrucional identificado é factual, utilizam-se as seguintes diretrizes.

- **Use gráficos representacionais exibidos no contexto de trabalho:** fatos concretos como capturas de tela de softwares, formulários ou partes de equipamentos não devem estar ocultos ou separados do conteúdo principal. Esses gráficos devem ser apresentados junto ao conteúdo principal que está sendo ensinado e devem ser exibidos no contexto de trabalho. No caso de gráficos complexos, pode-se acinzentar partes irrelevantes do gráfico para gerenciar a carga cognitiva.
- **Exiba fatos com contiguidade visual:** neste caso, a contiguidade refere-se à acessibilidade da informação factual no momento em que o usuário necessita, e de forma que mantenha acessível e visível o conteúdo principal. Assim, os gráficos contendo informação factual devem ser exibidos em conjunção com a tarefa que exija a apresentação dos mesmos, evitando a troca de páginas ou telas pelo usuário. Em questões de planejamento da instrução, deve-se considerar em que momento das etapas os usuários necessitarão da informação factual.
- **Use gráficos organizacionais:** dados organizados em estruturas bidimensionais como tabelas auxiliam os usuários a encontrar informações desejadas mais facilmente. Além disso, estes gráficos tornam explícitas similaridades e diferenças entre as categorias.
- **Use gráficos relacionais para tendências numéricas:** se o objetivo de aprendizagem inclui relações quantitativas, devem-se utilizar gráficos de pizza, diagramas e outros tipos de gráficos adequados para este propósito.

A seguir, são apresentadas as diretrizes para a representação de conceitos.

## Representação de conceitos

Visando maior precisão na representação deste conteúdo, Clark e Lyons (2011) dividem os conceitos em concretos, abstratos e coordenados. Um exemplo de conceito concreto é uma *cadeira*, enquanto de um conceito abstrato é a *integridade*. Quando são apresentados conceitos de significado ou grafia próximos, como *defeito* e *defeituoso*, esses são chamados de conceitos coordenados. A seguir, apresentam-se as diretrizes utilizadas para a representação de conceitos.

- **Exiba exemplos de forma contígua:** devem-se usar no mínimo dois exemplos que expressem características essenciais ao conceito e, ao mesmo tempo, variem propriedades entre si. Para melhor aproveitamento, os gráficos devem estar localizados próximos do texto e entre si. Exemplos mais complexos podem utilizar mais de dois exemplos.
- **Crie contraexemplos visuais:** a utilização de contraexemplos é um método para evitar equívocos na aprendizagem de conceitos que são similares a outros e, assim, forma-se um entendimento claro do novo conceito. Para melhor aproveitamento, o exemplo e o contraexemplo devem ser exibidos simultaneamente.
- **Use analogias visuais:** na necessidade de representar conceitos abstratos podem ser utilizadas analogias visuais. As analogias devem ser: familiares ao público-alvo; retiradas de uma área do conhecimento distinta da área do conceito a ser representado; indicar claramente como a analogia se relaciona com as propriedades ou funções específicas do conceito. Geralmente, é necessário o uso de palavras para melhorar a compreensão da analogia.
- **Exiba juntos conceitos coordenados:** conceitos coordenados devem ser apresentados juntos uns aos outros e às suas definições textuais. A Figura 65 apresenta um gráfico desenvolvido segundo esta diretriz que aborda os conceitos de *defeito* e *defeituoso*.

Figura 65 - Conceitos coordenados exibidos contiguamente.

### Defeitos vs. Defeituosos

Defeitos referem-se ao número de falhas em um único item.  
Defeituosos referem-se ao número de itens com uma ou mais falhas.



Fonte: traduzido de Clark e Lyons (2011, p. 210).

- **Use gráficos organizacionais para exemplos coordenados:** os conceitos coordenados devem ser apresentados com gráficos organizacionais como tabelas ou matrizes, pois o processamento desses gráficos – mesmo sendo predominantemente textuais – ocorre no centro cognitivo visual, o que torna-os mais eficazes na aprendizagem.
- **Promova engajamento do estudante com conceitos visuais:** o interesse do aluno pode ser estimulado através da interatividade ou interação com o gráfico. Isso pode acontecer por um pedido de tomada de ação ou adicionando perguntas que incentivem o processamento do gráfico. Podem-se, também, incluir gráficos na prática de exercícios.

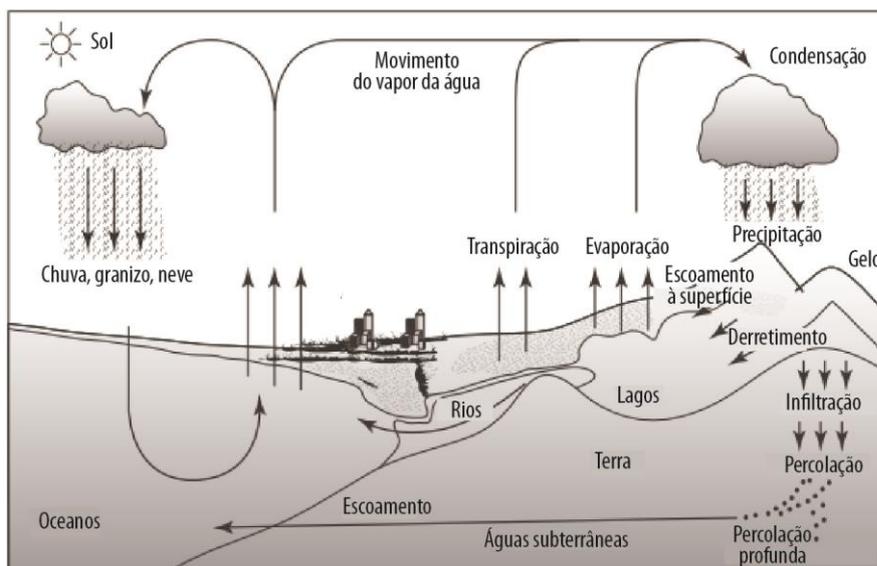
A seguir, apresentam-se as diretrizes de representação de processos.

## Representação de processos

Quando o conteúdo identificado é processual, devem-se utilizar as seguintes diretrizes de representação:

- **Use gráficos transformacionais que demonstrem mudanças de estado:** se o processo for exibido em um material instrucional baseado em papel, utilize um gráfico cíclico ou um diagrama de fluxo, assim como apresenta a Figura 66.

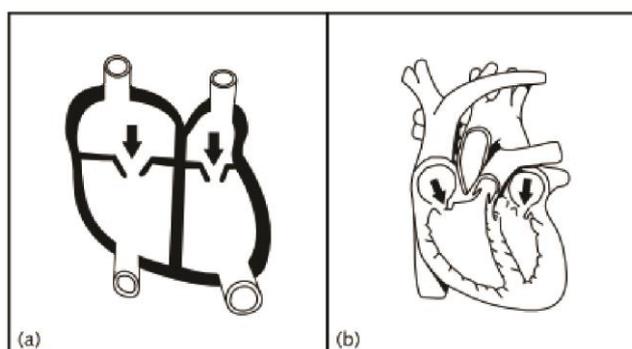
Figura 66 – Gráfico transformacional para processo cíclico da água.



Fonte: traduzido de Clark e Lyons (2011, p. 236).

- Use gráficos mais simples para promover o entendimento:** na compreensão de processos, os gráficos mais simples podem ser aplicados de duas formas. Na primeira, desenhos esquemáticos podem fornecer melhor aprendizado do que desenhos tridimensionais mais realistas e complexos (Figura 67). Na segunda forma, as animações esquemáticas são mais indicadas do que os vídeos realistas, da mesma forma que gráficos estáticos são mais indicados do que animações. Isso ocorre porque nas animações, o aluno deve segurar na memória estágios importantes para a compreensão do processo, o que gera uma sobrecarga cognitiva. Enquanto que no uso de gráficos estáticos, o aluno deve animá-los mentalmente para compreender as mudanças de estado, o que pode ser mais motivador do que a animação.

