



PGDESIGN | Programa de Pós-Graduação
Mestrado | Doutorado



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

Felipe Schneider Viaro

FRAMEWORK PARA A PRODUÇÃO DE GRÁFICOS INSTRUÇÃOAIS
TÁTEIS NAS INSTITUIÇÕES FEDERAIS DE ENSINO SUPERIOR

Tese de Doutorado

Porto Alegre

2022

FELIPE SCHNEIDER VIARO

**Framework para a produção de gráficos instrucionais táteis
nas Instituições Federais de Ensino Superior**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Design.

Orientador: Prof. Dr. Régio Pierre da Silva

Porto Alegre

2022

CIP - Catalogação na Publicação

Schneider Viaro, Felipe
FRAMEWORK PARA A PRODUÇÃO DE GRÁFICOS INSTRUÇÃOAIS
TÁTEIS NAS INSTITUIÇÕES FEDERAIS DE ENSINO SUPERIOR /
Felipe Schneider Viaro. -- 2022.
261 f.
Orientador: Régio Pierre da Silva.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de
Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. Framework. 2. Gráficos Instrucionais Táteis. 3.
Pessoa com Deficiência Visual. I. Pierre da Silva,
Régio, orient. II. Título.

Felipe Schneider Viaro

**FRAMEWORK PARA A PRODUÇÃO DE GRÁFICOS INSTRUACIONAIS TÁTEIS
NAS INSTITUIÇÕES FEDERAIS DE ENSINO SUPERIOR**

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

Porto Alegre, 6 de maio de 2022.

Prof. Dr. Fábio Pinto 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^a. Dr^a. Andréa Poletto Souza

Pró-reitoria de Ensino - IFRS - Examinador externo

Prof. Dr. Fernando Batista Bruno

Departamento de Design e Expressão Gráfica (DEG) - UFRGS – Examinador Externo

Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira

Departamento de Design e Expressão Gráfica (DEG) - UFRGS – Examinador Interno

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente ao meu orientador, Prof. Dr. Régio Pierre da Silva, por me guiar ao longo de toda a minha jornada acadêmica com muita compreensão e sabedoria. Aos professores e colegas do laboratório VID, que através das inúmeras trocas, ajudaram a me formar como pessoa e como doutor em design. Agradeço também aos professores da banca, Prof. Dr. Fábio Teixeira, Prof. Dr. Fernando Bruno e Profa. Dra. Andréa Poletto.

Este trabalho só foi viável porque os Núcleos de Acessibilidade das IFES abriram suas portas e colaboraram compartilhando seus processos e seus espaços. Obrigado aos integrantes do Núcleo Incluir da UFRGS e aos integrantes do CTA da IFRS.

Agradeço à CAPES, por financiar esta pesquisa.

RESUMO

Nas Instituições Federais de Ensino Superior, os Núcleos de Acessibilidade são responsáveis pela produção de materiais instrucionais adaptados, incluindo a produção de Gráficos Instrucionais Táteis (GIT) para Pessoas com Deficiência Visual (PCDV). A produção nesses núcleos realiza-se de forma empírica e utilizando métodos de produção artesanais, aspectos que podem comprometer a autonomia das equipes e a qualidade dos GIT gerados. O campo do Design conta com abordagens projetuais, métodos, técnicas, ferramentas e tecnologias de produção que, apoiados pelo conhecimento específico em GIT, podem ser aproveitados no projeto de GIT. Assim, questiona-se: como os conhecimentos projetuais e metodológicos do design podem contribuir para o processo de projeto e desenvolvimento de GIT para PCDV? O objetivo deste trabalho é propor um *framework* que contribua para o processo de projeto e desenvolvimento de GIT, considerando os Núcleos de Acessibilidade. O quadro teórico está estruturado em três eixos temáticos – produto, contexto e processo - explorando os GIT; a acessibilidade nas IFES; e o projeto de GIT. A metodologia da pesquisa é desenvolvida em quatro fases. No conhecimento do contexto de projeto (i), ocorre o mapeamento do processo projetual de GIT nas IFES do RS, além das entrevistas com professores de PCDV. Como resultado desta fase, obtêm-se os critérios para a criação do *framework*. Na sistematização do *framework* (ii), desenvolve-se a versão preliminar do *framework* a partir do relacionamento entre os métodos, técnicas e ferramentas projetuais e sua estrutura e formatos, com base nos critérios definidos. O desenvolvimento de GIT e observação (iii) engloba a criação de GIT utilizando o processo de projeto usual do núcleo de acessibilidade e a observação indireta desse processo; a criação e observação indireta ocorrem de maneira simulada utilizando o *framework* preliminar. Na fase de verificação e revisão (iv) verifica-se a aplicabilidade do *framework* proposto através de análises e interpretações e realizam-se os ajustes necessários. O principal resultado da pesquisa é o GIT+, é um *framework* sistematizado que traz uma estrutura projetual acessível e de fácil aprendizado, contendo métodos, técnicas e ferramentas que auxiliam a equipe na tomada de decisões de projeto e no processo de criação de GIT. O GIT+ foi elaborado com base nos processos existentes nas IFES e em processos presentes no quadro teórico, sendo disponibilizado em 3 formatos que variam em nível de aprofundamento e concisão: visão geral, visão em detalhe e Guia de Uso. Assim, o GIT+ traz melhorias aos processos usuais de desenvolvimento de GIT observados, proporcionando maior autonomia e apoio à equipe projetual, com o uso de métodos, técnicas e ferramentas, além do uso de métodos de fabricação digital. Nesse sentido, projetistas, alunos e professores se beneficiam de maneira direta com a realização da pesquisa; de maneira indireta, fomenta-se a inclusão educacional e no mundo de trabalho de PCDV. A presente pesquisa contribui para o desenvolvimento do campo teórico do projeto de GIT e à promoção da acessibilidade nas IFES.

Palavras-chave: *framework*. Gráficos Instrucionais Táteis; Pessoa com Deficiência Visual.

ABSTRACT

In federal institutions of university education, the accessibility centers are responsible for the production of adapted instructional materials, including the production of Tactile Instructional Graphics (GIT) for Visually Impaired People (PCDV). The production in these centers is carried out empirically and using artisanal production methods, aspects that can compromise the autonomy of the teams and the quality of the resulting GIT. The field of Design has design approaches, methods, techniques, tools and production technologies that, supported by specific knowledge in GIT, can be used in GIT design. Thus, the question is: how can projectual and methodological knowledge of design contribute to the design and development process of GIT for PCDV? The objective of this work is to propose a framework that contributes to the design and development process of GIT, considering the Accessibility Cores. The theoretical framework is structured in three thematic axes – product, context and process – exploring the GIT; accessibility in IFES; and the GIT project. The research methodology is developed in four phases. In the knowledge of the project context (i), the mapping of the design process of GIT in the IFES of RS occurs, in addition to the interviews with teachers of PCDV. As a result of this phase, the criteria for creating the framework are obtained. In the systematization of the framework (ii), the preliminary version of the framework is developed from the relationship between the methods, techniques and design tools and its structure and formats, based on the defined criteria. GIT development and observation (iii) encompasses the creation of GIT using the usual accessibility core design process and indirect observation of this process; creation and indirect observation occur in a simulated way using the preliminary framework. In the verification and review phase (iv) the applicability of the proposed framework is verified through analyzes and interpretations and the necessary adjustments are made. The main result of the research is the GIT+, it is a systematized framework that brings an accessible and easy-to-learn design structure, containing methods, techniques and tools that help the team in making project decisions and in the process of creating GIT. The GIT+ was prepared based on the existing processes in the IFES and on processes present in the theoretical framework, being available in 3 formats that vary in depth and brevity: overview, detailed view and User Guide. Thus, GIT+ brings improvements to the usual GIT development processes observed, providing greater autonomy and support to the design team, with the use of methods, techniques and tools, in addition to the use of digital fabrication methods. In this sense, designers, students and teachers benefit directly from carrying out the research; indirectly, it promotes the educational and working world inclusion of PCDV. This research contributes to the development of the theoretical field of the GIT project and to the promotion of accessibility in IFES.

Keywords: Framework. Tactile Instructional Graphics; Visually Impaired.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de deficiência e deficiência severa.....	18
Figura 2 – Mapa tátil do Rio Grande do Sul.....	21
Figura 3 - Materiais instrucionais táteis produzidos pelo Incluir/UFRGS.....	23
Figura 4 – Processo projetual Incluir/UFRGS.....	25
Figura 5 – Cadeia causal da deficiência visual.....	33
Figura 6 – Formação de pessoas com e sem deficiência.....	35
Figura 7 – Gráfico instrucional estático e sua adaptação em gráfico instrucional tátil.....	40
Figura 8 – Fotografia e transcrição de sua audiodescrição como exemplos de formatos de conteúdo.....	42
Figura 9 – Informação apresentada segundo diferentes funções comunicacionais.....	43
Figura 10 – Integração espacial entre gráficos e textos.....	44
Figura 11 – Exemplo de funções semânticas dos gráficos.....	46
Figura 12 – Unidades de aprendizagem e abrangência dos materiais instrucionais.....	47
Figura 13 – Métodos instrucionais variáveis.....	51
Figura 14 – Teoria da comunicação.....	52
Figura 15 – Gráfico estático (2D) e Gráficos táteis (2.1D e 2.5D).....	55
Figura 16 – Pintura de referência para diagramas táteis.....	55
Figura 17 – Diagramas táteis em versões digitais e protótipos físicos.....	56
Figura 18 – Obra A Persistência da Memória e sua adaptação tátil.....	57
Figura 19 – Superfícies em relevo em versões digitais e protótipos físicos.....	58
Figura 20 – Diagramas universais do museu do futebol.....	59
Figura 21 – Gráficos universais do Museu do Amanhã.....	60
Figura 22 – Reprodução de obras em multiformatos táteis.....	61
Figura 23 – Reprodução multiformato da obra de Pedro Alexandrino.....	62
Figura 24 – Três dimensões da experiência visual.....	69
Figura 25 – Componentes da visão funcional.....	70
Figura 26 – Processo perceptivo.....	77
Figura 27 – Modelo da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia.....	78
Figura 28 – Mapa da costa de Maine, Estados Unidos.....	81
Figura 29 – Procedimentos Exploratórios para a Percepção Háptica.....	82
Figura 30 – Acuidade espacial da pele humana.....	84
Figura 31 – Gráfico impresso e gráfico tátil simplificado (urso sonhando).....	88
Figura 32 – Gráfico impresso e gráfico tátil simplificado (festa).....	88
Figura 33 - Representação de uma mesa em perspectiva alterada.....	89
Figura 34 – Gráfico impresso e gráfico tátil simplificado (Trato gastrointestinal).....	90
Figura 35 – Diagrama sequencial de obra de Peter Rubens, <i>The Gathering of the Manna</i> ...91	
Figura 36 - Gráfico original complexo e sua descrição (nota do transcritor).....	92
Figura 37 – Kit de gráficos táteis com livro-guia.....	95
Figura 38 – Caixa de ferramentas do <i>software</i> Tangram.....	95
Figura 39 – Banco de padrões e texturas de preenchimento.....	96
Figura 40 – Modelo de referência para o mapa de profundidade.....	97

Figura 41 - Árvore de decisão para a produção de gráficos táteis	98
Figura 42 - Nota do transcritor	99
Figura 43 - Dificuldades encontradas na exploração de GT	101
Figura 44 - Mapa de empatia (comprando uma TV)	105
Figura 45 - Mapa da jornada do usuário (mudando planos de dados móveis)	106
Figura 46 - Cartas dos Métodos da IDEO	107
Figura 47 - Página do Guia de Campo para o Design Centrado no Humano	109
Figura 48 - DesignKit - métodos	110
Figura 49 - Primeiro nível do Modelo de Tradução de Gráficos 2D para Gráficos Táteis 3D	111
Figura 50 - Principais métodos de produção utilizados e sua familiaridade entre PCDV ..	114
Figura 51 - Página mestra para uso no papel microcapsulado	116
Figura 52 - Página mestra (E) e gráfico tátil (D) saindo da máquina de <i>vacuum-forming</i> ..	117
Figura 53 - Processo de manufatura por camadas	120
Figura 54 - Processo de fabricação de protótipos	121
Figura 55 - <i>Softwares</i> utilizados na produção de gráficos táteis	122
Figura 56 - Planejamento, preparação e gráfico instrucional tátil finalizado	123
Figura 57 - Modelo com diferentes níveis de discretização	124
Figura 58 - Objetivos específicos e Metodologia da pesquisa	126
Figura 59 - Sala de projeto do Incluir/UFRGS	132
Figura 60 - Maquinário do Incluir	132
Figura 61 - Gráficos táteis produzidos pelo Incluir	133
Figura 62 - Processo de desenvolvimento de materiais instrucionais para PCDV	135
Figura 63 - Processo de criação de GIT	135
Figura 64 - Sala de reuniões CTA/IFRS	138
Figura 65 - Oficina CTA/IFRS	139
Figura 66 - Escritórios/salas de projeto CTA/IFRS	140
Figura 67 - GITs desenvolvidos pelo CTA/IFRS	141
Figura 68 - Processo de projeto do CTA	143
Figura 69 - Trello, ferramenta de gestão do processo projetual	145
Figura 70 - Gráfico braille simplificado	151
Figura 71 - Materiais instrucionais para o ensino de áreas de figuras geométricas	153
Figura 72 - Gráficos tridimensionais IFRS Caxias	154
Figura 73 - GIT para o ensino de física	156
Figura 74 - Definição do espaço do problema	158
Figura 75 - GIT de lados do triângulo	159
Figura 76 - Termoformadora de baixo custo	160
Figura 77 - <i>Softwares</i> alternativos para o projeto de GIT	161
Figura 78 - Macroestrutura do Modelo de Tradução de Sanches, Macedo e Bueno (2018) ..	176
Figura 79 - Visão geral do processo	179
Figura 80 - Visão geral do <i>framework</i>	179
Figura 81 - Visão em detalhe - Espaço do problema	180
Figura 82 - Visão em detalhe - Espaço da solução	181

Figura 83 - Guia de Uso - apresentação de fase projetual.	182
Figura 84 - Guia de Uso - Página exemplo de etapa.	183
Figura 85 - Guia de Uso - Página exemplo de ferramenta.	184
Figura 86 - Gráficos e conteúdo a serem adaptados.	186
Figura 87 - Gráficos de elipse tratados para adaptação.	187
Figura 88 - Gráficos artesanais criados pelo Incluir.	188
Figura 89 - Revisão tátil do GIT pelo Incluir.	189
Figura 90 - Mapa do serviço do GIT+ (Espaço do problema).	191
Figura 91 - Mapa do serviço do GIT+ (Espaço da solução).	193
Figura 92 - Quadro da escolha de métodos de produção.	197
Figura 93 - Diretrizes para a nota do transcritor.	198
Figura 94 - <i>Framework</i> GIT+ revisado - Espaço do problema.	199
Figura 95 - <i>Framework</i> GIT+ revisado - Espaço da solução.	199