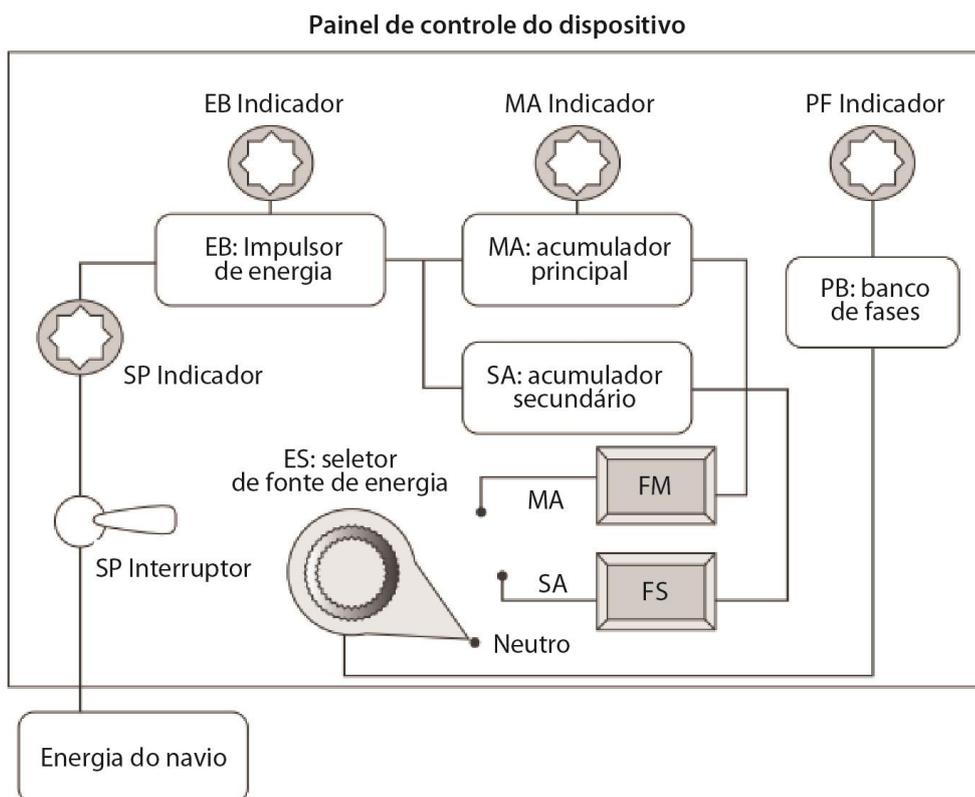
Figura 67 – Gráficos na representação de um coração (simplificado e complexo).



Fonte: traduzido de Clark e Lyons (2011, p. 103).

- **Gerencie a carga cognitiva ao apresentar gráficos processuais:** mantenha os gráficos estáticos próximos entre si, na mesma página, para permitir a animação mental. Também podem ser utilizadas algumas técnicas de marcação visual para direcionar a atenção do usuário à parte importante em discussão: i) aumentar uma parte do gráfico, enquanto as outras permanecem no plano de fundo; ii) intensificar cores, enquanto as outras permanecem com as cores originais ou são esmaecidas.
- **Use gráficos interpretativos para representar processos abstratos:** algumas profissões utilizam notações únicas para representar processos. Neste caso, a compreensão adquirida por meio desses processos abstratos é melhorada com o estudo destes esquemas utilizando símbolos abstratos. A Figura 68 apresenta um gráfico interpretativo utilizado para representar um painel de controle.
- **Promova o engajamento com gráficos processuais:** adicione perguntas ou indique ações ao aluno relacionadas aos gráficos de forma a proporcionar o engajamento do aluno com o gráfico processual. A seguir, exemplos de questão e indicação de ação: *o que aconteceria se a boia do tanque da privada tivesse um buraco? Desenhe o caminho que uma prescrição rejeitada percorreria no processo de reembolso.*

Figura 68 – Gráfico interpretativo para representando painel de controle.



Fonte: traduzido de Clark e Lyons (2011, p. 142).

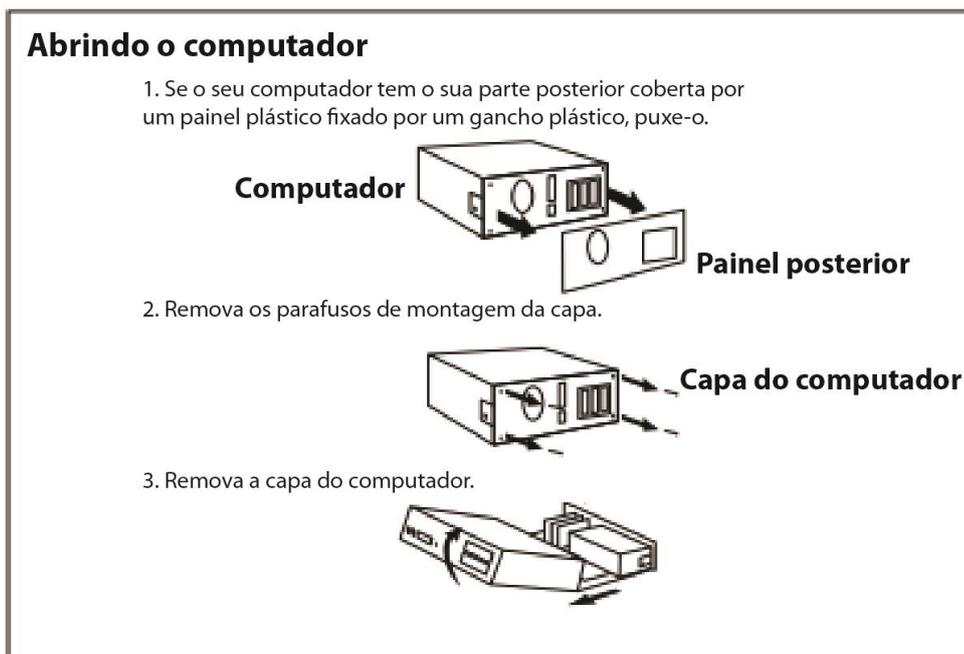
No próximo item, apresentam-se as diretrizes para a representação de procedimentos.

## Representação de procedimentos

Para conteúdos procedimentais, utilizam-se as seguintes diretrizes de representação:

- **Combine gráficos transformacionais e representacionais em demonstrações:** representar com realismo os objetos da tarefa, assim como representá-los no contexto de uso auxiliam na transferência da aprendizagem. Portanto, é adequado usar um gráfico transformacional que demonstre o procedimento, apoiado em um gráfico representacional (Figura 69).
- **Gerencie a carga cognitiva:** uso de técnicas para gerenciar a carga cognitiva. Como exemplo, posicionar gráficos próximos dos textos; e eliminar detalhes secundários, no caso de complexidade visual dos equipamentos ou interfaces utilizados para realizar o procedimento. Nesse caso, pode-se utilizar gráficos simplificados como os desenhos de contorno (assim como na Figura 69), ou apagar elementos irrelevantes do gráfico. Deve-se cuidar para não se retirar partes envolvidas no procedimento e para não desorientar o leitor em relação ao contexto de trabalho.

Figura 69 – Gráfico transformacional representacional: abrindo o computador.



Fonte: traduzido de Clark e Lyons (2011, p. 189).

- **Use gráficos para direcionar a atenção para avisos:** se deve usar gráficos para acompanhar avisos importantes, pois assim auxiliam ao usuário a sair de estados indesejados. O gráfico que acompanha avisos deve: chamar a atenção do usuário; possuir uma palavra facilmente identificada como *cuidado* ou *atenção*; descrever os riscos ou consequências de não cumprir o aviso; dizer o que se deve e o que não se deve fazer; incluir o aviso durante a execução de determinada etapa ou um pouco antes.

Clark e Lyons (2011) chamam a atenção para os *auxílios de memória* – tabelas, fórmulas e outros materiais adicionais que podem ser utilizados junto à prática e execução dos procedimentos, auxiliando os usuários. Portanto, esses materiais devem ser desenvolvidos considerando o contexto real da execução da tarefa e podem conter uma lista das etapas ou demonstração dos passos a serem cumpridos.

A seguir, apresentam-se as diretrizes para a representação de princípios ou leis.

## Representação de princípios ou leis

Clark e Lyons (2011) explicam que, ao contrário dos procedimentos, este tipo de conteúdo não tem uma única abordagem correta na aplicação do conhecimento aprendido. As mesmas declaram a dificuldade em ensinar este tipo de conteúdo e, como solução, oferecem três métodos instrucionais para esse propósito: i) o uso de ambientes de aprendizagem centrados no problema; ii) a análise de vídeos para a construção de habilidades interpessoais; iii) e o engajamento em gráficos interpretativos para princípios científicos. Esses três métodos veem-se refletidos neste conjunto de diretrizes e utilizam-se, principalmente, de gráficos dinâmicos para a representação de conteúdos. Entretanto, relativa ao terceiro método instrucional, pode-se citar uma diretriz que trata de gráficos estáticos:

- **Engaje os aprendizes com gráficos explicativos, incluindo simulações visuais:** neste caso, podem ser utilizados gráficos interpretativos para auxiliar na compreensão de princípios e leis.

Com essa diretriz encerra-se o conjunto de diretrizes destinadas à representação de conteúdos de Clark e Lyons (2011). O item a seguir apresenta o próximo conjunto de diretrizes, o qual destina-se a apoiar os eventos instrucionais.

## DIRETRIZES PARA APOIAR OS EVENTOS INSTRUCIONAIS

Este item apresenta as diretrizes para apoiar os eventos instrucionais, compostas por Clark e Lyons (2011). Essas diretrizes são utilizadas na quarta etapa do MPVMI, após a seleção dos

gráficos instrucionais, com o propósito de organizar o leiaute da página ou tela e dar um tratamento de finalização nos gráficos selecionados, de forma a melhorar a interação destes com o usuário. Os eventos instrucionais apoiados por essas diretrizes são: apoiar a atenção; ativar ou construir o conhecimento prévio; minimizar a carga cognitiva; construir modelos mentais; apoiar a transferência de aprendizagem; e apoiar a motivação. A estes, Clark e Lyons (2011) adicionam um conjunto de diretrizes para apoiar as diferenças interindividuais dos usuários, considerando a principal diferença entre os usuários que influencia no valor instrucional dos gráficos, o seu conhecimento prévio (CLARK; LYONS, 2011; MAYER, 2009).