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Delimitação espacial.....	28
Quadro 2 – Três tipos de gráficos em materiais instrucionais.....	41
Quadro 3 – Função comunicacional dos gráficos instrucionais.....	43
Quadro 4 – Taxonomia das funções dos gráficos em relação aos textos.....	45
Quadro 5 – Atividades de aprendizagem básicas.....	48
Quadro 6 – Tipos de Gráficos Instrucionais Táteis.....	63
Quadro 7 – Dimensões de acessibilidade.....	64
Quadro 8 – Espectro da deficiência visual.....	68
Quadro 9 – Espectro da habilidade de leitura de PCDV.....	71
Quadro 10 – Uso da visão residual na educação.....	74
Quadro 11 – Ferramentas gráficas para o projeto de GT.....	96
Quadro 12 – Planilha de planejamento de gráfico tátil.....	97
Quadro 13 – Taxonomia de automação de gráficos táteis.....	114
Quadro 14 - Estabelecimento de critérios para o framework.....	165
Quadro 15 - Critérios para a elaboração do GIT+.....	171
Quadro 16 - Métodos, técnicas e ferramentas para o projeto de GIT.....	172
Quadro 17 - Processos de GIT, estrutura e formato.....	175
Quadro 18 - Estrutura do GIT+.....	178
Quadro 19 - Estratégia para o desenvolvimento GIT do Incluir.....	187

LISTA DE ABREVIATURAS

3D – Tridimensional

ADV – Aluno com deficiência visual

AVD – Atividades da vida diária

BANA – Braille authority of North America

BV – Baixa visão

CAD – *Computer aided design*

CAM – *Computer aided manufacture*

CNC – Controle numérico computacional

DCH – Design centrado no humano

DDR – Dorina daisy reader

DCU – Design centrado no usuário

GT – Gráficos táteis

GIT – Gráficos instrucionais táteis

IFES – Insituições federais de ensino superior

ONU – Organização das nações unidas

OMS – Organização mundial de saúde

OECD – Organização para a cooperação e desenvolvimento econômico

PCD – Pessoa com deficiência

PCDV – Pessoa com deficiência visual

PE – Procedimetnos exploratórios

PNAES – Programa nacional de assistência estudantil

RS – Rio Grande do Sul

SESU – Secretaria de educação superior

SECADI – Secretaria de Educação continuada, alfabetização, diversidade e inclusão

SISU – Sistema de Seleção Unificada

TA – Tecnologia assistiva

TAM – Teoria da aprendizagem multimídia

SUMÁRIO

1	Introdução	16
1.1	Contextualização da pesquisa	17
1.2	Delimitação da pesquisa	27
1.3	Problema de pesquisa	29
1.4	Hipótese de pesquisa	30
1.5	Objetivos da pesquisa	30
1.6	Justificativa	31
2	Fundamentação Teórica	39
2.1	Produto: Gráficos Instrucionais Táteis	39
2.1.1	Gráficos, Textos e Materiais instrucionais	39
2.1.2	Gráficos Instrucionais Táteis	52
2.2	Contexto: deficiência visual no ensino superior	64
2.2.1	Acessibilidade nas IFES	64
2.2.2	Deficiência visual	66
2.2.3	Percepção e cognição de PCDV	74
2.2.3.1	Percepção Háptica	80
2.3	Processo: Projetando Gráficos Instrucionais Táteis	85
2.3.1	O Projeto de GIT	85
2.3.2	<i>framework</i> como abordagem de projeto	103
2.3.3	Fabricação digital como meio de produção	112
3	Metodologia da pesquisa	125
4	Desenvolvimento da Pesquisa	130
4.1	Contexto de projeto	130
4.1.1	Incluir/UFRGS	131
4.1.2	IFRS BENTO	137
4.1.3	Potencial de implementação das ferramentas de projeto	146
4.1.4	Generalizações a partir de pesquisa nos Núcleos de Acessibilidade	147
4.1.5	Entrevistas com professores de ADV	149
4.1.6	Discussão e <i>insights</i> a partir do conhecimento do contexto de projeto.	157
4.1.7	Estabelecimento de critérios para a elaboração do <i>framework</i>	164
4.2	Sistematização do <i>Framework</i>	171
4.2.1	Levantamento de métodos, técnicas e ferramentas	172

4.2.2 Definição da estrutura e formato do <i>framework</i>	174
4.3 Desenvolvimento de GIT e observação	184
4.3.1 Desenvolvimento de GIT e observação no Incluir/UFRGS	185
4.3.2 Simulação no desenvolvimento de GIT utilizando o GIT+	190
4.4 Verificação e revisão	194
5 Considerações finais	200
5.1 Limitações da pesquisa e sugestões de trabalhos futuros	204
Referências	207
APÊNDICE A – Guia de Orientação para Grupo Focal com Equipe de Projeto de GIT	220
APÊNDICE B – Guia de Entrevista com Professor de ADV	223
APÊNDICE C – Guia para a Observação Sistemática do Desenvolvimento de GIT	225
APÊNDICE D – Modelo de Convite para Participação de Núcleo de Acessibilidade em Grupo Focal	227
APÊNDICE E – Modelo de Convite para Participação de Professor de ADV em Entrevista	228
APÊNDICE F – Modelo de Convite para Participação do Núcleo Incluir/UFRGS no Desenvolvimento de GIT	229
APÊNDICE G – Termo de Consentimento de Participação dos Núcleos de Acessibilidade em Grupo Focal	230
APÊNDICE H – Termo de Consentimento ao Professor Entrevistado	232
APÊNDICE I – Termo de Anuência ao Incluir/UFRGS para Desenvolvimento e Observação de GIT	234
APÊNDICE J – Critérios preliminares para o <i>framework</i>	236
APÊNDICE K – Análise e simplificação dos critérios para o <i>framework</i>	237
APÊNDICE L – Produção científica durante o período da Tese	239
ANEXO A – Narrativa para orientação das mãos – Obra a Persistência da Memória, de Salvador Dali	240
ANEXO B – Formulário para Solicitação de Atendimento Especial	245

ANEXO C – Formulário para Solicitação de Materiais adaptados Incluir/UFRGS	246
ANEXO D - Exemplo de PEI Parcialmente Preenchido	247
ANEXO E - Exemplo de Leíame preenchido	252
ANEXO F - Comunicação com equipe de projeto do Incluir.	254
ANEXO G - Parecer Consubstanciado do CEP	256

1 Introdução

Diversos autores destacam a melhora na aprendizagem ocasionada pelo uso de gráficos instrucionais – representações visuais do conteúdo projetados de forma que auxiliem na aprendizagem, como fotografias, ilustrações, diagramas, tabelas, infográficos, modelos tridimensionais (3D), animações, vídeos, e outros gráficos interativos (CLARK; LYONS, 2011; PETERSSON, 2002; SUNG; MAYER, 2012; WEIDENMANN, 1994). Porém, nem todos os gráficos utilizados com este propósito auxiliam na aprendizagem. Dependendo da forma em que foram projetados, os mesmos podem prejudicar os processos mentais envolvidos na aprendizagem. Essas afirmações trazem implicações importantes visando Alunos com Deficiência Visual (ADV):

- na falta de uma adaptação de gráficos instrucionais para formatos acessíveis, ADV não têm acesso a uma fonte de informação de grande valor instrucional¹, o que os impossibilita de aproveitar determinadas oportunidades de aprendizagem (JONES; BROADWELL, 2008);
- existem regras, orientações gerais e orientações específicas que devem ser consideradas para que o gráfico projetado tenha valor instrucional. Como exemplo, os princípios de Mayer (2009), o *framework* de Clark e Lyons (2011) e as diretrizes de Viaro (2015) auxiliam no projeto de gráficos instrucionais.

O valor instrucional de gráficos utilizados no ensino e aprendizagem é um tema de pesquisa relativamente recente, tendo começado a ganhar um *corpus* teórico confiável a partir da década de 1990 (MAYER, 2009; CLARK; LYONS, 2011). No caso particular dos Gráficos Instrucionais Táteis (GIT)², a partir de uma revisão bibliográfica sistemática, foram observadas pesquisas que exploram temas com relação próxima, tais como: a automatização no processo de tradução de gráficos para representações táteis (CHEN *et al.*, 2013; FERRO; PAWLUK, 2013; FURFERI *et al.*, 2014; TAKAGI *et al.*, 2014; VOLPE *et al.*, 2014); a utilização de materiais multissensoriais visando melhorar a compreensão de Pessoas com Deficiência Visual (PCDV) (BELLOTTI, 2014; FERWERDA; BULATOV; GARDNER, 2016); a tradução de pinturas em representações táteis (CARPIO; AMÉRIGO; DURÁN, 2017; FURFERI *et al.*, 2014; REICHINGER; MAIERHOFER; PURGATHOFER, 2011; STRICKFADEN; VILDIEU, 2014; VOLPE *et al.*, 2014); o uso da impressão 3D como meio de agilizar e acessibilizar a produção, bem como, gerar resultados de qualidade (GUAL; PUYUELO; LLOVERAS, 2015; HE *et al.*, 2017; MCDONALD *et al.*, 2014; SANCHES; DE MACEDO; BUENO,

¹ O valor instrucional é determinado a partir do potencial que um gráfico tem de auxiliar na aprendizagem. Através de sua forma e conteúdo, o gráfico deve apoiar os processos cognitivos envolvidos na aprendizagem (CLARK; LYONS, 2011; MAYER, 2009).

² Gráficos instrucionais táteis são adaptações realizadas a partir dos gráficos instrucionais estáticos visando torná-los acessíveis aos ADV. Este conceito surgiu a partir da combinação dos conceitos *Gráficos Instrucionais*, utilizados por autores como Mayer (2009), Clark e Lyons (2011) e Viaro (2015), e *Gráficos Táteis* (gráficos em relevo que tem como objetivo auxiliar a leitura de pessoas com deficiência visual), conceito utilizado por diversos autores (BORNSCHEIN; PRESCHER; WEBER, 2015; FERRO; PAWLUK, 2013; JIANG *et al.*, 2011; KALIA *et al.*, 2014).

2018; SHI *et al.* , 2016); e questões mais pontuais como a tradução da cor em gráficos táteis e o uso de padrões e texturas nas representações (PICARD *et al.* , 2010; TAKAGI; CHEN, 2013; TARAS; ERTL, 2009). Entretanto, especificamente, os GIT permanecem pouco explorados como tema de pesquisa. Encontram-se somente alguns trabalhos em áreas que PCDV apresentam maior dificuldade devido ao alto grau de uso de recursos visuais, como matemática, física e cartografia (DICKMAN *et al.* , 2014; GUAL; PUYUELO; LLOVERAS, 2015; SILVA; ULBRICHT; PADOVANI, 2016; TAKAGI; CHEN, 2013)

Imagine tentar aprender ciências sem visão. Para aqueles de nós que são normovisuais essa tarefa é praticamente incompreensível. Considere ser um estudante de biologia com o desafio de tentar entender precisamente as fases da mitose e meiose, a anatomia interna de uma ostra ou a tradução e transcrição do DNA. Como seria aprender estes tópicos sem modelos visuais? Além disso, e se o seu professor não tivesse preparação ou materiais específicos para ensinar alunos com deficiência visual? Infelizmente, essa é a realidade para a maior parte dos alunos com deficiência visual (JONES; BROADWELL, 2008, p. 284).

1.1 Contextualização da pesquisa

Aproximadamente um quarto da população brasileira³ sofre com algum tipo de deficiência. Geralmente, as pessoas que estão nessa parcela da população encontram dificuldades e obstáculos para desfrutarem de uma vida plena em todos os seus aspectos. Este caso é agravado considerando o grupo de brasileiros com deficiência severa, o qual totaliza 8,3% da população – aproximadamente 16 milhões de pessoas (IBGE, 2010). A falta de acesso em igualdade de condições com as demais pessoas em relação à educação, transporte público, trabalho, espaços públicos e espaços culturais leva à exclusão social e a violação de seus Direitos Humanos (ONU, 2006).

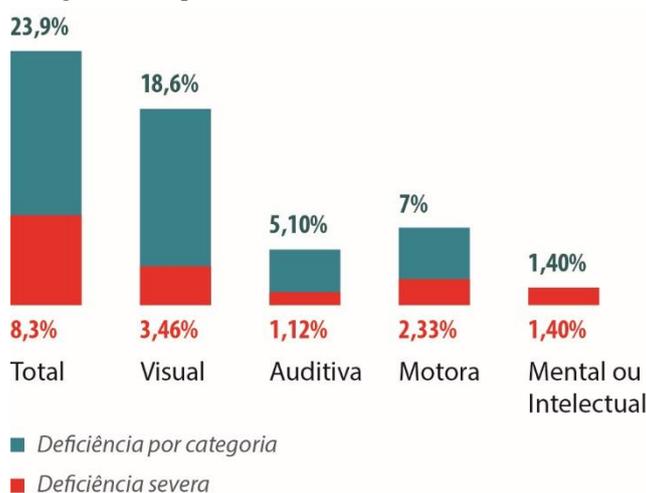
No Brasil, a deficiência visual é a mais representativa dentre as possíveis deficiências, abrangendo 35 milhões de pessoas. Apesar deste alto índice, a maior parte desta parcela é constituída por pessoas com deficiência visual branda, as quais têm alguma dificuldade em enxergar. Por outro lado, o caso das pessoas com deficiência visual severa, as quais encontram grande dificuldade em enxergar ou não conseguem enxergar de forma alguma, é mais alarmante, pois traz consequências contundentes à vida das pessoas – pessoas com baixa-visão correspondem a 6,6 milhões e as pessoas cegas totalizam 729 mil. A Figura 1 (p. 18) apresenta a relação das deficiências, com destaque às deficiências severas.

Buscando promover a autonomia e independência das Pessoas com Deficiência (PCD) na forma de igualdade de direitos e oportunidades, observa-se a intensificação de um movimento internacional em vistas à valorização de seus Direitos Humanos e inclusão na

³ 45 milhões e 600 mil, dos 190 milhões e 755 mil brasileiros, segundo o Censo Brasileiro de 2010 (IBGE, 2010).

sociedade (ONU, 2006; ASSISTIVE TECHNOLOGY ACT, 1998; BRASIL, 2009). O Governo Brasileiro demonstrou esforços paulatinos no apoio desta causa ao longo dos anos, através de uma política pública em prol da acessibilidade, inclusão social e combate à discriminação. Iniciou seus esforços em 1993 ao instaurar a Política Nacional de Integração da Pessoa Portadora de Deficiência, atualizada em 1999, a qual traz definições básicas e prevê a proteção dos direitos fundamentais das PCD (BRASIL, 1999).