Assim como no item anterior (2.2.5.4), neste item são apresentadas somente as diretrizes que têm relação com esta pesquisa. O primeiro conjunto de diretrizes apresentado destina-se a direcionar a atenção dos usuários ao conteúdo essencial. Todas as diretrizes a seguir são descritas a partir de Clark e Lyons (2011).

## Direcionar a atenção

A atenção é um processo que auxilia os alunos a filtrarem informações secundárias de forma que mantenham na memória de trabalho apenas as informações mais importantes para o objetivo de aprendizagem. O cenário em que o apoio à atenção é mais necessário se configura quando o conteúdo gráfico apresentado para os alunos é complexo e estes desconhecem o conteúdo. Em casos onde o apoio à atenção não é necessário, as diretrizes podem não ter efeitos significativos na aprendizagem.

- **Utilize sinais para focar a atenção:** a utilização de sinais gráficos é uma técnica eficaz para destacar elementos importantes sem modificar o conteúdo do material. Podem ser utilizadas as seguintes técnicas de sinalização: chamadas de tópico; marcadores tipográficos como tipo de fonte, tamanho de fonte, tratamentos – itálico, negrito, sublinhado, cor, etc.; agrupamentos por proximidade ou cor; sinais gráficos para direcionar a atenção como setas, ícones, sombreamento e animação. Entretanto, destaca-se que o benefício do uso de sinais é significativo em gráficos e textos complexos e, materiais simples não necessitam deste apoio à atenção.
- **Utilize cor e contraste para focar a atenção:** a cor pode facilitar o aprendizado quando focaliza a atenção em áreas dos gráficos que poderiam ser ignoradas. No entanto, deve-se considerar o contraste, favorecendo o uso de cores de destaque que contrastem com as cores do fundo.
- **Utilize a cor para melhorar o desempenho de trabalho:** a cor pode ser um recurso eficaz em tarefas de busca e identificação de informações em gráficos complexos. Recomenda-se o uso da cor em situações que exigem: i) chamar a atenção

para elementos importantes em gráficos complexos; ii) distinguir elementos distintos em um gráfico; ou iii) exibir gráficos representacionais onde a cor do objeto é uma propriedade importante para o conteúdo.

- **Evite gráficos que distraiam:** embora possam adicionar valor estético e interesse no conteúdo, esses gráficos prejudicam a aprendizagem.

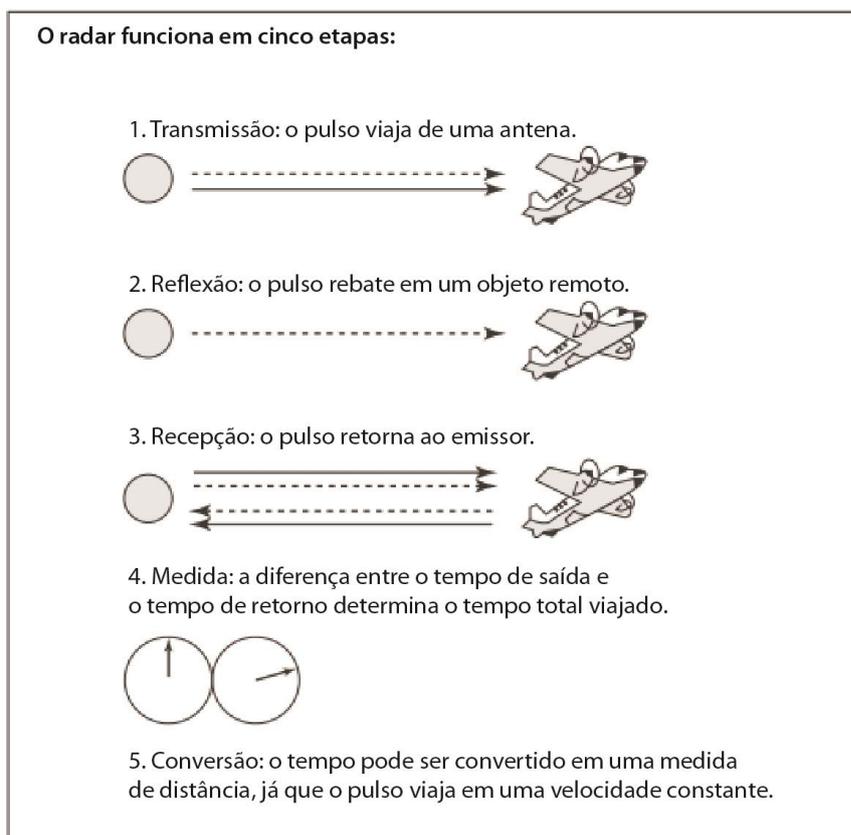
A seguir, apresentam-se as diretrizes para potencializar o conhecimento prévio do aprendiz.

## **Potencializar o conhecimento prévio**

Para que o aprendizado significativo ocorra é necessário que haja a integração do conhecimento prévio relevante com o novo conteúdo instrucional. As seguintes diretrizes descrevem meios para que o conhecimento prévio relevante seja transferido da memória de longa duração para a memória de trabalho:

- **Use organizadores de avanço comparativos:** para alunos que tenham conhecimento prévio relativo ao conteúdo instrucional, use organizadores de avanço comparativos. O gráfico que serve como organizador de avanço deve incorporar informações familiares ao aluno, conectando estas ao novo conteúdo. Assim, esses gráficos servem como analogias que conectam o conteúdo novo ao conhecimento prévio do aluno (Figura 70). O sucesso do organizador de avanço comparativo depende da qualidade da conexão estabelecida entre o conhecimento prévio do aluno e o novo conteúdo.

Figura 70 – Gráfico como organizador de avanço comparativo.



Fonte: traduzido de Clark e Lyons (2011, p. 88).

- **Use organizadores de avanço expositivos:** os organizadores de avanço expositivos fornecem um contexto para o aprendizado do novo conteúdo e, por isso, são mais efetivos para alunos que não possuem conhecimento prévio. Estes gráficos podem ser compostos com textos e figuras. Um organizador de avanço eficaz fornece um esquema de alto nível para o conteúdo a ser apresentado. Devem-se evitar muitos detalhes para não sobrecarregar a memória de trabalho, assim como, poucos detalhes que não fornecem uma estrutura do conteúdo.
- **Evite detalhes sedutivos em introduções de conteúdos:** a utilização de gráficos sedutivos prejudica a aprendizagem. O fato de os alunos se interessarem pelo material com gráficos sedutivos não significa que eles irão aprender melhor.

A seguir, apresentam-se as diretrizes intencionadas a minimizar a carga cognitiva irrelevante.

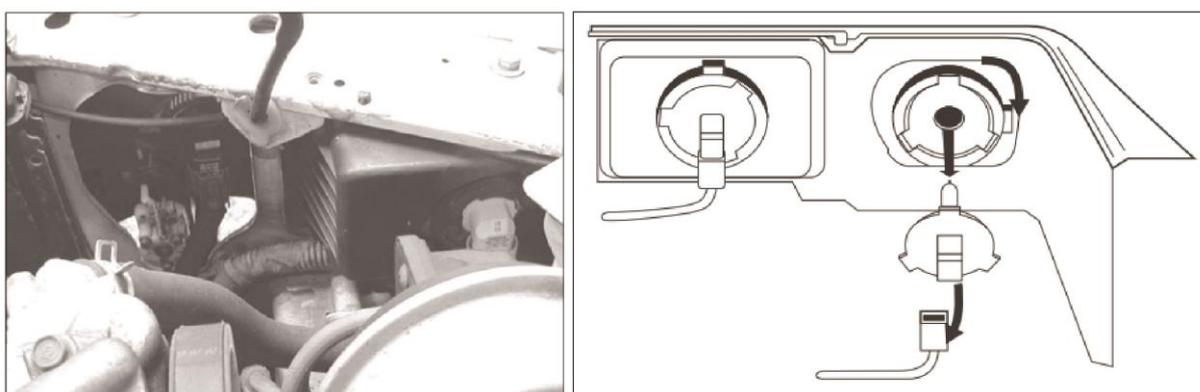
### Minimizar a carga cognitiva irrelevante

Quando o conteúdo é complexo, os alunos são novatos ou a reprodução do material instrucional não é controlada pelo aluno, o aprendizado pode ser potencializado utilizando

gráficos que minimizem a carga cognitiva irrelevante. Os principais fatores que influenciam na carga cognitiva imposta pela instrução são: o conhecimento prévio do aluno; e a complexidade do conteúdo.