Figura 1 - Tipos de deficiência e deficiência severa.



Fonte: adaptado de Brasil (2012).

Em 2004, foram definidos termos e condições para a implantação da acessibilidade, bem como, foi lançado o Programa Nacional de Acessibilidade (BRASIL, 2004). Em 2009, intensificou seus esforços ao ratificar a Convenção Internacional da Pessoa com Deficiência, adotada pela ONU, com status de emenda constitucional (BRASIL, 2009a). Ao consagrar a Convenção, o país comprometeu-se diante do cenário internacional e internamente, a eliminar barreiras relacionadas à atitude e ao ambiente, que possam impedir a participação plena e efetiva dos cidadãos com deficiência na sociedade em condições iguais com as demais pessoas. Em 2011, lançou o Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência – Plano Viver Sem Limite, o qual coordenou políticas, programas e ações de forma integrada como meio de promover o exercício pleno e equitativo das PCD, levando em consideração a Convenção Internacional sobre os Direitos da Pessoa com Deficiência (BRASIL, 2011b). Esse plano teve como principais eixos de desenvolvimento o acesso à educação, atenção à saúde, inclusão social e acessibilidade, com destaque à inovação e desenvolvimento da Tecnologia Assistiva (TA)⁴. Por fim, destaca-se a criação, em 2015, da Lei Brasileira da Inclusão (LBI), também conhecida como Estatuto da Pessoa com Deficiência (BRASIL, 2015), o qual baseia-se na Convenção Internacional da Pessoa com Deficiência para instituir um marco legal sólido em busca dos direitos e liberdades da PCD.

Nesse sentido, o desenvolvimento de programas e ações que promovem a educação inclusiva tem sido um dos principais eixos de atuação das políticas públicas nacionais. A

⁴ TA são considerados todos os meios utilizados na promoção da acessibilidade das PCD, sejam eles produtos, serviços ou metodologias (BRASIL, 2016).

Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva promove o acesso, a participação e a aprendizagem dos estudantes em classes comuns, assim como, a oferta de serviços da educação especial em todos os níveis, etapas e modalidades de ensino. As seguintes estratégias e ações estão dentre as iniciativas que promovem a educação inclusiva: a formação continuada de professores; a parceria com equipes multiprofissionais especializadas; a inclusão das PCD em salas de aula regulares; a adaptação de materiais instrucionais⁵; e a disponibilização de salas específicas com recursos multifuncionais (MEC, 2008).

O acesso à educação superior foi facilitado a partir da Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência, instaurada a partir do Decreto Nº 3.298/99, a qual regulamenta a adaptação de materiais instrucionais essenciais para o processo de ensino e aprendizagem, tais como as provas avaliativas e materiais instrucionais. Estes devem ser disponibilizados mediante solicitação prévia dos alunos e visando atender suas necessidades específicas. A partir deste decreto, as provas utilizadas nos concursos vestibulares que dão acesso à educação superior também passaram a ser adaptadas de acordo com as necessidades do estudante (BRASIL, 1999).

Como exemplo de caso, pode-se analisar o vestibular da UFRGS, o qual oferece possibilidades distintas para a PCD visando atender as suas diferentes necessidades. O candidato pode solicitar provas adaptadas em diferentes formatos ou provas mediadas por recursos de Tecnologia Assistiva (TA), preenchendo o *Formulário para Solicitação de Atendimento Especial* (Anexo B). Neste formulário, destaca-se a predominância de alternativas para Pessoas com Deficiência Visual (PCDV): 5 das 14 opções estão diretamente relacionadas à deficiência visual, podendo-se escolher entre provas com auxílio do sistema DosVox, provas em braille, prova ampliada para fonte tamanho 20, uso de sorobã⁶ e lupa, ou auxílio de ledores⁷ (UFRGS, 2017).

As provas utilizadas no vestibular, bem como, a maior parte dos materiais instrucionais utilizados no processo de ensino-aprendizagem são constituídos por textos e gráficos. Durante o processo de adaptação desses materiais ambas as linguagens, verbal e visual, devem ser reconfiguradas, no caso da ampliação dos materiais, ou então transpostas para linguagens análogas – tátil ou sonora. Ao analisar as provas dos vestibulares de 2015, 2016 e 2017 da UFRGS, constatou-se a presença de imagens em 27%, 31% e 30% das provas, respectivamente. A presença de imagens nas questões representa um desafio extra às PCDV e ao próprio processo de adaptação, devido as características inerentes da

⁵ Na literatura, observa-se o uso intercambiável dos termos materiais didáticos, materiais instrucionais, recursos didáticos e recursos instrucionais para se referirem aos materiais utilizados no processo de ensino-aprendizagem. Nesta pesquisa adota-se o termo materiais instrucionais para referir-se a tais materiais.

⁶ Sorobã – instrumento de cálculo para cegos, inspirado no ábaco chinês.

⁷ Ledores – Nesta opção o candidato é auxiliado por dois fiscais que leem toda a prova para o candidato, reveesando-se entre si.

linguagem visual em perspectiva com a linguagem verbal, conforme explicado por Schnotz (2003), autor que estuda a aprendizagem por meio de gráficos e palavras.

Os textos impressos encontram correspondência equivalente⁸ na transposição para os textos em braille, bem como, nas audiodescrições, o que configura uma facilidade na adaptação da linguagem verbal em materiais instrucionais. Schnotz (2003) explica que isso ocorre devido ao caráter descritivo da linguagem verbal, no qual um símbolo (letra ou palavra) está no lugar dos objetos que representa, sendo o significado desse símbolo estabelecido por convenção; muda-se o signo – texto impresso, texto em braille ou texto falado – mas o significado permanece inalterado.

No caso da transposição da linguagem visual para outras linguagens pode ocorrer, em algum nível, a alteração no significado da mensagem. Esse ponto pode ser compreendido a partir de duas questões. Primeiro, o caráter demonstrativo da linguagem visual faz com que o leitor atribua o significado através da leitura de uma representação icônica (desenho ou fotografia), a qual representa os objetos por semelhança e não por convenção conforme as representações simbólicas (SCHNOTZ, 2003). Isso pode ocasionar interpretações distintas dos diferentes leitores em decorrência de sua experiência e conhecimento prévios, podendo variar, inclusive, do conteúdo pretendido pelo autor de um gráfico (PETTERSSON, 2013a).

Em segundo lugar, as linguagens análogas também possuem diferenças fundamentais em relação à linguagem visual, o que influencia na interpretação da mensagem. Por exemplo, um Gráfico Tátil (GT) não possui a mesma capacidade para expressar a riqueza de detalhes de uma fotografia colorida, pois o mesmo passa por um processo de simplificação de conteúdo para ser efetivamente percebido através do tato (ERIKSSON, 2003; O'MODHRAIN et. al, 2015). Outro caso, é o uso de audiodescrições⁹ que, devido à sua estrutura textual logicamente encadeada distingue-se da percepção visual de um gráfico que se forma a partir dos movimentos rápidos e intuitivos do olho humano (FRASCARA, 2011; MIJKSENAAR, 1997; PETTERSSON, 2013a). Dessa forma, observa-se que qualquer adaptação de conteúdos visuais para outros formatos torna-se um desafio para os projetistas.

Essas diferenças foram observadas por Sonza (2021) em situações nas quais audiodescrições de boa qualidade foram utilizadas na adaptação de gráficos impressos. Apesar de tornarem as provas acessíveis, as audiodescrições tomavam mais tempo para realização das provas, devido à sobrecarga cognitiva. Dessa maneira, essa autora sugere a adição de gráficos táteis para tornar o acesso às provas equânime, considerando PCDV e normovisuais.

⁸ Sem perda ou alteração representativa de significado. As letras e símbolos do alfabeto romano possuem correspondentes equivalentes no alfabeto braille.

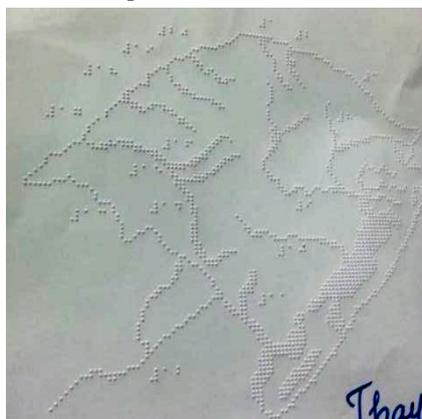
⁹ A audiodescrição utiliza a fala para traduzir recursos e elementos visuais buscando incluir PCDV na educação, entretenimento, lazer, comunicação e informação (CARPES, 2016).

Nesta pesquisa, distinguem-se os termos gráficos táteis (GT) e gráficos instrucionais táteis (GIT). Esta distinção se faz considerando que foram realizadas diversas pesquisas que abordam o desenvolvimento de GT e que podem ser utilizadas no desenvolvimento de GIT. Isto é possível porque os GT são mais abrangentes, nem sempre cobrindo propósitos instrucionais, enquanto os GIT são especificamente instrucionais.

Gráficos instrucionais táteis são adaptações realizadas a partir dos gráficos instrucionais estáticos visando torná-los acessíveis aos ADV. Mais especificamente, referem-se às transcrições táteis de representações visuais atendendo aos critérios que conferem o caráter instrucional aos gráficos em geral – sua relevância ao objetivo instrucional e aos processos psicológicos envolvidos na aprendizagem. Esses critérios são atingidos através da manipulação da forma e conteúdo dos gráficos (CLARK; LYONS, 2011; PETERSSON, 2002; VIARO, 2015). Este conceito específico não foi encontrado na literatura sobre o tema, sendo cunhado pelo autor da tese a partir da combinação dos termos gráficos instrucionais e gráficos táteis, presentes na literatura.¹⁰

Ao considerar a adaptação da prova de vestibular em braille da UFRGS, o candidato tem acesso às imagens táteis impressas em braille acompanhadas de descrições verbais em braille. A Figura 2 apresenta um mapa do Rio Grande do Sul produzido pelo Incluir/UFRGS produzido a partir do mesmo processo utilizado nas imagens táteis presentes nas provas do vestibular em braille. Embora seja um recurso versátil e prático, a impressora braille utilizada¹¹ produz gráficos com limitações técnicas de qualidade – baixa definição de imagem e a falta de opções para gerar diferentes texturas.

Figura 2 – Mapa tátil do Rio Grande do Sul.



Fonte: Incluir/UFRGS.

Nas provas realizadas com o sistema DosVox, as imagens são audiodescritas segundo um texto padronizado pela Comissão Permanente de Seleção (COPERSE) – comissão responsável pela organização do concursos vestibular. Os candidatos que utilizam esta

¹⁰ o item 2.1.2 apresenta em maior detalhe a conceituação do termo, bem como sua expansão teórica.

¹¹ Apesar de não ser a realidade da maioria das IFES brasileiras, existem disponíveis no mercado impressores braille de maior custo que imprimem figuras braille em maior resolução, ocasionando o aumento da qualidade final do gráfico tátil (SONZA, 2021).

opção de prova dependem exclusivamente do áudio fornecido pelo computador, não tendo acesso à imagens táteis como ocorre na prova em braille.

Quando PCDV pedem o auxílio de fiscais leitores, estes leem toda a prova para o candidato, o qual pode pedir por uma releitura partes específicas que não foram bem compreendidas. Este caso apresenta uma dificuldade especial, devido ao fato de que, na maioria das vezes, esses fiscais não possuem formação em audiodescrição¹², o que pode prejudicar a obtenção da informação correta pelo candidato. Mesmo sem formação, esses fiscais podem participar de *workshops* sobre o tema e estudar princípios e diretrizes de audiodescrição, como os apresentados na Nota Técnica nº 21 (MEC, 2012a). Neste caso de adaptação, eventualmente os candidatos podem receber auxílio de leitores com maior ou menor habilidade na audiodescrição de imagens.

Utilizando-se de provas ampliadas – impressas em folha tamanho A3 – os candidatos têm acesso às questões impressas em fonte tamanho 20 pontos e imagens proporcionalmente aumentadas. Essas imagens representam um auxílio aos candidatos com visão subnormal, mas ainda poderiam ser mais efetivas em transmitir a mensagem se tivessem sido adaptadas considerando aspectos visuais como contraste e simplicidade, e explorassem o tato dos usuários. Por exemplo, Kulpa (2009) indica um conjunto de paletas cromáticas que auxiliam na legibilidade de interfaces para pessoas com baixa visão; e Viaro (2015) sintetizou diretrizes de projeto que auxiliam na configuração de gráficos instrucionais. Esses conhecimentos da área do design podem ser implementados na adaptação de imagens para PCDV.

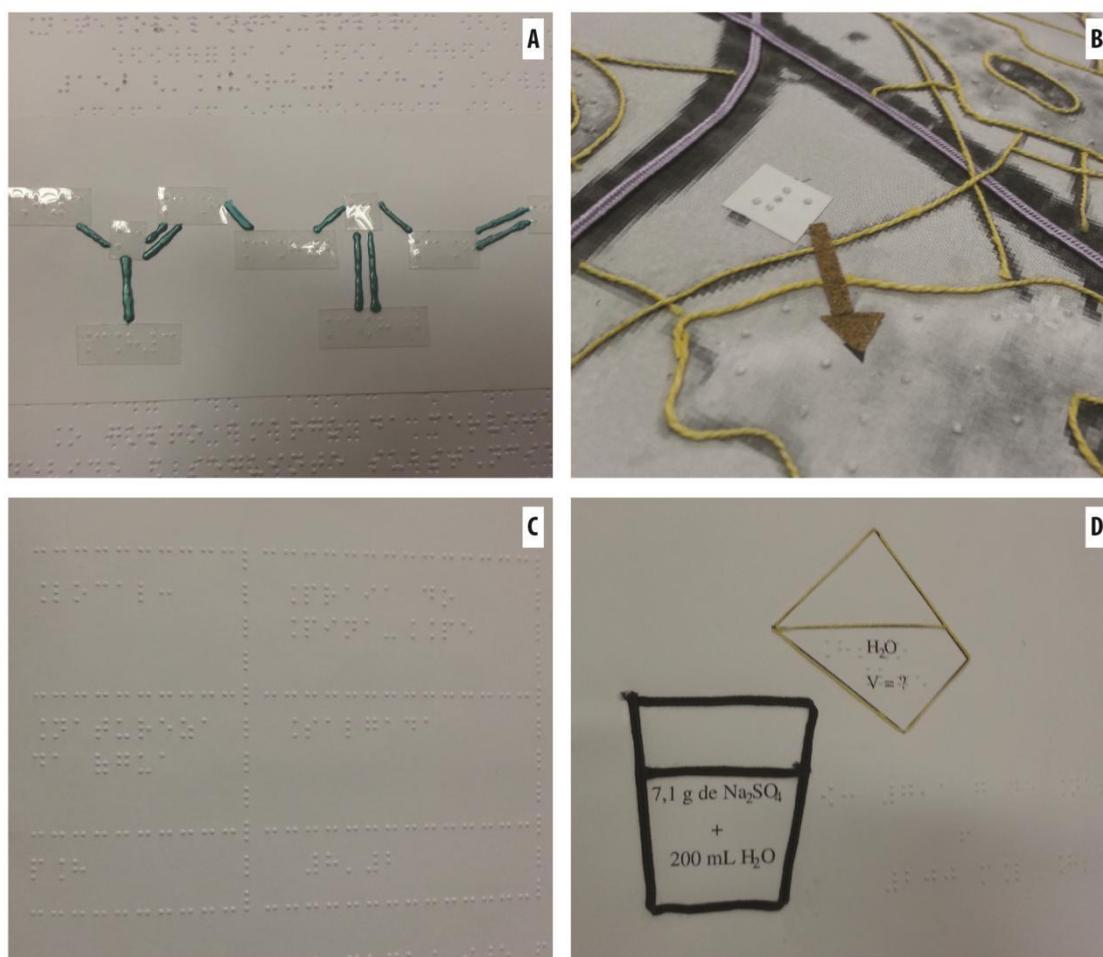
Como se pode observar no caso descrito do vestibular da UFRGS, existem alternativas variadas de adaptação de prova para as PCDV, o que confere o acesso à educação superior, conforme previsto em lei federal (BRASIL, 1999). Considerando a questão da inclusão, acessibilidade e permanência de pessoas com deficiência dentro da UFRGS, o Incluir – Núcleo de Inclusão e Acessibilidade – é o setor responsável por desenvolver estratégias que atendam alunos, técnicos-administrativos e docentes. O Núcleo promove o atendimento individualizado como meio efetivo para o alcance das necessidades particulares de cada caso. São oferecidos recursos de acessibilidade, tais como: tecnologia assistiva, tradutor-intérprete de Libras, materiais adaptados, guia vidente, acompanhamento em sala de aula, leitor e transcritor, e o que mais for preciso para garantir a acessibilidade ao usuário atendido (INCLUIR, 2017).