- **Use gráficos ao invés de textos para conteúdo espacial:** informações de caráter espacial podem ser apresentadas de forma mais concisa com gráficos. Além disso, tornam mais simples procedimentos complexos.
- **Use gráficos simples para uma aprendizagem mais profunda:** a inserção de gráficos com um estilo gráfico consistente e com menor ruído visual tende a reduzir a carga cognitiva imposta pelo material instrucional. Gráficos como desenhos de contorno enfatizam apenas os aspectos-chave de um objeto, enquanto que uma fotografia – contendo gradações de cores e sombreamento – torna difícil discriminar as partes importantes deste objeto, aumentando a carga cognitiva do material. A Figura 71 apresenta um exemplo que compara o mesmo objeto apresentado em gráficos complexo e simples.

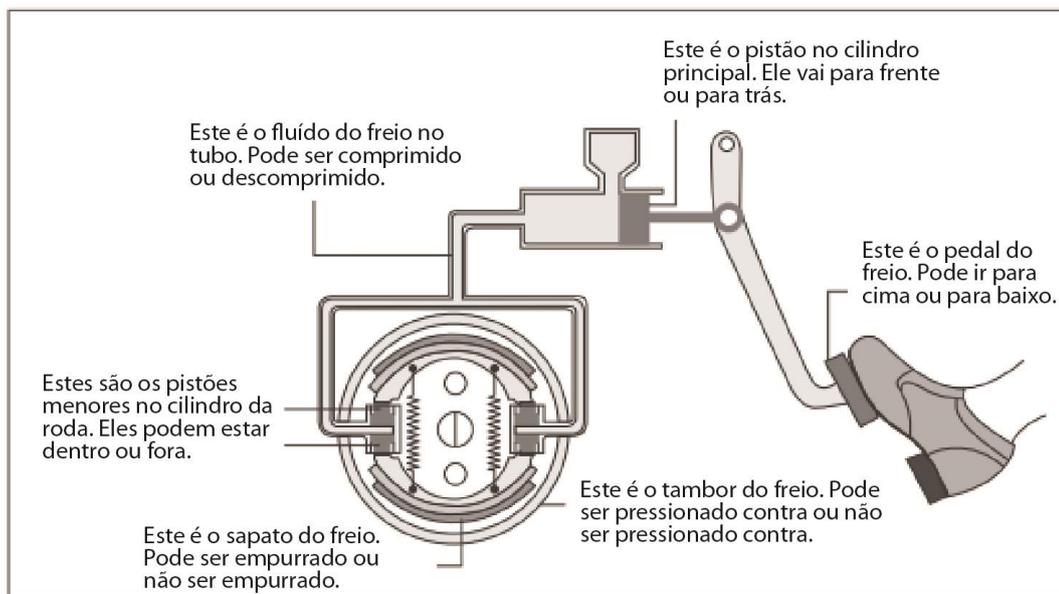
Figura 71 – Comparação entre gráficos complexo e simples demonstrando parte interior do motor de um carro.



Fonte: adaptado de Clark e Lyons (2011, p. 102-103).

- **Use palavras ou gráficos quando a informação é autoexplicativa:** apresentar múltiplas fontes de informação quando cada uma delas pode ser entendida isoladamente pode sobrecarregar a memória de trabalho e prejudicar a aprendizagem.
- **Use pré-visualizações ou sobreposições em gráficos complexos:** é uma técnica comum de design instrucional agrupar o conteúdo em partes menores para facilitar a compreensão do aluno. Da mesma forma, quando se tem um conteúdo complexo, pode-se apresentar um gráfico como pré-visualização (ou material) preparatória para o conteúdo. A Figura 72 apresenta um exemplo de pré-visualização de componentes envolvidos no funcionamento de um processo mecânico complexo.

Figura 72 – Gráfico de pré-visualização sobre o funcionamento do freio de um carro.



Fonte: traduzido de Clark e Lyons (2011, p. 111).

Em outro caso, quando a complexidade do gráfico é alta podem ser utilizadas técnicas de sinalização – cores, setas e sombreado – que permitam o aluno construir o gráfico em partes. A seguir, descrevem-se as diretrizes para auxiliar na construção de modelos mentais.

### Auxiliar na construção de modelos mentais

A construção de modelo mentais ocorre a partir da integração do conteúdo instrucional com o conhecimento prévio ativado. Os modelos mentais são armazenados na memória de longa duração e formam a base para a compreensão e a resolução de problemas. Neste caso, o uso de gráficos que descrevem relações são mais eficazes do que gráficos que somente representam o conteúdo. Portanto, são favorecidos os gráficos explicativos, como o Quadro 29 apresenta:

Quadro 29 – Gráficos explicativos para construir modelos mentais.

Tipo de gráfico	Descrição	Exemplo	Usado para construir
Organizacional	Um gráfico composto de formas e textos que exibe relações qualitativas entre tópicos.	Fluxograma Gráfico em árvore	Modelos mentais que relacionam fatos e conceitos.
Relacional	Um gráfico que comunica relações qualitativas.	Gráfico de barra Gráfico de pizza	Modelos mentais de dados quantitativos relacionados.
Transformacional	Um gráfico que demonstra mudanças ao longo do tempo e do espaço.	Uma série de gráficos demonstrando como funciona uma descarga de privada; Gráficos demonstrando como trocar o óleo de um equipamento.	Modelos mentais de como funcionam as coisas ou de como fazer as coisas.
Interpretativo	Um gráfico que ilustra relações teóricas ou abstratas entre elementos intangíveis.	A simulação do movimento molecular	Modelos mentais de causa e efeito

Fonte: traduzido de Clark e Lyons (2011, p. 117).

- **Use gráficos organizacionais para mostrar relações qualitativas:** os gráficos organizacionais, também chamados de organizadores gráficos, utilizam palavras e formas para demonstrar relações entre ideias e podem ser representados por diagramas de árvore, mapas conceituais ou tabelas. Entretanto, a recomendação é que, para textos curtos, uma organização em sumário é o suficiente para auxiliar na aprendizagem, enquanto que a utilização de organizadores gráficos só é necessária na presença de textos longos ou materiais que imponham alta carga cognitiva.
- **Use gráficos relacionais e fluxogramas para comunicar relações quantitativas:** o uso de gráficos que demonstram relações quantitativas facilitam a compreensão deste tipo de informação e apoia o descobrimento de outras relações que, de outra forma, seriam ignoradas. Primeiramente, a seleção do tipo de gráfico depende do modelo mental que de seja construir ou das tarefas que serão cumpridas com o uso do gráfico (Quadro 29). Depois, podem-se consultar os **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e 10 para indicações sobre gráficos relacionais e organizacionais adequados a situações específicas (ver item 2.2.4.1.2).
- **Use gráficos transformacionais para comunicar mudanças ao longo do tempo e do espaço:** gráficos transformacionais são eficazes para construir modelos mentais sobre o funcionamento das coisas.

- **Use gráficos interpretativos para comunicar relações abstratas de causa e efeito:** gráficos interpretativos são utilizados para demonstrar conceitos abstratos, princípios ou leis.

A seguir, apresentam-se as diretrizes para apoiar a transferência de aprendizado.

## **Apoiar a transferência de aprendizado**

A transferência é a transformação do que foi aprendido no ambiente de aprendizagem no que deve ser aplicado no ambiente de trabalho. Combinar o ambiente de trabalho com contextos instrucionais e construir modelos mentais são essenciais para a transferência de aprendizagem. Existem diferenças entre as maneiras de promover a transferência curta e a transferência longa de aprendizagem, que são apresentadas nas diretrizes a seguir:

- **Use gráficos estáticos para demonstrar como funcionam as coisas:** modelos mentais processuais podem se beneficiar com a utilização de gráficos interpretativos e transformacionais.
- **Use exemplos visuais contextualizados variados para um aprendizado mais profundo:** no caso das habilidades de curta transferência, uma única demonstração do procedimento pode ser o suficiente. No entanto, para a construção mais eficaz de habilidades de longa transferência são necessários diversos exemplos. O estudo sobre diversos exemplos permite que os alunos construam um modelo mental mais flexível que possam adaptar a situações de trabalho específicas. Pode-se, ainda, utilizar uma variação entre gráficos concretos e abstratos da seguinte forma: começar com uma representação concreta auxilia a reduzir a carga cognitiva durante a aprendizagem inicial de um conteúdo; passar a utilizar gráficos mais abstratos permite que os alunos generalizem os princípios aprendidos a outros contextos.

A seguir, são apresentadas as diretrizes para a motivação e aprendizado.

## **Motivação e aprendizado**

A motivação é o que leva o aluno a selecionar uma oportunidade de aprendizagem, investir esforço no processo de aprendizagem e persistir para completar o objetivo de aprendizagem. Deve-se considerar que nem todos os gráficos adicionados a materiais instrucionais com propósitos motivacionais auxiliam no aprendizado. Portanto, as seguintes diretrizes apresentam indicações para o uso de gráficos que auxiliem na motivação e aprendizagem:

- **Considere utilizar gatilhos gráficos relevantes para capturar o interesse inicial:** alunos que carecem de interesse inicial em um determinado conteúdo podem ser direcionados para o material instrucional com o uso de elementos como cores e gráficos. Entretanto, deve-se considerar que alunos que já possuem interesse prévio no conteúdo podem se sentir irritados com o uso de cores.
- **Minimize o uso de gráficos utilizados apenas como chamariz:** apesar de aumentarem o interesse situacional do material instrucional, os gráficos que não são relacionados aos objetivos de aprendizagem podem prejudicar a aprendizagem.

A seguir, apresentam-se as diretrizes para potencializar as características diferentes entre os indivíduos.

## Potencializar as diferenças interindividuais

Clark e Lyons (2011) trabalham com a premissa de que a diferença entre indivíduos que realmente deve ser considerada é o conhecimento prévio, em detrimento dos estilos de aprendizagem. Pois, segundo as autoras, todos os alunos novatos ao conteúdo são aprendizes visuais. A seguir, são apresentadas as diretrizes para potencializar as diferenças interindividuais:

- **Enfatize gráficos para os novatos:** a utilização de gráficos instrucionais pode não ter um efeito significativo entre alunos com alto conhecimento prévio sobre o assunto, pois eles são capazes formar suas próprias imagens mentais sobre o conteúdo. Por outro lado, os alunos novatos que têm pouco conhecimento prévio sobre o conteúdo, têm o aprendizado potencializado pelo uso de gráficos instrucionais.
- **Forneça treinamento instantâneo para auxiliar na interpretação de gráficos complexos:** no caso de o objetivo instrucional exigir a interpretação de gráficos complexos, pode-se oferecer um treinamento rápido que oriente os alunos nesta tarefa.
- **Encoraje todos os alunos a processar os gráficos efetivamente:** os alunos que processam os gráficos contidos em um material instrucional podem aprender melhor. A literatura visual, habilidade que perceber e processar a informação gráfica, é uma expressão de competência metacognitiva. Para estimular o processamento do gráfico, pode ser adicionada uma questão relevante perto deste e assim, torná-lo interativo ao aluno.

Assim, encerram-se as contribuições do design instrucional em termos de orientações para o projeto de GIE. O item seguinte resume as principais contribuições desse tópico em relação aos objetivos da pesquisa.

## ANEXO B – Princípios, características e diretrizes de design visual para o projeto de gráficos instrucionais

Este Anexo apresenta orientações de design visual para o projeto de GIE, na forma de características, princípios e diretrizes. Essas contribuições foram coletadas a partir de Pettersson (2013a) e Frascara (2004) e dizem respeito às propriedades da linguagem visual, às questões de interação com usuário que consideram a percepção, compreensão e memória, e à representação de gráficos e textos combinados.

A Figura 73 resume as orientações de design visual coletadas com o intuito de auxiliar no projeto de GIE. Nos próximos itens estas orientações são apresentadas em maior detalhamento.

Figura 73 - Orientações de design visual visando auxiliar no projeto de GIE.

### Orientações de design visual

Características	Princípios	Diretrizes
Características de linguagem visual <i>(Pettersson, 2013a)</i>	Princípios de design da mensagem <i>(Pettersson, 2013b)</i>	Diretrizes de legibilidade de gráficos <i>(Pettersson, 2013a)</i>
Características de percepção de mensagens visuais <i>(Pettersson, 2013a)</i>		Diretrizes de legibilidade de cor <i>(Pettersson, 2013a)</i>
Características de compreensão da linguagem visual <i>(Pettersson, 2013a)</i>		Diretrizes de legibilidade de textos <i>(Pettersson, 2013a)</i>
Características de memória para gráficos <i>(Pettersson, 2013a)</i>		Diretrizes de leituraabilidade de gráficos <i>(Pettersson, 2013a)</i>
Características para a apreensão combinada de gráficos e palavras <i>(Pettersson, 2013a)</i>		

Fonte: o autor.

Segundo Pettersson (2013a) para produzir mensagens visuais é importante compreender as principais características, possibilidades e restrições da linguagem visual e dos gráficos. Dessa forma, o mesmo autor indica uma série de características, a partir de revisões de literatura e de seus próprios descobrimentos, que auxiliam a entender a construção e

percepção das linguagens visuais e a diferença destas com as linguagens verbais. Para este autor, estas características definem um quadro de referência para a criação de mensagens claras e podem ser utilizadas como diretrizes para esta criação.

A seguir, inicia-se a apresentação das orientações de design visual a partir das características de linguagem visual.

## **CARACTERÍSTICAS DE LINGUAGEM VISUAL**

A seguir apresentam-se as características presentes na linguagem visual relevantes ao projeto de gráficos.

- A linguagem visual utiliza a codificação análoga, empregando combinações de elementos gráficos básicos (pontos, linhas, áreas e volumes) para representar a realidade. Um mesmo conjunto de elementos básicos pode ser combinado para formar diferentes gráficos;
- Os gráficos são icônicos, normalmente referindo-se às coisas que representam. O significado é auto evidente somente em um nível básico ou denotativo, mas para obter-se uma real compreensão do significado de um gráfico, a linguagem visual deve ser aprendida;
- Os seres humanos percebem os gráficos e a linguagem visual da mesma maneira que experimentam a realidade: holística e emocionalmente;
- Os fatores que compõem a linguagem visual estão relacionados aos critérios de conteúdo e execução do gráfico, seu contexto e formato, e a subsequente percepção, aprendizado e memória;
- O conteúdo é mais importante do que execução, contexto e formato. Os gráficos têm forte impacto emocional;
- Os fatores na linguagem visual têm propriedades funcionais e semânticas;
- Um mesmo tema pretendido por ser expresso por meio de diferentes gráficos;
- A efetividade de um gráficos depende da mídia, do tipo de informação e da quantidade de tempo que os alunos possuem para interagir com o material;
- Os tipos de gráficos não são igualmente efetivos: desenhos de linha são mais eficazes em formatos nos quais o tempo de estudo dos alunos é limitado; versões mais realistas de gráficos podem ser mais eficazes quando o tempo de estudo é ilimitado;
- Nenhum gráfico pode ser reconhecido como uma mensagem unívoca – compreendida por todos da mesma forma –, a não ser que se faça uma referência explícita sobre o que esse gráfico se propõe a representar.

## **CARACTERÍSTICAS DE PERCEPÇÃO DE MENSAGENS VISUAIS**

A seguir apresentam-se as características de percepção de mensagens visuais.

- Existem grandes diferenças entre os conceitos *ver*, *olhar* e *ler*;
- Leva-se de 2 a 3 segundos para reconhecer o conteúdo de um gráfico, de 20 a 30 segundos para ler a descrição verbal da mesma imagem, e de 60 a 90 segundos para lê-la em voz alta. Nas linguagens verbal e visual a experiência prévia e o contexto são muito importantes na percepção dos conteúdos;
- O padrão dos movimentos e fixações oculares dependem do que se deseja ou se é indicado a ver em um gráfico;
- A percepção de representações bidimensionais e tridimensionais pressupõe processamento rápido, paralelo, simultâneo e holístico;
- Um determinado gráfico não é igualmente efetivo para alunos em diferentes níveis escolares e com diferentes níveis de conhecimento-prévio;
- Algumas cores têm diferentes significados em diferentes sociedades;
- É pouco provável que exista apenas uma, porém diversas soluções igualmente efetivas para atingir uma comunicação satisfatória. O projeto visual de um gráfico pode ser modificado sem alterar de forma significativa a percepção de seu conteúdo;
- Existe um alto grau de constância perceptual. Pode-se ver um símbolo ou um gráfico a partir distâncias e ângulos distintos e ainda assim captar a mesma percepção do conteúdo da imagem;
- Os gráficos quantitativos podem auxiliar aos leitores ver e compreender padrões complexos;
- Gráficos simples e estilizados são mais eficazes do que gráficos complexos.

## **CARACTERÍSTICAS DE COMPREENSÃO DA LINGUAGEM VISUAL**

A seguir apresentam-se características presentes na compreensão da linguagem visual.

- Pode-se diferenciar entre compreensão imediata e compreensão analítica dos gráficos;
- Diferentes tarefas podem levar a diferentes interpretações dos conteúdos dos gráficos. Algumas tarefas levam à interpretação em um nível cognitivo baixo, e outras, em um nível cognitivo alto;
- Diferentes pessoas podem entender e descrever um mesmo gráfico de diferentes maneiras;

- A compreensão de uma figura humana é mais alta quando o gráfico retrata o corpo inteira, ao invés de partes do corpo;
- Gráficos que contêm conteúdos abstratos são compreendidos de maneiras mais variadas do que os gráficos contendo conteúdos concretos. Ao descrever conteúdos abstratos, as pessoas utilizam-se de termos concretos;
- Gráficos são produtos culturais compartilhados por indivíduos;
- Gráficos são compreendidos dentro de um quadro individual de referência;
- A lógica visual é associacionista, pois funciona buscando fazer sentido de elementos distintos combinando-os em uma espécie de história visual que comunica-se mais claramente com as emoções;
- Até mesmo gráficos simples podem causar diferentes associações;
- Cada indivíduo posiciona a informação disponível em um contexto pessoal mais amplo e expandido;
- Indivíduos são aparentemente capazes de atribuir mais informações do que estão explicitadas em um dado gráfico;
- A leiturabilidade de um gráfico está positivamente correlacionada à avaliação estética e utilidade no ensino. A avaliação estética e a utilidade no uso em escolas também são fortemente correlacionadas;

## **CARACTERÍSTICAS DE MEMÓRIA PARA GRÁFICOS**

Este item descreve características envolvidas na memória para gráficos.