Um dos serviços mais importantes oferecidos pelo Incluir/UFRGS no atendimento das PCDV é a produção de GIT como adaptações de gráficos instrucionais estáticos. A Figura 3 mostra gráficos táteis em braille com o uso de técnicas manuais mistas para representar fórmulas e questões de química (Figura 3A e Figura 3D), um mapa (Figura 3B) e uma tabela

¹² Informação obtida durante a participação no workshop de treinamento para leitores que participaram do vestibular da UFRGS de 2017. Neste evento, verificou-se a diferença de abordagens e conhecimento prévio para a audiodescrição entre os participantes.

(Figura 3C). Observa-se, na configuração desses gráficos, um contínuo na combinação entre o método braille e os métodos artesanais de produção: a Figura 3C é impressa utilizando somente o método de figura braille; as Figura 3A e Figura 3D apresentam uma combinação entre figura braille e métodos artesanais (cola colorida e linhas de lã); e a Figura 3B é predominantemente composta de métodos artesanais (lixa, linhas de lã e outros materiais texturizados) complementado por legendas em braille. O uso desses métodos artesanais proporciona à equipe do Incluir/UFRGS liberdade na criação de formas irregulares, com linhas curvas e variações em texturas e níveis de altura.

Figura 3 - Materiais instrucionais táteis produzidos pelo Incluir/UFRGS.



Fonte: Incluir/UFRGS.

A partir da análise desses materiais produzidos pelo Incluir/UFRGS, entende-se que sem o conhecimento sobre as características que tornam os gráficos instrucionais e como manipulá-las da maneira correta, os gráficos táteis produzidos pelo Núcleo podem não atingir o seu potencial instrucional;

O contexto atual da educação vai ao encontro do amadurecimento da área de gráficos instrucionais - gráficos, infográficos e materiais visuais são cada vez mais requisitados em sala de aula como ferramentas instrucionais úteis (CLARK; LYONS, 2011; EDUCAUSE, 2013).

Com o desenvolvimento dessa área de pesquisa, o conhecimento sobre gráficos instrucionais se torna cada vez mais acessível, como por exemplo através de diretrizes e princípios que auxiliam no projeto dos gráficos (CLARK; LYONS, 2011; VIARO, 2015; MAYER, 2009). Embora as pesquisas sobre gráficos táteis abordem aspectos relacionados à instrucionalidade dos gráficos, como simplicidade e qualidade técnica, não foi encontrado na literatura uma relação direta entre gráficos táteis e gráficos instrucionais.

O não aproveitamento da potencialidade dos gráficos táteis em sala de aula pode ser um problema, pois disciplinas que tem parte representativa de seus conteúdos na forma de gráficos, tais como astronomia, geociências, biologia e oceanografia, são consideradas como disciplinas de difícil aprendizagem pelas PCDV (BRENDLER *et al.*, 2014; JONES; BROADWELL, 2008).

Os métodos de produção utilizados atualmente pelo Incluir/UFRGS podem comprometer a qualidade dos GIT, principalmente relacionados à qualidade técnica e à dependência da habilidade de profissionais específicos. Métodos usuais de produção de GT como figura braille e termoformagem¹³ não oferecem muita variação de características técnicas como resolução, níveis de altura, texturas e materiais possíveis. Por outro lado, os métodos artesanais proporcionam maior liberdade à equipe de projeto na criação de formas e escolha dos materiais e texturas. Entretanto, o uso desses métodos artesanais vincula a qualidade dos materiais resultantes às habilidades específicas de um profissional. Além disso, os materiais artesanais podem não ter propriedades desejáveis na promoção da qualidade técnica dos GT como estabilidade e clareza e, devido ao seu caráter artesanal, a duplicação exata de um mesmo gráfico é dificultada.

Segundo Bornschein, Prescher e Weber (2015), a equipe de projeto deve estar atenta à qualidade técnica do gráfico resultante, sendo este um dos fatores importantes na interação entre o usuário e o gráfico tátil. O uso de métodos de produção com baixa resolução tátil pode fazer com que estruturas táteis inicialmente planejadas não apareçam no gráfico produzido.

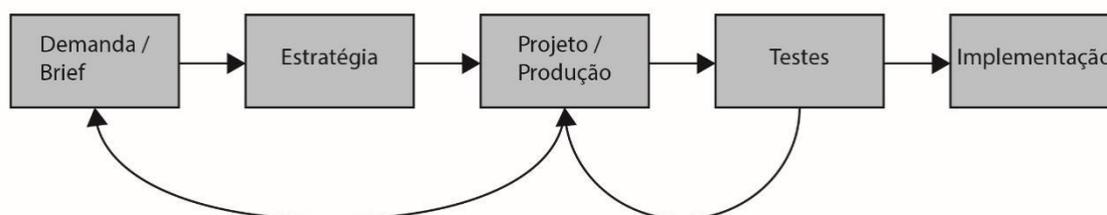
Tendo em vista os métodos de produção utilizados nos gráficos apresentados na Figura 4, os mesmos podem ser considerados objetos 2.1D, segundo a taxonomia de Reichinger *et al.* (2012). O mesmo autor ainda traz os objetos 2.5D e objetos 3D como outras possibilidades de dimensionalidade para os gráficos táteis. Destes, destacam-se os gráficos 2.5D, os quais apresentam características de profundidade salientes, tamanho apropriado para manuseio, assim como, robustez. Gráficos 3D por outro lado podem ter uma produção mais complicada considerando tempo de produção, durabilidade e limitações de tamanho (REICHINGER *et al.*, 2012).

¹³ A termoformagem é outro método popular de impressão em relevo, o qual utiliza calor e vácuo para imprimir relevo em um papel acetato translúcido com o auxílio de uma matriz (LIMA; FONSECA, 2016).

Em contraponto à produção de GIT via métodos artesanais, autores como Edman (1992) e Gershenfeld (2012) ressaltam o uso dos sistemas CAD e CAM¹⁴ como meio de trazer agilidade e facilidades ao projeto de GT. Nestes casos, os autores afirmam que qualidades técnicas como robustez, resolução e variação em níveis de profundidade são adicionadas ao produto, e o processo que envolve a criação, edição, recuperação e produção é facilitado. Prescher, Bornschein e Weber (2014) corroboram ao apontarem para o uso de formatos adaptáveis, tais como vetores gráficos, como meio de trazer eficiência no projeto dos gráficos táteis.

O serviço de adaptação de GIT realizado pelo Incluir/UFRGS ocorre a partir de uma demanda encaminhada por professores ou alunos visando sanar alguma dificuldade específica de alguma disciplina. Inicialmente, o material é encomendado por meio de um formulário *online* no site do Núcleo. O processo de projeto dos GIT ocorre de forma empírica, sem um método sistematizado, porém, é possível traçar um processo projetual básico a partir das principais etapas identificadas (Figura 4) (INCLUIR, 2019).

Figura 4 – Processo projetual Incluir/UFRGS.



Fonte: adaptado de Incluir (2015).

A partir da demanda identificada, a equipe do Incluir/UFRGS¹⁵ se reúne para definir a estratégia de projeto, a qual inclui a seleção dos membros da equipe de projeto, as tecnologias utilizadas, os materiais de referência e a possível necessidade de pesquisas adicionais. A equipe de projeto desenvolve o material instrucional utilizando uma das tecnologias disponíveis – braille e figura braille, termofusora¹⁶, termoformagem ou técnicas artesanais. Dependendo da complexidade do material, durante a etapa de projeto torna-se necessária a consulta de professores ou alunos envolvidos na demanda do material. Para assegurar a qualidade da solução desenvolvida, uma revisora braille avalia a legibilidade e leiturabilidade alcançados, sugerindo revisões de acordo com a necessidade observada. O material é então implementado no contexto pretendido (INCLUIR, 2019).

¹⁴ Sistemas CAD - *Computer Aided Design* - permitem a geração e manipulação de modelos computacionais bi e tridimensionais; sistemas CAM - *Computer Aided Manufacturing* - correspondem aos softwares que transformam os modelos computacionais em instruções específicas para as máquinas de prototipagem rápida (ESPINOZA; SCHAEFFER, 2004).

¹⁵ A equipe responsável pela adaptação dos materiais é composta de 10 bolsistas em áreas distintas: Engenharia Civil, Engenharia Mecânica, Física, Matemática, Química, Museologia, Música, Pedagogia – e uma revisora braille, especialista cega com experiência em avaliação de materiais acessíveis (INCLUIR, 2015).

¹⁶ A termofusão corresponde ao método que, ao aquecer um tipo especial de papel, imprime relevo nas áreas com tinta preta. Este é um dos principais métodos de impressão de gráficos táteis (LIMA; FONSECA, 2016).

As seguintes questões são observadas em relação ao contexto de projeto do Incluir/UFRGS. Como aspecto positivo, pode-se apontar a equipe de projeto multidisciplinar com capacidade de cobrir uma ampla gama de conteúdos instrucionais. Verifica-se que a equipe do Incluir é responsável pela adaptação de materiais instrucionais para as demais deficiências, faltando especialização no caso do projeto de GIT. Neste caso, a ausência de um processo projetual sistematizado faz com que conhecimentos, ferramentas e procedimentos relevantes não se façam presentes no processo projetual – por exemplo, o planejamento do projeto, técnicas de pesquisas com usuários, princípios de configuração dos gráficos, e os métodos de produção e testes com usuários. Também se observa que laboratórios de fabricação digital podem ser acessados sem maiores dificuldades dentro das próprias IFES, o que traz maiores possibilidades na confecção dos GIT. Porém, esses serviços não são acessados pelo Núcleo, mantendo-se restrito às próprias tecnologias existentes.

Prescher, Bornschein e Weber (2014) justamente apontam diretrizes específicas para o projeto de GIT e o uso de algumas técnicas e ferramentas que trazem qualidade para o processo de projeto. Segundo os mesmos, o uso de diretrizes de projeto, o uso de *templates*, a possibilidade de verificar, modificar e realizar anotações no gráfico são medidas que podem auxiliar a superar obstáculos no desenvolvimento de GIT, tais como a grande demanda de tempo e experiência necessários.

Para O'Modhrain *et al.* (2015), existem variáveis presentes no processo projetual de GT que trazem desafios ao processo de projeto – a solução desenvolvida deve atender aos requisitos do usuário, equilibrando aspectos como a tarefas dos usuários, características do grupo de usuários e tecnologias disponíveis. Diversos autores também identificaram desafios mais específicos sobre as diferentes etapas de pesquisa com usuário, criação do GT e produção, dentre elas procedimentos específicos como identificar as necessidades dos usuários, bem como, diversas decisões de criação tais como a inclusão ou exclusão de conteúdos durante o processo de simplificação do GT (BANA, 2010; HASTY, 2018; BORNSCHEIN; PRESCHER; WEBER, 2015; EDMAN, 1992; ERIKSSON, 2003; KARDOULIAS, 2003; O'MODHRAIN *et al.*, 2015; PRESCHER; BORNSCHEIN; WEBER, 2014; CARFAGNI *et al.*, 2012). Hasty (2018) também identifica alguns conhecimentos e técnicas essenciais ao *know-how* do projetista de GT, tais como utilizar a árvore de decisão e determinar o objetivo do GT.

Como se pode constatar a partir da literatura, existe uma série de conhecimentos, métodos, técnicas e ferramentas que podem ser implementados ao processo projetual de GIT. Segundo Simon (1981), os métodos são meios cruciais para transferir conhecimento procedural entre indivíduos, trazendo eficácia e eficiência¹⁷ aos processos de design. A sistematização do processo projetual, por sua vez, também visa a eficácia e eficiência do

¹⁷ A eficácia está relacionada ao alcance dos resultados planejados, enquanto que a eficiência traça uma relação entre os resultados alcançados e o uso de recursos (ABNT, 2005).

processo, estruturando-o e organizando a equipe em relação ao que deve ser feito, para quem, quando, com que e como fazer (BACK *et al.*, 2008). Dessa maneira, observa-se que uma abordagem empírica frente a este processo, tal qual constatada no Incluir/UFRGS, impossibilita o aproveitamento total desses conhecimentos neste processo.

Diante da dificuldade constatada no processo de adaptação e desenvolvimento de GIT às PCDV, sobretudo no ambiente universitário, onde demandas por estes serviços tendem a crescer e se tornarem mais necessárias, torna-se evidente a necessidade de melhorias neste processo. A contribuição do Incluir/UFRGS é notável para esta finalidade, porém os métodos artesanais utilizados e a falta de recursos humanos e ferramentais mais especializados no processo projetual tornam-se obstáculos neste quesito. Nesse sentido, o design, aliado aos métodos, técnicas e ferramentas que podem ser agregados a este processo, pode contribuir ao contexto descrito.