- A memória visual é muito rápida;
- A memória para gráficos é superior em relação à memória para palavras. Isso é chamado de *efeito da superioridade pictórica*;
- A memória para a combinação gráfico-palavra é superior à memória para gráficos ou palavras sozinhos;
- Gráficos permitem ao aluno processar a informação simultaneamente em diversos níveis;
- Gráficos carregados emocionalmente podem melhorar a motivação para a leitura e, assim, melhorar a memória;

## **CARACTERÍSTICAS PARA A APRESENTAÇÃO COMBINADA DE GRÁFICOS E PALAVRAS**

A seguir, apresentam-se características relacionadas à apresentação combinada de gráficos e palavras.

- Qualquer mensagem pode ser transmitida utilizando representações verbais e visuais;
- Existem diversas oportunidades de transmitir uma mensagem;
- Gráficos relevantes aos textos facilitam a aprendizagem de leitura de prosa;
- Quando os gráficos fornecem informações redundantes ao texto, a aprendizagem de informações no texto será facilitada;
- Quando os gráficos são irrelevantes ao conteúdo da prosa podem ter efeito negativo;
- Textos e gráficos são linguagens completamente diferentes que complementam-se mutuamente;
- Textos e gráficos podem ser projetados e percebidos de muitas formas diferentes;
- As possibilidades de combinação entre textos e gráficos são virtualmente ilimitadas. As trocas entre textos, gráficos e forma gráfica necessitam ser estudadas cuidadosamente até se chegar a combinações ótimas;
- Para atingir o máximo impacto de um gráfico, o mesmo deve ser introduzido antes de apresentado. Cria-se um pré-entendimento de como o gráfico pode ser interpretado, baseado no contexto em que o gráfico é exibido.
- Os gráficos, em sua grande maioria, estão sujeitos a diversas interpretações até serem ancorados por uma legenda;
- Os gráficos utilizados com propósitos informacionais devem ser sempre acompanhados de legendas. Esta é a única maneira de garantir que a informação transmitida por estes seja clara e sem ambiguidades. Mesmo gráficos simples necessitam de legendas claras para serem transmitidos de forma verbal;
- As legendas devem ser escritas cuidadosamente, pois influenciam fortemente a interpretação do conteúdo do gráfico. Em grande parte, os leitores de um gráfico interpretam aquilo que está sendo indicado que vejam;
- Se os gráficos não estão discutidos e explicados, provavelmente não serão compreendidos adequadamente;
- Os aprendizes têm maior capacidade de construir conexões entre representações verbais e visuais quando os textos e gráficos estão ativos na memória ao mesmo tempo. Isso ocorre quando textos e gráficos são apresentados próximos na mesma

página de um livro, ou quando os aprendizes têm experiência suficiente para gerar suas próprias imagens mentais enquanto leem o texto;

Com este item, encerram-se as orientações de design visual na forma de características. O próximo item apresenta os princípios de design da mensagem.

## PRINCÍPIOS DE DESIGN DA MENSAGEM

Alguns princípios básicos que podem ser utilizados como norteadores no design da informação são: simplicidade, clareza e objetividade (MIJKSENAAR, 1997). No design da mensagem, os princípios utilizados devem contribuir para o desenvolvimento de mensagens, assim como materiais informativos e de aprendizagem efetivos e eficientes. Os princípios de design da mensagem são apresentados na Figura 74 e podem ser divididos em quatro áreas – princípios funcionais (verde), administrativos (azul), estéticos (vermelho) e cognitivos (amarelo) (PETTERSSON, 2013b).

Figura 74 – Princípios de design da mensagem.

Harmonia	Acesso à informação	Custos da informação	Ética da informação
Proporção estética	Facilitar a atenção	Facilitar a percepção	Assegurar qualidade
Definir os problemas	Facilitar o processamento	Facilitar a memória	Proporcionar ênfase
Proporcionar estrutura	Proporcionar clareza	Proporcionar simplicidade	Proporcionar unidade

<span style="color: red;">■</span>	Princípios estéticos
<span style="color: blue;">■</span>	Princípios administrativos
<span style="color: yellow;">■</span>	Princípios cognitivos
<span style="color: green;">■</span>	Princípios funcionais

Fonte: traduzido de Pettersson (2013b, p. 119).

Os princípios são apresentados nos itens seguintes juntos às suas definições e indicações de diretrizes, considerando os elementos contidos no modelo comunicacional que abrange o

emissor e os receptores da mensagem, a representação, e o contexto no qual ocorre a interação entre estes. Os princípios são descritos segundo (PETTERSSON, 2013b).

## Princípios funcionais

São seis os princípios funcionais apresentados neste tópico: definir o problema, fornecer estrutura, proporcionar clareza, proporcionar simplicidade, proporcionar ênfase, proporcionar unidade.

- *Definir o problema:* é importante planejar a abordagem de trabalho, partindo da análise do emissor, do receptor pretendido, da mensagem pretendida e selecionando o meio adequado;
- *Proporcionar estrutura:* a estrutura de um livro fornece ao leitor uma visão geral das suas partes. Uma estrutura clara e óbvia facilitará a percepção, interpretação, compreensão, aprendizagem e memória do conteúdo informacional. Assim, o designer da informação deve desenvolver uma estrutura clara para o conteúdo; limitar o número de níveis da estrutura; mostrar a hierarquia e estrutura por meio do design gráfico;
- *Proporcionar clareza:* a legibilidade de uma mensagem gráfica é determinada pela execução técnica dos textos e figuras, ou seja, sua clareza. O conteúdo deve sobressair-se claramente do fundo. De forma geral, os materiais informacionais devem ser o mais claros, simples, sem ambiguidades e transparentes possível. Devem ser evitadas tipografias incomuns, muito grandes ou muito pequenas, e estas devem estar adequadas aos meios de exibição. Um mensagem tem boa legibilidade se é fácil de ler e possui distinção clara entre as partes da mensagem. A legibilidade pode ser medida objetivamente e pode-se avaliar sua qualidade a partir do entendimento do conteúdo da mensagem. O designer da informação deve considerar a legibilidade de textos impressos no papel, exibidos e projetados na tela, assim como a legibilidade de figuras, de leiaute, de símbolos, de números, e de cores.
- *Proporcionar simplicidade:* a leiturabilidade está relacionada à adaptação do conteúdo e de sua apresentação aos leitores. O leitor deve ser capaz de entender o estilo do texto, o estilo das figuras e o estilo da forma gráfica. O estilo é composto pela escolha de palavras, símbolos e elementos das figuras. Existe uma relação próxima entre o princípio da simplicidade e diretrizes que visam facilitar os processos cognitivos como a percepção, processamento e memória. Este é um dos

princípios mais importantes no design da informação. O designer da informação deve-se preocupar-se em oferecer legibilidade de textos, figuras, e forma gráfica.

- *Proporcionar ênfase*: os elementos mais importantes de uma informação devem ser enfatizados para estimular a atenção e a percepção. A ênfase pode ser utilizada para atrair, direcionar e manter a atenção. O designer da informação deve utilizar elementos específicos, utilizar contrastes evidentes, assim como, utilizar variáveis como complexidade, direcionalidade, características exageradas, humor, isolamento ou movimento para dar ênfase.
- *Proporcionar unidade*: os materiais informacionais devem ter unidade, uma coerência geral e unificação destes. As inconsistências podem confundir os receptores. Existe a proximidade entre as diretrizes que visam a unidade e as que visam harmonia. Para se alcançar a unidade o designer da informação deve utilizar o estilo e a terminologia, o layout e a tipografia, bem como, as técnicas de realce de forma consistente.

## Princípios administrativos

Os princípios administrativos subdividem-se em quatro princípios de design: acesso à informação, custos da informação, ética da informação, e assegurar a qualidade.

- *Acesso à informação*: este princípio garante aos usuários o acesso aos fatos e informações quando eles precisam, considerando o meio de entrega e o sistema de distribuição. Assim, a acessibilidade pode ser externa e interna. A acessibilidade externa faz com que o material seja adequado ao local onde será armazenado. Portanto, devem-se considerar aspectos como a adaptação dos materiais aos sistemas de armazenamento, o uso de padrões internacionais (e.g., ISO papel A4), e questões de segurança da informação. Por outro lado, a acessibilidade interna faz com que o usuário consiga acessar os conteúdos relevantes dentro de um material informacional. Assim, devem-se considerar a criação de índices adequados e o uso de outros sistemas de buscas, o contraste claro entre figura e fundo, o uso de um contexto de suporte para conteúdos informacionais importantes.
- *Custos da informação*: o designer da informação deve ter controle sobre os custos do design e da produção dos materiais informacionais. Também, deve-se prever custos relativos à produção técnica, distribuição e armazenamento. Além disso, pode-se evidenciar o fato que documentos com boa legibilidade e boa legibilidade são economicamente vantajosos, enquanto que seus opostos trazem

prejuízos. Um planejamento de design adequado tornam a produção simples e de baixo custo.

- *Ética da informação*: o designer da informação deve respeitar os direitos autorais assim como outras leis e regulamentações relacionadas ao designer, produção, distribuição, armazenamento e uso dos materiais informacionais. Outro aspecto que deve ser evitado é a manipulação de imagens para fornecer uma mensagem distorcida e desonesta ao receptor.
- *Assegurar qualidade*: um material de alta qualidade tem uma estrutura distinta, é relevante, legível e leiturável para o público-alvo. Esses materiais tornam o cotidiano mais fácil para receptores que necessitam de informação e trazem aos emissores retorno econômico e credibilidade. O conteúdo da mensagem é mais importante do que o seu contexto, execução e formato. Os dados e fatos devem ser relevantes à situação. A utilização de materiais de baixa qualidade pode levar a um aprendizado errado, o que significa maiores riscos aos usuários e tempo e dinheiro gastos desnecessariamente. Para assegurar a qualidade o designer da informação deve controlar as diferentes versões dos documentos, revisar o material em relação à credibilidade, design gráfico, objetivos de design, estrutura, estilo, e terminologia. Além disso, deve convidar usuários para avaliar o material informacional.

## Princípios estéticos

Os princípios estéticos podem trazer maior atratividade aos materiais informacionais, pois um material de informação esteticamente atraente faz com que este seja notado e utilizado melhor do que um material sem qualidades estéticas. Este tópico apresenta os princípios de harmonia e proporção estética.

- *Harmonia*: a harmonia no design significa que as decisões, assim como os elementos de design resultantes combinam bem em conjunto, formando relações harmoniosas. O designer da informação deve desenvolver modelos padronizados e utilizá-los no design gráfico, assim como encontrar o equilíbrio entre os elementos de design.
- *Proporção estética*: a proporção é um conceito matemático, enquanto a estética é uma questão de percepção subjetiva. Formatos básicos de proporção estética são baseados na razão áurea (i.e., 3:5, 5:8, 8:13, etc.). Neste caso, o designer da informação deve descobrir as preferências do receptor sobre proporções estéticas,

ser cuidadoso ao aplicar a razão áurea, nunca misturar o uso decorativo da cor com importância cognitiva.

## Princípios cognitivos

Os princípios cognitivos relacionam-se à criação de significado pelo usuário. O uso de linguagem complicada em textos, figuras e formas gráficas prejudica a compreensão de qualquer mensagem. Este tópico abrange os princípios de facilitar a atenção, facilitar a percepção, facilitar o processamento e facilitar a memória.

- *Facilitar a atenção*: um dos primeiros desafios do designer da informação é capturar a atenção do usuário, e depois mantê-la. O material de informação deve constantemente redirecionar a atenção para manter o interesse ativo dos leitores no material.
- *Facilitar a percepção*: a percepção se refere aos processos em que pessoas e animais obtêm informações do mundo externo, ao perceber, organizar e analisá-las. Os elementos como cores, ilustrações, imagens, linhas, figuras, sons, símbolos, textos e palavras, devem ser integrados de forma a serem interpretados como um todo significativo ao invés da soma dos elementos individuais.
- *Facilitar o processamento mental*: tendo em vista o fato de que as mesmas palavras podem ter diferentes significados para grupos de pessoas (i.e., culturas distintas), o designer deve conhecer o público para o qual está desenvolvendo. De forma geral, a informação deve ser simples, clara e sem ambiguidades. Entretanto, em qualquer apresentação, a informação pode ser enriquecida com uma gama de detalhes.
- *Facilitar a memória*: para tal fim, o designer da informação deve apresentar poucos elementos informativos simultaneamente, fornecer conteúdos relevantes e, apresentar os textos e ilustrações próximos uns dos outros.

Com este item encerra-se a apresentação dos princípios de design visual para auxiliar no projeto de GIE. A seguir apresentam-se os conjuntos de diretrizes visando o mesmo propósito, elaborados por Pettersson (2013a).

## DIRETRIZES DE LEGIBILIDADE DE GRÁFICOS

A seguintes diretrizes destinam-se a proporcionar legibilidade aos gráficos.

- Use elementos gráficos impactantes e grandes o suficiente para serem lidos;
- Use um guia de estilo para elementos gráficos em figuras esquemáticas;

- Configure as palavras nos gráficos de forma impactantes e grandes o suficientes para serem lidas;

## **DIRETRIZES DE LEGIBILIDADE DE COR**

A seguintes diretrizes destinam-se a proporcionar legibilidade à cor.

- As diretrizes presentes neste e no próximo itens baseiam-se em Pettersson (2013c).
- Utilize uma cor de fundo clara ou escura adequada ao conteúdo, e então utilize uma cor com bom contraste para a figura ou texto;
- Certifique-se que as diferenças entre cores estão evidentes e óbvias.

## **DIRETRIZES DE LEGIBILIDADE DE TEXTOS**

A legibilidade de textos pode ser dividida considerando os seguintes formatos: mídia impressa; pôsteres informativos; tela de computador; textos projetados.

Para a legibilidade de mídia impressa:

- Use tipografia clara, direta, simples e transparente;
- Use uma fonte comum, entre 9 e 12 pontos, para um texto contínuo em um livro, um panfleto, ou um relatório;
- Restrinja o número de fontes, utilize somente poucas por material informativo;

Para a legibilidade de pôsteres informativos:

- Use o texto forte e grande o suficiente, ajustando à distância de leitura;
- Use letras em caixa-baixa e evite o uso de todas em caixa-alta para o texto corrido;
- Restrinja o número de fontes;

Para a legibilidade de telas de computador:

- Use fontes projetadas para a exibição em tela;
- Utilize texto em preto sobre um fundo branco ou amarelo;
- Evite o uso de todas as letras em caixa-alta;

Para a legibilidade de textos projetados:

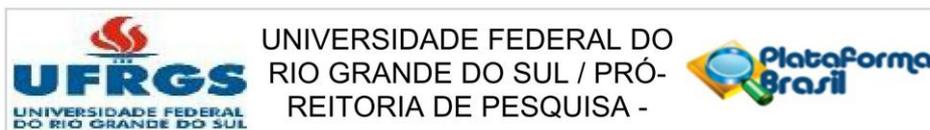
- Utilize até seis linhas de seis palavras em cada imagem (slide), configurados em uma fonte linear, com caracteres grandes e fortes o suficiente para a leitura;
- Mantenha um bom contraste entre o plano frontal e o plano de fundo;
- Evite preenchimentos de fundo com gradientes e tonais;

## **DIRETRIZES DE LEITURABILIDADE DE GRÁFICOS**

A seguintes diretrizes destinam-se a proporcionar leitura aos gráficos.

- Escreva legendas para explicar os gráficos;
- Escolha ilustrações cuidadosamente e utilize técnicas de sequenciamento visual para apresentar ideias complexas;
- Descarte gráficos e elementos gráficos desnecessários e evite o detalhamento excessivo do gráfico;

## ANEXO C – Parecer consubstanciado do Comitê de Ética na Pesquisa (CEP/UFRGS)



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Proposição de diretrizes para o projeto de gráficos instrucionais estáticos de qualidade

**Pesquisador:** Régio Pierre da Silva

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 39550714.5.0000.5347

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 936.462

**Data da Relatoria:** 10/12/2014

#### Apresentação do Projeto:

A pesquisa objetiva contribuir com a proposição de diretrizes para o projeto de gráficos instrucionais estáticos, visando contribuir para a qualidade dos mesmos. Como fundamentação teórico-metodológica, buscaram-se conhecimentos nas áreas do design instrucional e design visual, englobando aspectos desses gráficos, da instrução e aprendizagem, e do âmbito do projeto visual. A metodologia da pesquisa será desenvolvida em três fases principais, nas quais serão: levantadas orientações de projeto; sintetizado um conjunto de diretrizes de projeto de gráficos instrucionais estáticos; verificada a qualidade desses gráficos por meio da aplicação das diretrizes e avaliação com especialistas de conteúdo e de design visual. Por fim, serão descritas as principais contribuições desta pesquisa e realizadas sugestões para trabalhos futuros.

#### Objetivo da Pesquisa:

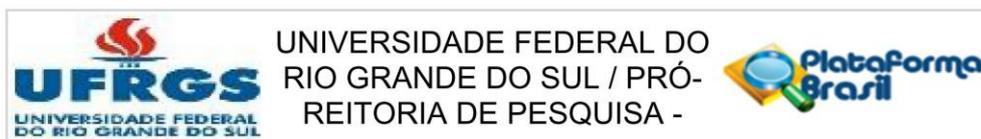
Primário:

- Propor diretrizes de projeto que contemplem aspectos de forma, conteúdo e interação com o usuário para contribuir para a qualidade dos gráficos instrucionais estáticos.