1.2 Delimitação da pesquisa

A fim de viabilizar a realização desta pesquisa, o objeto de pesquisa – projeto de gráficos instrucionais táteis – é delimitado em aspectos espaciais, temporais e semânticos. Em termos espaciais, a pesquisa delimita-se às Instituições Federais de Educação Superior do Rio Grande do Sul (RS). A Política Nacional em prol da Inclusão de Pessoas com Deficiência (PCD) estabeleceu avanços em relação à acessibilidade a essas instituições. São ofertados serviços que apoiam o acesso e a permanência das PCD à Educação Superior, como os concursos vestibulares com provas adaptadas e os Núcleos de Acessibilidade que prestam serviços para as PCD. Contudo, considerando a viabilidade na execução desta pesquisa, o universo das IFES é restringido considerando os seguintes critérios:

- Localizada no RS;
- Promove serviços que apoiam a permanência de PCD no Ensino Superior;
- Produz GIT como adaptações de materiais instrucionais para PCDV;
- Tem acesso às tecnologias de fabricação digital.

Considerando os critérios citados, foram incluídas na amostra desta pesquisa duas Instituições Federais de Educação Superior, apresentadas no Quadro 1 (p. 28), junto de seus Núcleos de Acessibilidade e contatos.

A delimitação temporal desta pesquisa é estabelecida a partir do ano de 2011, tomando como referência o Decreto 7.611 (BRASIL 2011a), o qual estabelece a implementação do Programa Incluir – acessibilidade na educação superior. O Programa trata da criação de núcleos de acessibilidade nas IFES que visam eliminar barreiras físicas, de comunicação e de informação que possam prejudicar a participação e o desenvolvimento acadêmico pleno do estudante com deficiência. Os Núcleos iniciaram sua atuação nas IFES de forma mais discreta a partir de 2005, através de iniciativas individuais concorrendo a chamadas públicas.

Entretanto, foi somente a partir de 2012, com o efeito do Decreto referido, que sua implementação foi efetivada atendendo todas as IFES e induzindo o desenvolvimento de uma Política de Acessibilidade ampla e articulada (MEC, 2013).

Quadro 1 – Delimitação espacial.

Instituição	Núcleo	Localização / Website
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS	Incluir – Núcleo de Inclusão e Acessibilidade	Porto Alegre, Campus Central. https://www.ufrgs.br/incluir/
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS	CTA – Centro Tecnológico de Acessibilidade	Bento Gonçalves, Unidade Campus Bento Gonçalves http://cta.ifrs.edu.br/ https://pt-br.facebook.com/acessibilidadevirtual/

Fonte: o autor.

A delimitação semântica da pesquisa refere-se aos recortes conceituais que estabelecem os limites e enquadram o objeto de estudo – projeto de gráficos instrucionais táteis. O primeiro recorte visa demarcar o escopo dos GIT abrangidos nesta pesquisa. Da mesma forma que existem diversos formatos de gráficos bidimensionais, os gráficos táteis podem ser caracterizados em tipos distintos considerando substratos e técnicas de produção utilizados, tais como gráficos artesanais, figura braille, contorno tátil, diagramas táteis, superfícies em relevo e modelos tridimensionais. Além destes, ainda existem gráficos que utilizam tecnologias háptico-digitais¹⁸, tais como gráficos renováveis em matrizes hápticas e gráficos vibro-táteis que utilizam telas *touchscreen* com mecanismos vibratórios. Considerando esta variedade de formatos e meios de produção, o escopo abrangido por esta pesquisa delimita-se à produção de gráficos 2.1D e 2.5D a partir de gráficos 2D, segundo a taxonomia de Reichinger *et al.* (2012). Esta delimitação é justificada pela dificuldade e incerteza na produção de modelos 3D a partir de gráficos táteis de menor dimensionalidade (2D, 2.1D e 2.5D), pois a mesma exige a interpretação ou imaginação de partes que não estão presentes no formato original. Além disso, Gráficos 2.1D e 2.5D são mais fáceis de montar e robustos quando comparados aos modelos 3D (REICHINGER *et al.*, 2012).

Nesta pesquisa, os GIT são produzidos segundo um sistema de produção semi-automatizado, o qual inclui o uso de *softwares* e processos de fabricação digital. Segundo Edman (1992) e Gershenfeld (2012), os sistemas CAD e CAM trazem agilidade e facilidades à produção de GT, pois eliminam a necessidade de confecção de uma página mestra que intermedia o processo de produção, e trazem capacidades nas etapas de criação, edição,

¹⁸ Tecnologias digitais com mecanismos interativos baseadas no toque e na exploração manual (O'MODHRAN *et. al*, 2015).

recuperação e produção. Outro aspecto da semi-automatização justifica-se considerando que a automação completa na criação de GT está sujeita a erros e possui limitações, e ocorre somente por meio da aplicação de algoritmos e *softwares* especializados que geram automaticamente profundidade (REICHINGER *et al.*, 2012).

Outra delimitação em relação aos GIT está na produção de GIT com adição de descrições verbais. (PRESCHER; BORNSCHEIN; WEBER, 2014), BANA (2010) e Reichinger *et. al* (2012) indicam que a integração de textos aos GT melhora a compreensão dos gráficos. Embora as descrições verbais sejam incluídas nos gráficos, não se tem a pretensão de trabalhar com técnicas para a produção de texto. Mesmo que recursos de TA como leitores digitais e a audiodescrição tenham trazido avanços significativos no acesso à gráficos para PCDV, limites como a dificuldade em descrever a informação espacial e a impossibilidade de explorar o gráfico em um ritmo e sequência próprios trazem necessidades implícitas. Informações como composição, posicionamento absoluto de objetos e suas relações entre si podem ser mais facilmente percebidas através do tato do que por explicações verbais. Em gráficos táteis, o leitor é livre para explorar regiões específicas em maior detalhe de acordo com sua vontade, tendo a possibilidade de verificar e corrigir a imagem mental formada.

Por fim, delimita-se o público para o qual os GIT se destinam são as PCDV, o que inclui pessoas cegas e pessoas com baixa-visão. Embora os dois segmentos deste público tenham necessidades e características diferentes – cegos dependem inteiramente de outros canais sensoriais e pessoas com baixa-visão também utilizam a visão residual – é possível projetar gráficos que atendam aos dois segmentos do público. Isso pode ser feito tomando como requisitos fundamentais as necessidades mais severas do público cego e complementar com requisitos de projeto que atendam as necessidades de pessoas com baixa-visão. Esta lógica projetual é comumente utilizada em processos de produção de material adaptado¹⁹ nos quais revisores cegos (o caso com maior limitação dentre os dois públicos) avaliam a qualidade do material em uma etapa de testes da solução, podendo, portanto, ser aplicada nesta pesquisa.

Todas as delimitações de espaço, formato e tecnologias apresentadas buscam aproveitar as possibilidades oferecidas pelas estruturas das IFES do RS, as quais contam com tecnologias de prototipagem rápida, bem como, equipe dedicadas que podem se utilizar da solução oferecida.

1.3 Problema de pesquisa

Como os conhecimentos projetuais e metodológicos do design podem contribuir para o processo de projeto e desenvolvimento de GIT para PCDV?

¹⁹ Processos verificado no Incluir/UFRGS (INCLUIR, 2015) e em outros trabalhos que tratam da adaptação de materiais para PCDV (CARDOSO, 2016; TOJAL, 2007).

1.4 Hipótese de pesquisa

Os conhecimentos projetuais e metodológicos, sistematizados em um *framework* com abordagem centrada no usuário, contemplando métodos, técnicas e ferramentas projetuais e utilizando métodos de fabricação digital podem contribuir para o desenvolvimento de GIT.

1.5 Objetivos da pesquisa

→ Propor um *framework* que oriente o processo de projeto de GIT, fundamentado em abordagem centrada no usuário, contemplando o uso de métodos, técnicas e ferramentas projetuais e métodos de fabricação digital.

O *framework* é um tipo de modelo específico que pode ser aplicado com o propósito de orientar e apoiar o processo de projeto a partir de recursos variados tais como conceitos, princípios, perguntas, desafios e estratégias, os quais podem ser organizados em etapas e dimensões distintas. *frameworks* baseiam-se em conhecimentos teóricos e conhecimentos práticos, sendo cada vez mais desenvolvidos a partir das experiências em prática projetual e resultados de pesquisas com usuários (PREECE; ROGERS; SHARP, 2013).

O objetivo geral da pesquisa é desdobrado nos seguintes objetivos específicos:

1. Conceituar e classificar os gráficos instrucionais táteis a fim de identificar parâmetros que contribuem para a sua qualidade.
2. Compreender como ocorre o processo de interação do usuário com o gráfico tátil, a fim de identificar fatores relevantes aos processos perceptivos e cognitivos do usuário com deficiência visual, considerando o contexto de aprendizagem e especificamente aspectos que contribuem para a legibilidade e leiturabilidade dos gráficos.
3. Identificar e descrever abordagens projetuais, estruturas de *frameworks*, e elementos de projeto relevantes ao desenvolvimento de gráficos instrucionais táteis nas IFES a fim de gerar insights para a construção do *framework*.
4. Propor o *framework* preliminar para promover o desenvolvimento de GIT a partir da sistematização de métodos, técnicas e ferramentas relevantes ao contexto de projeto identificado.
5. Avaliar o *framework* proposto por meio de uma aplicação em um processo de desenvolvimento de GIT a fim de propor melhorias na versão preliminar do *framework*.

1.6 Justificativa

A Convenção Internacional sobre os Direitos da Pessoa com Deficiência adotada pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2006) é o principal marco do movimento internacional em prol da acessibilidade, tendo como um de seus fundamentos a definição atual da Pessoa com Deficiência:

Pessoas com deficiência são aquelas que têm impedimentos de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, os quais, em interação com diversas barreiras, podem obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdades de condições com as demais pessoas – Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, artigo 1º (BRASIL, 2009a).

Nesta concepção, a deficiência é considerada um obstáculo somente quando existem barreiras no ambiente que impedem a PCD de interagir e usufruir deste ambiente de forma plena. Esta visão apresenta um caráter construtivo em relação à eliminação de barreiras socioculturais, pois, valoriza a PCD ao reconhecer suas limitações e necessidades como parte constituinte de sua individualidade, assim como, considera estas particularidades como subsídios para construir um ambiente acessível que permita sua participação e desenvolvimento efetivo na sociedade (MARTINS, 2008). Cambiaghi (2007) afirma que quando o ambiente é acessível, as atividades da PCD são preservadas e a deficiência não afeta suas funções. A mesma autora extrapola a definição da ONU, afirmando que qualquer pessoa sem deficiência colocada em um ambiente hostil e inacessível pode ser considerada deficiente nesse espaço.

Saber que qualquer PCD pode ter sua condição funcional elevada através de adaptações no ambiente é uma motivação para o desenvolvimento de quaisquer projetos e trabalhos na área. Esta pesquisa busca dar suporte ao desenvolvimento de recursos instrucionais para as PCDV, os quais enquadram-se na definição de Tecnologia Assistiva (TA), especificamente como uma Ajuda Cognitiva, segundo Classificação Nacional de Tecnologia Assistiva do Departamento de Educação dos Estados Unidos (BRASIL, 2009b). Segundo o *American with Disabilities Act*, legislação norte-americana que regula os direitos dos cidadãos com deficiência nos EUA, uma TA é qualquer produto ou recurso comercial, modificado ou customizado utilizado para aumentar, manter ou melhorar as capacidades funcionais das PCDV (ASSISTIVE TECHNOLOGY ACT, 1998).

Geralmente, a tecnologia tem a função de tornar as coisas mais fáceis para as pessoas, porém no caso das PCDV, ela torna as coisas possíveis (RADABAUGH, 1993; BRUYERE, 2001). O que motiva esta pesquisa é possibilitar o aprendizado de conhecimentos baseados na linguagem visual para PCDV. Normalmente, esses conhecimentos encontram obstáculos ao serem transmitidos aos ADV.

Segundo o Relatório Mundial sobre a Deficiência, realizado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), a deficiência traz custos econômicos e sociais para os indivíduos com

deficiência, seus familiares, amigos, empregadores e à sociedade em geral. Isso denota a relevância social e econômica da realização da pesquisa. A seguir, são descritos os custos diretos e indiretos com a deficiência.

Custos diretos com serviços médicos, produtos e recursos de TA, transportes mais caros, serviços de lavanderia, dietas especiais ou assistência pessoal são adicionados às famílias para manter um padrão de vida equivalente ao das pessoas sem deficiência. Também devem ser consideradas despesas com políticas públicas incluídas nos programas de governo de quase todos os países, as quais costumam englobar serviços de saúde e reabilitação, programas voltados ao mercado de trabalho, benefícios de seguro social e assistência social, fornecimento de produtos de TA, acesso subsidiado ao transporte, serviços públicos subsidiados, serviços de apoio com assistentes pessoais, e despesas gerais administrativas. O custo da deficiência foi estimado em 10% dos gastos públicos com programas sociais entre os países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), chegando em até 25% em alguns países (OMS, 2012).

Custos indiretos da deficiência envolvem aspectos econômicos, como a perda da produtividade no trabalho devido à falta de investimentos para educar crianças com deficiência, ao abandono do trabalho ou diminuição na quantidade de trabalho associados ao surgimento de alguma deficiência, assim como, a perda na arrecadação de impostos associados à perda de produtividade. Outras causas para a perda de produtividade são o acúmulo insuficiente de capital humano, a falta de emprego e os subempregos. Custos indiretos não-econômicos incluem o isolamento social e o estresse (OMS, 2012).

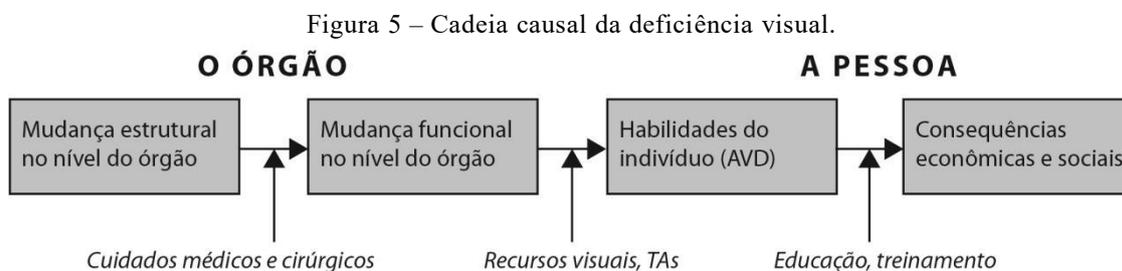
Países da OECD perceberam o aumento no número de recebedores e nas despesas públicas observados nas últimas décadas, o que levou à adoção de estratégias para diminuir a dependência dos benefícios entre as PCD através de sua inclusão no mercado de trabalho. Todos esses custos diretos e indiretos poderiam ser reduzidos com a implementação de ambientes acessíveis e um cenário mais inclusivo (OMS, 2012).