Secundários:

- Apresentar o conceito de gráficos instrucionais para identificar os fatores que influenciam no

**Endereço:** Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro  
**Bairro:** Farroupilha **CEP:** 90.040-060  
**UF:** RS **Município:** PORTO ALEGRE  
**Telefone:** (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 936.462

projeto dos mesmos;

- Identificar nos conhecimentos de design instrucional princípios, diretrizes e características que auxiliem no projeto visual de gráficos instrucionais estáticos;
- Identificar nos conhecimentos de design visual princípios, diretrizes e características que auxiliem no projeto visual de gráficos instrucionais estáticos, bem como, compreender a qualidade desses gráficos;
- Relacionar os conhecimentos de design instrucional e design visual para que possibilitem orientar o projeto visual de gráficos instrucionais;
- Propor um conjunto de diretrizes de projeto para contribuir para a qualidade dos gráficos instrucionais estáticos;
- Verificar a qualidade dos gráficos projetados por meio da aplicação das diretrizes no projeto de gráficos e da avaliação desses gráficos por especialistas;

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Os riscos e benefícios estão corretamente avaliados.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

A pesquisa está bem estruturada e amparada em sólida bibliografia. Os passos da pesquisa estão devidamente detalhados no projeto e o cronograma e orçamento estão adequados.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Todos os termos foram apresentados.

**Recomendações:**

Não há recomendações adicionais.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Não há pendências.

Atenção: Atentar para o número de telefone do CE-UFRGS que deve ser corrigido para: 33083738.

**Situação do Parecer:**

Aprovado

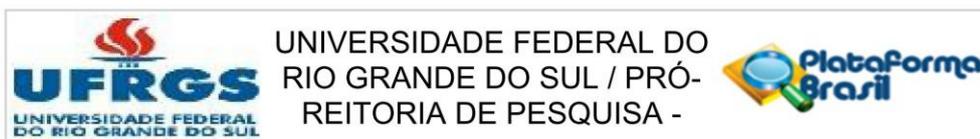
**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Aprovado.

**Endereço:** Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro  
**Bairro:** Farroupilha **CEP:** 90.040-060  
**UF:** RS **Município:** PORTO ALEGRE  
**Telefone:** (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 936.462

PORTO ALEGRE, 22 de Janeiro de 2015

---

**Assinado por:**  
**José Artur Bogo Chies**  
**(Coordenador)**

**Endereço:** Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro  
**Bairro:** Farroupilha **CEP:** 90.040-060  
**UF:** RS **Município:** PORTO ALEGRE  
**Telefone:** (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** [etica@propesq.ufrgs.br](mailto:etica@propesq.ufrgs.br)

# ANEXO D – Plano de ensino de geometria descritiva (ARQ03317)

UFRGS | Planos de Ensino

<https://www1.ufrgs.br/Graduacao/xInformacoesAcademicas/...>

## Faculdade de Arquitetura Departamento de Design e Expressão Gráfica

### Dados de identificação

Período Letivo: **2013/2**

Professor Responsável:

Disciplina: **GEOMETRIA DESCRITIVA II-A**Sigla: **ARQ03317**

Créditos: 2

Carga Horária: 30

### Súmula

Fundamentos da expressão gráfica. Métodos atuais de representação. Representação da forma e posição. Deslocamentos. Vistas auxiliares. Seções.

### Currículos

Currículos	Etapa Aconselhada	Natureza
ENGENHARIA DE MINAS	1	Obrigatória
ENGENHARIA ELÉTRICA	1	Obrigatória
ENGENHARIA METALÚRGICA	1	Obrigatória
ENGENHARIA MECÂNICA	1	Obrigatória
ENGENHARIA CARTOGRÁFICA - NOTURNO	1	Obrigatória
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	1	Obrigatória
ENGENHARIA QUÍMICA	3	Obrigatória
ENGENHARIA CIVIL	1	Obrigatória
ENGENHARIA AMBIENTAL	1	Obrigatória
ENGENHARIA DE MATERIAIS	2	Obrigatória
ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO	1	Obrigatória
ENGENHARIA DE ENERGIA	1	Obrigatória

### Objetivos

1. Capacitar os alunos nas técnicas de representação e de solução de problemas geométricos de objetos tridimensionais através de conceitos de dupla projeção;
2. Utilizar os conceitos de Geometria Descritiva como ferramenta para o projeto geométrico de objetos tridimensionais.
3. Desenvolver o raciocínio lógico tridimensional e a visão espacial;

**Conteúdo Programático**

Semana	Título	Conteúdo
1	Sistema Mongeano	Sistemas Projetivos; Sistema Mongeano [Dupla Projeção, Sistema de Referência]: características, nomenclatura, coordenadas, planificação do sistema (épura), marcação de coordenadas;
2 a 4	Representação de sólidos facetados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tipos de projeções de faces e arestas: projeções acumuladas, reduzidas e em verdadeira grandeza, pertinência. HyperCAL 3D e HyperCALOnline.</li> <li>Posições relativas de faces e arestas;</li> <li>Posições particulares de arestas e faces em relação ao Sistema de Projeção Mongeano: Os sete tipos de faces e sete tipos de arestas</li> </ul>
5	Mudança de Sistema de Referência (MSR) Primárias	Princípios da MSR; Aplicações da MSR para: obter VG de arestas oblíquas, obter VG de faces acumuladas de sólidos, acumular arestas e acumular faces.
6 a 10	Mudança de Sistema de Referência (MSR) Múltiplas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Princípios das MSR múltiplas; aplicações de MSR múltiplas para: obter VG das faces de um sólido. Planificação do sólido.</li> <li>Aplicações de MSR múltiplas para: obter ângulo entre faces, obter distância entre arestas e entre arestas e faces.</li> <li>Aplicações de MSR múltiplas para: obter vistas principais de um sólido.</li> <li>Aplicações de MSR múltiplas para: obter perspectivas axonométricas de sólidos a partir de vetor de visualização ou ponto de vista.</li> </ul>
11 a 16	Modelagem de Sólidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interseção de reta e plano com sólido: princípios, aplicações.</li> <li>Modelagem de sólidos por cortes e extrusão: princípios e aplicações.</li> <li>Utilização do conceito de distância no processo de modelagem tridimensional.</li> <li>Aplicações.</li> </ul>
17	Avaliações Finais	Prova de avaliação final
18	Recuperação	Provas de Recuperação e Exame

**Metodologia**

A metodologia utiliza objetos sólidos como suporte das entidades geométricas abstratas. Desta forma, os pontos são analisados como vértices, as retas são vistas como arestas e planos são entendidos como faces de um objeto sólido facetado. Esta abordagem permite utilizar a experiência concreta prévia para promover a aprendizagem de processos e conceitos abstratos próprios da geometria descritiva. Assim, todos os conceitos e ferramentas da geometria descritiva são estudados de forma contextualizada no âmbito da análise e do projeto geométrico de objetos sólidos.

**Carga Horária**

Teórica: 15 horas  
Prática: 15 horas

**Experiências de Aprendizagem**

Prática de solução de exercícios que envolvam análise e projetos de objetos sólidos facetados a partir de representações em épura, utilizando as técnicas e ferramentas da geometria descritiva, através do uso dos instrumentos de desenho e da abordagem da aprendizagem baseada em projetos. Estas atividades são realizadas tanto em classe como extraclasse seguindo um roteiro padrão elaborado pelos professores da disciplina. Estas atividades são experiências de aprendizagem e também constituem parte do processo de avaliação dos alunos na disciplina. Durante todo o curso, é utilizado um software (HyperCAL3D), desenvolvido especialmente para a disciplina, onde os alunos podem visualizar os objetos de estudo e, ainda, vivenciar de forma virtual os conceitos de Geometria Descritiva.

Avaliações: 2 provas e trabalhos desenvolvidos ao longo da disciplina em sala de aula.

### Bibliografia

#### Básica Essencial

Borges, Gladys Cabral de Mello; Barreto, Deli Garcia Olle; Martins, Enio Zago - Noções de geometria descritiva :teoria e exercícios - Editora Sagra-Dc Luzzatto (ISBN: 8572370072)

#### Básica

Di Pietro, Donato - Geometria descritiva - Editora Alsina

Teixeira FG e Silva RP - Apostila Geometria Descritiva: Design-Based Learning. Departamento de Expressão Gráfica - UFRGS

#### Complementar

Kathryn Ann Holliday-Darr - Applied Descriptive Geometry - Editora Delmar Cengage Learning (ISBN: 0827379129)

Machado , A. - Geometria Descritiva - Editora Mc Graw Hill

MINOR CLYDE HAWK - Schaum's Outline Series, Theory and Problems of Descriptive Geometry - Editora McGraw-Hill (ISBN: B0007DO3X0)

Montenegro, G. - Geometria Descritiva - Editora Blucher

Principe Júnior, A. R. - Geometria Descritiva - Editora Ed. Nobel (ISBN: 85-213-0161-8)

Rodrigues, A. - Geometria Descritiva V.1 - Editora Livros Técnicos Ed. SA

### Outras Referências

**Não existem outras referências para este plano de ensino.**

### Observações

Nenhuma observação incluída.

Este trabalho foi realizado com o apoio da CAPES.