O contínuo causal de Colenbrander (2002), apresenta as consequências da deficiência visual na vida de um indivíduo que se iniciam com impedimentos no nível biológico (estrutura do olho), provocando alterações no nível fisiológico (funções visuais) e vem a prejudicar a realização de AVD pelos indivíduos (habilidades, visão funcional). Esses impedimentos terminam por influenciar na participação social e na qualidade de vida relacionada com a visão. Intervenções podem ser feitas em diferentes níveis dessa cadeia, visando diminuir e eliminar as barreiras que se formam a partir dos impedimentos pessoais. Por exemplo:

- Cuidados médicos e cirúrgicos podem auxiliar a diminuir o efeito funcional de várias doenças;
- Para qualquer tipo de impedimento visual, auxílios visuais e TAs podem reduzir a perda de habilidade e melhorar a habilidade de realizar diversas atividades;

- Adaptações na educação, treinamentos e trabalho podem reduzir impactos sociais e econômicos resultantes da perda de habilidade.

A Figura 5 apresenta a cadeia causal da deficiência visual e as intervenções possíveis nos diferentes estágios dessa cadeia (COLENBRANDER, 2002).



Fonte: adaptado de Colenbrander (2002).

Tendo como uma das premissas o investimento em capital humano para melhores condições de trabalho, esta pesquisa visa criar condições para permitir que as PCDV tenham as mesmas possibilidades de concluírem o Ensino Superior e competir em igualdade no mercado de trabalho, contribuindo assim para o cenário social e econômico brasileiro. Considerando os diferentes níveis em que deficiência visual afeta a vida de indivíduos, esta pesquisa atua no nível de desenvolvimento de GIT com aplicação na educação e treinamento de PCDV.

A educação tem um valor inestimável, sendo reconhecida mundialmente como um instrumento de desenvolvimento pessoal e da própria humanidade. A Declaração Universal dos Direitos Humanos atesta que todo ser humano tem direito à educação e instrução, sendo a educação básica gratuita, e a educação técnico-profissional e educação superior acessíveis e baseadas no mérito (ONU, 1948). Além de ser uma ferramenta que promove a consciência pessoal e social, é uma condição básica para a aquisição dos outros direitos, pois prepara as PCD para o trabalho e obtenção de renda que lhes assegurem viver com independência e dignidade (BRASIL, 2012).

A educação superior tem como funções principais desenvolver o pensamento reflexivo e criativo, estimular criações técnico-culturais e formar profissionais e acadêmicos qualificados para contribuir ativamente para suas áreas específicas (BRASIL, 1996). Estas habilidades e titulações que a educação superior proporciona à PCD garantem uma possibilidade de atuação no mercado competitivo atual e de gozar de uma vida intelectual plena de acordo com os desejos e inclinações de cada indivíduo.

Conforme apresentado na contextualização da pesquisa, o governo brasileiro vem desenvolvendo legislações e políticas públicas em prol da acessibilidade desde 1993. O último avanço nesse sentido, especificamente na área da educação inclusiva, ocorreu com a atualização da Lei de Cotas. Essa atualização determina que parte das vagas de reserva previstas nas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) seja destinada às PCD, de

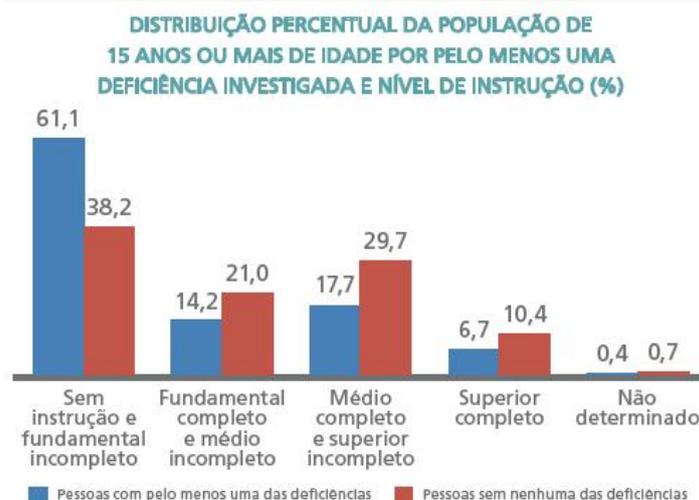
acordo com a estimativa da população de PCD identificada em cada unidade federativa a partir do último censo do IBGE (BRASIL, 2016).

Segundo o documento que orienta as inscrições para o Sistema de Seleção Unificada (SISU), atualmente todas as IFES reservam vagas para PCD em acordo com o Estatuto da Pessoa com Deficiência (Lei 13.146), podendo ainda complementar essas vagas ofertadas com políticas afirmativas próprias (SISU, 2018). Observa-se que dentre as IFES do RS, a UFSM e a Unipampa já incluem desde 2007 as PCD em sua política de ingresso (SUL21, 2012); na FURG e UFPEL, em 2018 os editais de ingresso para o SISU apresentam as reservas específicas para PCD (FURG, 2018; UFPEL, 2018). No caso específico da UFRGS, as novas exigências da Lei foram seguidas no vestibular e no SISU de 2018, em que foram destinadas 23% das vagas de reserva para as PCD. O ex-reitor da UFRGS, Rui Vicente Oppermann, afirma que esta é uma importante mudança na política de acessibilidade da universidade, o que traz o desafio de viabilizar a permanência dos novos alunos. Destacou também que um dos principais desafios nesse sentido é a melhoria da assistência estudantil, questão englobada pelo escopo desta pesquisa (CHAGAS, 2017; COMUNELLO; 2017).

Em um levantamento nacional realizado com 45 de 66 IFES, constatou-se que apesar de menos de 20% das vagas ofertadas pela nova Lei de Cotas tenham sido preenchidas em 2018, isto significa a adesão mais representativa deste público de uma só vez nas IFES. Este levantamento esclarece que a deficiência física corresponde a aproximadamente 50% das vagas ofertadas e a deficiência visual, a 30% aproximados (MARQUES, 2018). Esta medida promove a educação inclusiva, que tem como uma de suas premissas principais a integração em salas de aula comuns pessoas com e sem deficiência. É a partir desta interação que se criam oportunidades valiosas de aprendizado, bem como, através do uso de materiais de qualidade, situações-problema, projetos e trabalhos bem elaborados, nos quais o foco principal é o aluno e não o professor (SARTORETTO, 2011).

As ações de acessibilidade promovidas pelo Governo Federal levaram ao aumento expressivo no número de alunos com deficiência matriculados nas Instituições de Ensino Superior (IES), passando de 2.173 alunos para 20.287 entre 2000 e 2010 (MEC, 2012b). O Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) também assinalou o aumento nas matrículas nos últimos anos, o que confirma esta tendência (INEP, 2014; 2015; 2016). O número de PCD com formação superior ainda é inferior ao número de pessoas sem deficiência com a mesma formação – 6,7% contra 10,4% (Figura 6). Observa-se que o aumento substancial no número de matrículas de PCD aliado ao despreparo das universidades para atender este público contribuem ao fenômeno da evasão escolar.

Figura 6 – Formação de pessoas com e sem deficiência.



Fonte: Brasil (2012).

Destacam-se duas normativas que impactaram positivamente na minimização deste problema na educação superior pública federal: a criação do Programa Nacional de Assistência Estudantil (PNAES) que, com o objetivo de ampliar as condições de permanência, promove ações de assistência que visam a igualdade de oportunidades e melhoria do desempenho acadêmico para as PCD (BRASIL, 2010); e o Decreto 7.611, o qual trata da criação de núcleos de acessibilidade que visam eliminar barreiras físicas, de comunicação e informação que possam prejudicar a participação e o desenvolvimento acadêmico pleno do estudante com deficiência (BRASIL, 2011a).

Nesse sentido, destaca-se o Programa Incluir – Acessibilidade na Educação Superior, executado através da parceria entre a Secretaria de Educação Superior (SESU) e a Secretaria de Modalidades Especializadas de Educação (SEMESP), tem como principal objetivo fomentar a criação e a consolidação de núcleos de acessibilidade nas IFES. Segundo o documento orientador do Programa, 55 universidades federais beneficiam-se com núcleos que objetivam implementar a acessibilidade a partir de 4 eixos: infra-estrutura; currículo, comunicação e informação; programas de extensão; e programas de pesquisa (MEC, 2013).

A presente pesquisa contribui diretamente para o desenvolvimento de dois eixos de atividade do Incluir. Através do projeto de materiais instrucionais táteis é possível melhorar a comunicação e informação dos conteúdos curriculares. Outra contribuição está no conhecimento científico gerado através da realização desta pesquisa. Segundo o documento orientador do Programa Incluir (2013), o desenvolvimento de pesquisas científicas tem sido uma ferramenta importante no avanço da inclusão social das PCD, quando fundamentadas nos princípios do design universal e na valorização da diferença humana, possibilitando, inclusive, inovações ao relacionar os eixos de pesquisa dos programas de pós-graduação com a área da TA.

Segundo Sasaki (2009), para que o processo de educação ocorra de maneira inclusiva, a acessibilidade deve ser considerada nos níveis arquitetônico, comunicacional, metodológico, instrumental, programático e atitudinal. Assim, em um ambiente escolar acessível, o ADV deve ser capaz de acessar os espaços, comunicar-se com as pessoas e receber os conteúdos, ter os instrumentos que possibilitem realizar suas atividades acadêmicas, estar incluído nas logísticas internas da universidade e ser tratado com dignidade e sem preconceitos.

Ao considerar os eixos da acessibilidade de Sasaki (2009), esta pesquisa contribui diretamente para os eixos comunicacional e metodológico. Através do desenvolvimento do *framework* que auxilia na criação dos GIT, as IFES capacitam-se na criação de materiais instrucionais adaptados que atendam as necessidades dos ADV. Ao mesmo tempo, fornecem possibilidades aos professores para trabalharem com a multiplicidade em sala de aula ao elaborarem seus planos didáticos. Segundo Jones e Broadwell (2008), ADV que carecem de materiais e orientações específicas para trabalhar com os conteúdos, acabam ficando sem ação.

No contexto prático dos Núcleos de Acessibilidade das IFES, esta pesquisa visa contribuir a partir da sistematização do processo projetual de GIT. Para isso, busca-se minimizar os problemas existentes e potencializar os processos desempenhados pela equipe de projeto. Nesse sentido, consideram-se as questões apontadas na contextualização da pesquisa, tais como: a baixa qualidade verificada nos gráficos criados; trazer melhorias na eficácia e eficiência do processo projetual através do uso de ferramentas e princípios adequados; diminuir a dependência de profissionais altamente especializados para criar gráficos táteis de qualidade; e proporcionar a reprodutibilidade de gráficos através do uso da tecnologia.

Em relação à relevância desta pesquisa, pode-se considerar inicialmente o contexto da pós-graduação em design da UFRGS. Nesse sentido, esta pesquisa contribui para o desenvolvimento da linha de pesquisa de design e tecnologia assistiva, estando vinculada especificamente ao projeto de pesquisa Design Universal para a Aprendizagem. As seguintes pesquisas compartilham de temáticas com a presente pesquisa: Cardoso (2016); Costa (2016); Oliveira (2016); Viaro (2015); Mora (2012); Thieme (2014); Kulpa (2009) e Bersch (2009). Em um contexto mais amplo da UFRGS, podem-se citar também as pesquisas de Fróes (2015) e Colpes (2014) como compartilhando de temática relacionada.

A partir de uma parceria entre o laboratório Virtual Design (VID) e o Incluir foram desenvolvidos materiais táteis como mapas de navegação, quadros táteis e inclusive GIT. Como resultado, foram geradas publicações que auxiliam no desenvolvimento deste campo teórico e na promoção da acessibilidade como um todo, conforme destaca o documento orientador do Incluir (2013). Brendler *et al.* (2014) desenvolveram 3 GIT utilizando um método de design centrado no usuário e métodos de fabricação digital. Viaro *et al.* (2016) desenvolveram quadros táteis que foram utilizados em uma exposição

do Museu da UFRGS a partir de métodos de design centrado no usuário e do uso da fabricação digital.

Conforme apontado na introdução desta pesquisa, a temática específica de GIT é pouco explorada no campo teórico. Encontram-se mais pesquisas que tangenciam esta temática, enfocando em temas paralelos como o uso da tecnologia para traduzir gráficos, ou sobre como tratar aspectos específicos dos gráficos. A seguir destacam-se algumas pesquisas que justificam o desenvolvimento desta pesquisa.

Reichinger *et al.* (2012) afirmam que por muito tempo, gráficos e modelos táteis foram criados manualmente por pessoas altamente qualificadas. Atualmente, o acesso às ferramentas digitais – *softwares* CAD, escaneamento digital e fabricação digital – abre possibilidades para automação deste processo. A automação da tradução de gráficos táteis representa uma tendência relevante dentro desta área de pesquisa, sendo explorado por diversos autores (CARFAGNI *et al.*, 2012; CHEN *et al.*, 2013; FERRO; PAWLUK, 2013; FURFERI *et al.*, 2014; TAKAGI; CHEN, 2013; VOLPE *et al.*, 2014). Entretanto, a automação completa na tradução de gráficos ainda é um processo arriscado e limitado, considerando a efetividade dos gráficos. Embora existam diversos *softwares* e algoritmos atualmente disponíveis, estes programas raramente executam de forma bem-sucedida o processo de abstração pelo qual passa o gráfico tátil – e.g., enfatizar partes importantes do gráfico, traçar linhas semanticamente importantes, etc. (REICHINGER *et al.*, 2012).

Bersch (2009) desenvolveu uma metodologia para implementação de serviços de TA em escolas públicas. Como sugestões para trabalhos futuros, destacam-se questões relevantes à temática desta pesquisa: identificação de demandas e desenvolvimento de TA para alunos com deficiência visual; como conciliar a necessidade de personalização com os princípios de design universal?; design universal e aprendizagem – projeto de materiais instrucionais que valorizem a diversidade dos alunos.

Compartilhando a temática desta pesquisa, encontraram-se as pesquisas de Sanches (2018), Prescher, Bornschein e Weber (2014) e o conjunto de diretrizes de BANA (2010). A pesquisa de Sanches (2018) sistematiza um *framework* para a produção de GIT utilizando tecnologia de impressão 3D. Esse *framework* traz ferramentas, questionamentos, exemplos e diretrizes que auxiliam no processo, porém sua estrutura complexa dificulta sua aplicação. Prescher, Bornschein e Weber (2014) sistematizam um processo projetual simples e completo a partir de pesquisa com diversas instituições. BANA (2010) traz um compêndio de diretrizes e orientações, além de ferramentas para a produção de gráficos táteis, principalmente figuras braille. Mesmo que estes trabalhos tratem do mesmo tema desta pesquisa, o contexto das IFES não é considerado em nenhum deles.

A ascensão das tecnologias audiovisuais e da internet popularizou a linguagem visual como meio de transmitir informação, o que iniciou uma transformação no cenário da

educação. Vídeos e infográficos tornaram-se familiares e passaram a ser valorizados e requisitados em sala de aula (EDUCAUSE, 2013).

Além de tornar mais presente a linguagem visual na instrução, as novas tecnologias impulsionaram diversas áreas em direções que exigem que os alunos tenham altas habilidades espaciais e de visualização. Por exemplo, as áreas da astronomia, geociência e oceanografia utilizam técnicas ricas em dados que exigem habilidades de entendimento de escala espacial, interpretação de dados espaço-temporais, bem como, criar representações mentais. Dessa forma cada vez mais, pessoas com e sem deficiência visual devem estar preparadas para atuar nessas áreas (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2006).

Autores apontam os principais desafios no projeto de GIT relacionados às etapas de pesquisa com usuários, criação do gráfico tátil e produção, tais como identificar a necessidade dos usuários e as tarefas por estes desempenhadas durante a interação com o gráfico tátil, decisões sobre os métodos de produção utilizados, a aplicação de diretrizes projetuais, a verificação da qualidade do gráfico e a produção de protótipos, entre outros. Um dos desafios mais evidentes na literatura é a necessidade de simplificar o conteúdo do gráfico, buscando encontrar um equilíbrio entre a redução na quantidade de informações sem perder a legibilidade do gráfico (BANA, 2010; HASTY, 2018; BORNSCHEIN; PRESCHER; WEBER, 2015; EDMAN, 1992; ERIKSSON, 2003; KARDOULIAS, 2003; O'MODHRAN *et al.*, 2015; PRESCHER; BORNSCHEIN; WEBER, 2014; CARFAGNI *et al.*, 2012).

Nesse sentido o *framework* proposto nesta pesquisa visa abordar o processo projetual de uma maneira completa, trazendo contribuições para os desafios relatados.

2 Fundamentação Teórica

Este capítulo inclui teorias, conceitos e conhecimentos práticos relevantes na busca da solução do problema proposto. O quadro teórico está organizado em três partes cujos nomes estão associados a elementos importantes no processo de projeto e à proposição do *framework* – o produto, o contexto e o processo.

O quadro teórico inicia-se com a apresentação dos gráficos instrucionais táteis a fim de compreender suas características determinantes, bem como, os seus parâmetros de qualidade.

2.1 *Produto*: Gráficos Instrucionais Táteis

Este tópico inicia introduzindo o conceito de gráficos instrucionais estáticos em perspectiva de sua complementaridade com textos em materiais instrucionais. Após este embasamento, apresentam-se os GIT propriamente ditos e, posteriormente, se discute sobre os critérios de qualidade nesses gráficos.

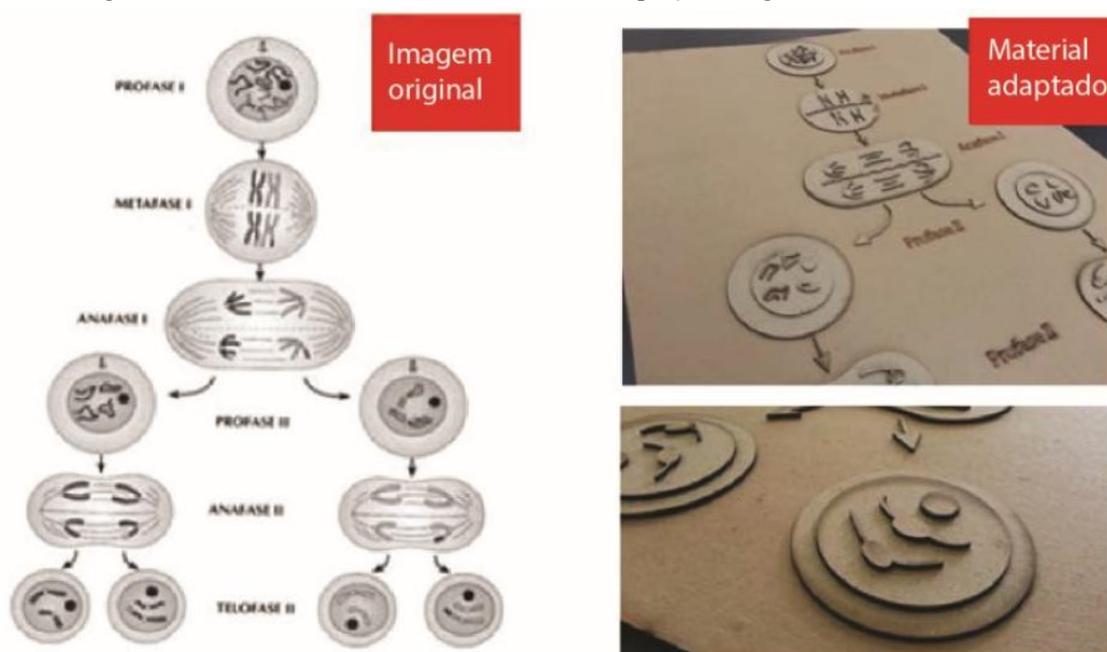
2.1.1 GRÁFICOS, TEXTOS E MATERIAIS INSTRUCIONAIS

Gráficos e textos são os principais recursos didáticos utilizados na confecção dos materiais instrucionais. Ambos os recursos representam o conteúdo instrucional, porém cobrindo distintas funções – gráficos são lidos mais rápida e intuitivamente, mostrando objetos de uma forma direta, enquanto que os textos são mais precisos, descrevendo com maior objetividade (KOSSLYN, 1994; MIJKSENAAR, 1997; NEWARK, 2009; RAMOS, 2009). Em materiais impressos, os gráficos são apresentados juntos aos textos, títulos e legendas, na configuração das páginas simples ou múltiplas, as quais constituem o material instrucional (PETTERSSON, 2013b). Esta variação funcional e a relação de complementaridade entre gráficos e textos influenciam no projeto do material instrucional, tornando cada escolha de gráfico, texto e leiaute importante e, conseqüentemente, determinante na interpretação do material instrucional.

Devido a esses fatores, este item apresenta os gráficos e textos em perspectiva do material instrucional. O objetivo aqui é fornecer um contexto aos GIT, já que os mesmos são adaptados, em sua grande maioria, a partir de gráficos instrucionais estáticos. Nesta pesquisa o termo *gráfico* é compreendido como qualquer tipo de representação visual, bidimensional ou tridimensional sobre um plano, podendo ser *estático* como diagramas, fotografias, ilustrações, imagens tridimensionais e infográficos, ou *dinâmico* como animações, vídeos, realidade virtual e infográficos interativos. Gráficos instrucionais são

aqueles projetados levando em consideração sua adequação ao contexto instrucional²⁰ e têm como resultado a melhoria na aprendizagem dos alunos (CLARK; LYONS, 2011; FILATRO, 2008; MAYER, 2009). Esta pesquisa delimita-se aos gráficos instrucionais estáticos e gráficos instrucionais táteis, não abordando os gráficos instrucionais dinâmicos. Como exemplo de gráfico instrucional estático e tátil, a Figura 7 apresenta um diagrama sobre o processo de meiose em versão impressa e adaptada.

Figura 7 – Gráfico instrucional estático e sua adaptação em gráfico instrucional tátil.



Fonte: adaptado de Brendler *et al.* (2014).

Historicamente, textos são mais valorizados que gráficos ao se tratar de instrução e aprendizagem. Foi somente a partir dos anos 1990 que o campo de pesquisas sobre gráficos instrucionais adquiriu maturidade científica e obteve resultados relevantes e confiáveis para serem aplicados na educação e instrução (CLARK; LYONS, 2011; MAYER, 2009). Atualmente, sabe-se que materiais que contém gráficos são considerados mais interessantes do que materiais sem gráficos, porém nem todos os gráficos são igualmente eficazes no apoio da aprendizagem. Para serem considerados *gráficos instrucionais*, os mesmos devem ser diretamente relevantes aos objetivos de aprendizagem e apoiar processos psicológicos como a atenção, memorização, ativação do conhecimento prévio, etc. Por outro lado, gráficos altamente interessantes e sem relação direta com o objetivo de aprendizagem prejudicam a aprendizagem e são chamados de *gráficos sedutivos* (CLARK; LYONS, 2011; MAYER, 2009; SUNG; MAYER, 2012). Um terceiro tipo de gráfico caracteriza-se por não ter relação direta com o objetivo de aprendizagem e ter uma carga de interesse mais baixa – o seu objetivo é criar uma atmosfera agradável sem distrair excessivamente,

²⁰ As características mais relevantes do contexto instrucional consideradas no projeto dos gráficos instrucionais são os objetivos de aprendizagem, os conteúdos instrucionais e o conhecimento prévio dos alunos (CLARK; LYONS, 2011; FILATRO, 2008; MAYER, 2009).

sendo denominado *gráfico decorativo* (SUNG; MAYER, 2012). O Quadro 2 sumariza os tipos de gráficos e seus efeitos no interesse e aprendizagem.

Quadro 2 – Três tipos de gráficos em materiais instrucionais.

Tipo de gráfico	Relação com objetivo instrucional	Interesse	Efeito cognitivo
Instrucional	Diretamente relevante	Positivo	Positivo
Decorativo	Sem relação direta	Positivo	Neutro
Sedutivo	Sem relação direta	Positivo	Negativo

Fonte: adaptado de Sung e Mayer (2012).

Uma questão que deve ser levada em conta no uso de gráficos em materiais instrucionais é de que a qualidade em relação à sua eficácia instrucional é, em grande parte, questionável. Autores descobriram que apenas uma pequena porção dos gráficos incluídos nos livros didáticos norte-americanos servem a algum propósito instrucional (BRITTON; WOODWARD; BINKLEY, 1993; MAYER; SIMS; TAJIKA, 1995). Explicações possíveis para isso são as barreiras culturais e técnicas que fazem com que gráficos não tenham o mesmo reconhecimento que os textos na promoção do aprendizado, bem como, a falta de conhecimento específico sobre os critérios para agregar valor instrucional a um gráfico (CLARK; LYONS, 2011). Para Coutinho (2006), falta aos professores experiência com a linguagem gráfica durante sua formação profissional e acadêmica, sendo o seu contato com gráficos restringido ao pragmatismo do cotidiano e à estética da mídia.

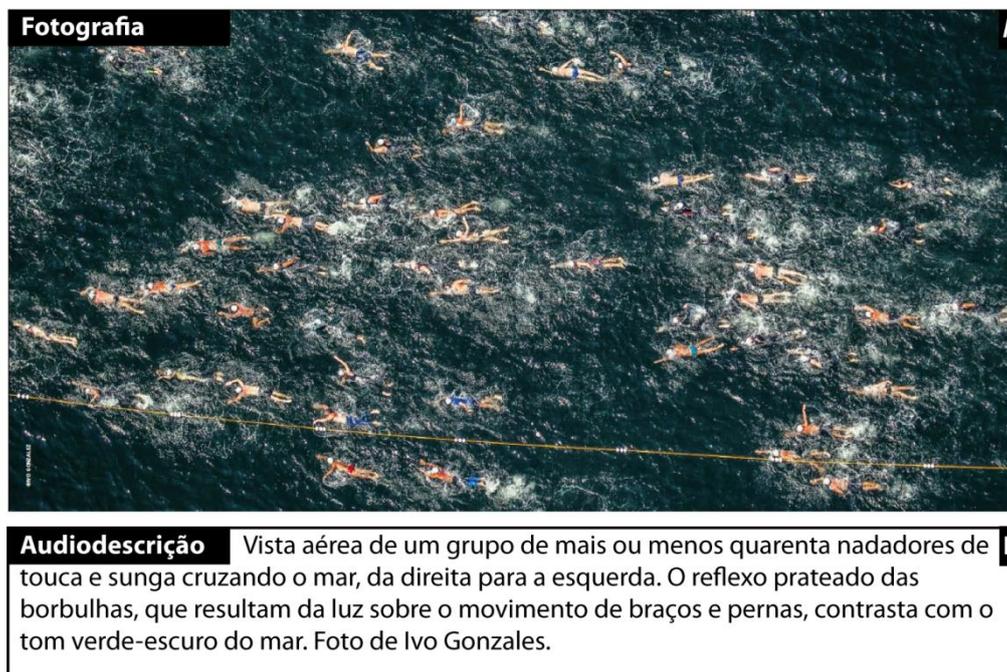
Em uma comparação entre gráficos e textos, podem-se destacar algumas diferenças na comunicação do conteúdo. Os gráficos fornecem um ponto de vista distinto e único sobre os objetos e podem transmitir mensagens de forma concisa e direta, podendo superar a velocidade em que os textos são compreendidos (MIJKSENAAR, 1997; NEWARK, 2009). O processo de compreensão também é distinto entre gráficos e textos: gráficos são representações icônicas, compreendidas a partir de sua semelhança com o objeto representado; textos são representações simbólicas, compreendidas a partir de convenções culturais (KOSSLYN, 1994).

Através do exemplo apresentado na Figura 8 (p. 42) é possível entender melhor as diferenças recém citadas. A fotografia (Figura 8A) permite uma leitura direta da imagem, possibilitando ao leitor extrair em alguns instantes o seu significado – uma competição de natação em mar aberto. Outro aspecto a ser considerado é de que a leitura visual é feita de forma intuitiva e não padronizada e, como leva em conta a experiência prévia de cada leitor, existe a subjetividade na interpretação da mensagem – diferentes leitores irão extrair significados diferentes da mesma imagem.

Por outro lado, o texto é um formato que proporciona maior objetividade e precisão na mensagem, podendo-se restringir a ambiguidade ocasionada na leitura de imagens – a leitura do texto (Figura 8B) determina o número aproximado de nadadores e outras especificidades como as borbulhas e a cor do mar. A leitura de textos pode ser mais lenta do que a de imagens e mais restritiva, já que os textos são encadeados logicamente e não

permitem uma exploração menos estruturada, como ocorre com as imagens (FRASCARA, 2011; MIJKSENAAR, 1997; PETERSSON, 2013a).

Figura 8 – Fotografia e transcrição de sua audiodescrição como exemplos de formatos de conteúdo.



Fonte: adaptado de Curso de Formação em Audiodescrição (2017).

Mais especificamente, em relação a aspectos comunicacionais dos gráficos, Clark e Lyons (2011) elaboraram uma taxonomia que distingue as diferentes funções que os gráficos instrucionais cobrem, cada qual servindo a um propósito específico e podendo se utilizar de diferentes tipos de gráficos para cumpri-las. Segundo essa taxonomia um gráfico pode comunicar utilizando apelo humorístico, representando objetos de forma realista, demonstrando relações quantitativas ou qualitativas entre variáveis, demonstrando mudanças ao longo do tempo e espaço, demonstrando princípios abstratos, e fornecendo auxílios à memória. Estas funções comunicacionais são denominadas: decorativa, representacional, mnemônica, organizacional, relacional, transformacional e interpretativa (Quadro 3, p. 43).

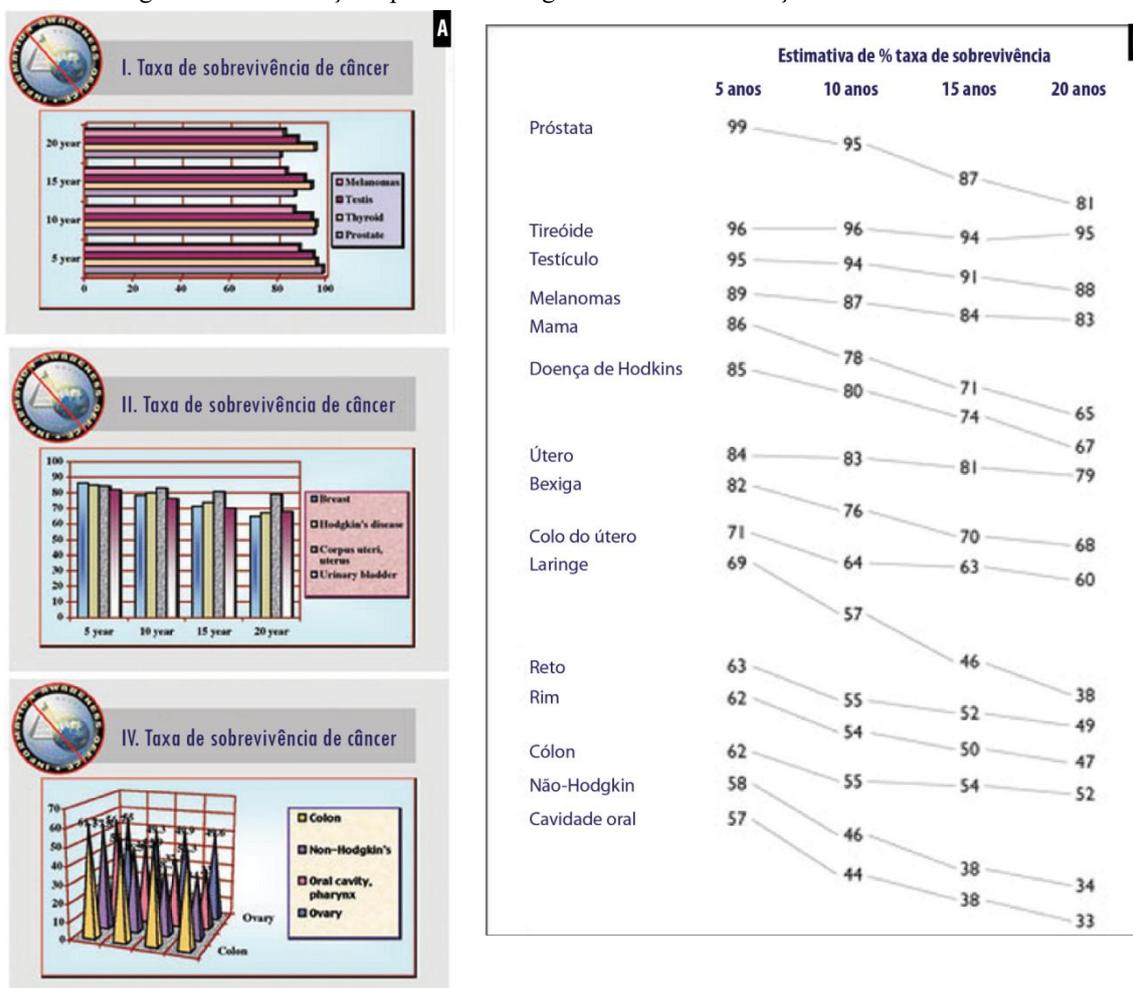
Como exemplo aplicado da taxonomia de Clark e Lyons (2011), a Figura 9 (p. 43) apresenta dois conceitos de gráficos incluídos na categoria *gráficos organizacionais* sobre o mesmo conteúdo – Taxa de sobrevivência de câncer. A Figura 9A mostra gráficos de barra coloridos e complexos em uma sequência de slides; a Figura 9B mostra uma tabela exibindo o conteúdo de uma forma concisa em um único gráfico. Segundo Tufte (2018), a qualidade da apresentação na tabela é maior do que na primeira opção, pois está mais simplificada e demonstra relações entre as variáveis. Ambos os gráficos têm a função comunicacional relacional e, ainda assim, é possível perceber diferenças na apresentação do conteúdo e qualidade do gráfico.

Quadro 3 – Função comunicacional dos gráficos instrucionais.

Função	Objetivo
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: adaptado de de Clark e Lyons (2011).

Figura 9 – Informação apresentada segundo diferentes funções comunicacionais.



Fonte: adaptado de Tufte (2018).

A mensagem extraída a partir da leitura de materiais instrucionais resulta da união de todos os elementos que compõem esses materiais, e a interação entre esses elementos merece uma atenção especial para transmitir informações de forma eficaz (MARSH; WHITE, 2003). Considerando a relação entre gráficos e textos, duas questões podem ser apontadas: a relação espacial entre gráficos e textos em uma página; e a relação semântica em que gráficos e textos se complementam. Levando em conta o primeiro aspecto, decisões sobre como estabelecer relações claras de importância, inclusão, conexão e dependência entre os

conteúdos auxiliam a guiar o leitor na sequência da percepção da mensagem e na construção do significado (FRASCARA, 2004). Nesse sentido, Newark (2009) indica modos de integração entre gráficos e textos, relacionados às relações de dominância espacial desses elementos (Figura 10):

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 10 – Integração espacial entre gráficos e textos.



Fonte: adaptado de Newark (2009).

Segundo Barthes (1977) e Pettersson (2013c) gráficos são por natureza polissêmicos, possibilitando a extração de significados variados a partir de um mesmo gráfico. Uma das formas de direcionar a interpretação dos gráficos é através de relações de ancoragem entre gráficos e textos. Nesse sentido Frascara (2004) estabelece as seguintes opções de ancoragem semântica:

- Um gráfico pode comunicar em apoio ao texto, enfatizando sua mensagem;

- Um gráfico pode se concentrar em um aspecto do texto, trazendo máxima atenção a este aspecto;
- Um gráfico pode adicionar novos aspectos à mensagem, os quais não estão incluídos no texto;
- Um gráfico pode ser apresentado sem apoio de textos e ainda transmitir uma mensagem clara.

Marsh e White (2003) descrevem com maior detalhamento as relações semânticas entre gráficos e textos, de acordo com o seu grau de correspondência. Gráficos com pouca relação com o texto desempenham funções de decorar, eliciar emoção e controlar; gráficos com relação próxima com o texto têm funções de reiterar, organizar, relacionar, condensar e explicar os textos; e gráficos que extrapolam o texto interpretam, desenvolvem e transformam os conteúdos textuais. O Quadro 4 apresenta a taxonomia contendo 49 relacionamentos possíveis entre gráficos e textos, agrupados em 3 categorias principais.

Quadro 4 – Taxonomia das funções dos gráficos em relação aos textos.

Funções expressando pouca relação com o texto	Funções expressando relações próximas com o texto	Funções que extrapolam o texto
<i>Decorar</i> - Mudar ritmo - Combinar estilo <i>Elicitar emoção</i> - Alienar - Expressar poeticamente <i>Controlar</i> - Engajar - Motivar	<i>Reiterar</i> - Concretizar -- Amostra --- Autor/fonte - Humanizar - Referente comum - Descrever - Gráfico - Exemplificar - Traduzir <i>Organizar</i> - Isolar - Conter - Localizar - Induzir perspectiva <i>Relacionar</i> - Comparar - Contrastar - Metáfora <i>Condensar</i> - Concentrar - Compactar <i>Explicar</i> - Definir - Complementar	<i>Interpretar</i> - Enfatizar - Documentar <i>Desenvolver</i> - Comparar - Contrastar <i>Transformar</i> - Alternar progresso - Modelar -- Modelar processo cognitivo -- Modelo processo físico - Inspirar

Fonte: adaptado de Marsh e White (2003).

O estabelecimento do tipo de relação entre gráficos e textos ocorre a partir da análise de gráficos e textos específicos e da correspondência entre aspectos encontrados no gráfico e partes dos textos. Dessa forma, é possível que um gráfico cumpra mais de uma função. A Figura 11 apresenta relações entre um gráfico e texto sobre *ondas de rádio*, as quais apresentam funções de relação próxima (traduzir, induzir perspectiva e comparar) e uma função de extrapolação (modelar um processo físico). Segundo Marsh e White (2003) sua taxonomia pode ser usada como uma ferramenta de comunicação entre os profissionais envolvidos no projeto de materiais instrucionais, tais como designers e especialistas de conteúdo, pois permite estabelecer funcionalidades antes da criação dos gráficos e durante etapas de análise e avaliação do projeto.

Figura 11 – Exemplo de funções semânticas dos gráficos.

Texto
<p>A frequência de cada uma dessas ondas é o que determina se são absorvidas ou se passam pela atmosfera. Ondas de baixa frequência não viajam muito longe pela atmosfera e são absorvidas rapidamente. Ondas de frequência mais alta passam pela ionosfera e escapam para o espaço, enquanto as ondas de baixa frequência refletem à ionosfera e essencialmente “pulam” ao redor da Terra. O diagrama abaixo ajudará a ilustrar isso.</p>
Funções gráficas
<p>Traduzir ➤ O gráfico traduz de forma direta a forma escrita em forma visual.</p> <p>Induzir perspectiva ➤ Exibe ao leitor ver as verdadeiras relações das ondas, assim induzindo perspectiva</p> <p>Comparar ➤ Relaciona as ondas explicitamente comparando-as.</p> <p>Modelar processo físico ➤ Mostra as ondas em relação à Terra e aos objetos voadores, modelando as ondas e suas propriedades, auxiliando o leitor a ver ondas que não são diretamente observáveis.</p>

Fonte: Marsh e White (2003).

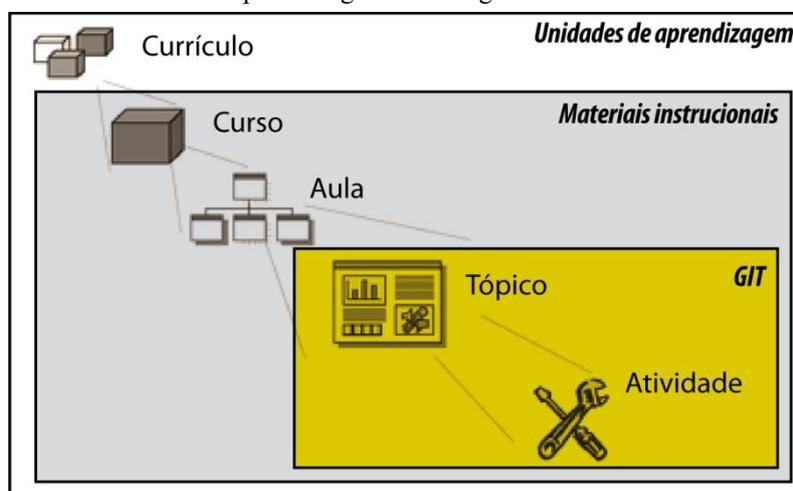
A partir do que foi exposto é possível perceber diferentes aspectos envolvidos na aplicação de textos e, especificamente, de gráficos em materiais instrucionais. Ambos atuam como recursos interdependentes na criação do material instrucional, estando intrinsecamente relacionados nos níveis de forma, conteúdo e funcionalidade. Para completar uma visão

geral desta relação, apresentam-se, a seguir, as características definidoras dos materiais instrucionais.

Materiais instrucionais são meios de comunicação utilizados como ferramentas instrucionais com a função de realizar a mediação entre o conteúdo instrucional e os alunos (BELLONI, 2009; RAMOS, 2009). O escopo de aplicação dos materiais instrucionais em um sistema de educação formal, como o é o caso das IFES, pode ser compreendido a partir do modelo de Horton (2006).

Cada elemento apresentado na Figura 12 corresponde a uma unidade de aprendizagem. 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 dessas disciplinas ou objetivos relacionados. Os tópicos individuais são constituídos de conteúdos elaborados para atingir um simples objetivo de aprendizagem. Por último, as atividades de aprendizagem servem para proporcionar uma experiência de aprendizagem, tais como leitura direcionada, seminário, projetos, entre outros. Apesar de ser eficaz em pontuar questões específicas, dificilmente uma atividade é o suficiente para atingir um objetivo de aprendizagem (HORTON, 2006).

Figura 12 – Unidades de aprendizagem e abrangência dos materiais instrucionais.



Fonte: adaptado de Horton (2006).

É possível estabelecer a seguinte relação de abrangência dos materiais instrucionais em relação ao modelo de Horton (2006): os livros didáticos podem cobrir *disciplinas* inteiras; *aulas* podem ser apoiadas por capítulos de um livro ou uma apresentação digital; *tópicos* e *atividades de aprendizagem* podem ser apoiados por apresentações digitais, documentos específicos ou partes de livros. No caso específico dos GIT abordados nesta pesquisa a situação é particular, pois comumente os mesmos são adaptados a partir de gráficos de tamanho menor que estão incorporados aos materiais instrucionais – comumente livros,

documentos ou apresentações digitais. Devido ao seu tamanho e à presença de texturas e relevos, os GIT resultantes do processo de adaptação, geralmente, constituem materiais que estão fisicamente separados e semanticamente conectados ao conteúdo de um material instrucional. Portanto, os GIT abordados nesta pesquisa, estão mais associados aos tópicos do que a unidades de aprendizagem mais abrangentes como aulas e disciplinas. Dessa forma, por um lado tem-se a distinção nas relações espaciais estabelecidas entre GIT-textos e gráficos impressos-textos; por outro lado, as relações semânticas entre ambos continuam equivalentes.

Segundo Reigeluth (1999) as atividades de aprendizagem²¹ podem ser divididas entre as básicas, aquelas cientificamente comprovadas por aumentarem a probabilidade de ocorrer a aprendizagem sob determinadas circunstâncias, e as atividades de aprendizagem variáveis que são alternativas que se pode escolher para apoiar as atividades básicas. O Quadro 5 sumariza as atividades de aprendizagem básicas.

Quadro 5 – Atividades de aprendizagem básicas (continua).

<p>Aprendiz: uma estratégia experimental de aprendizado em que o aprendiz adquire conhecimentos e habilidades através da participação direta no aprendizado sob uma supervisão pessoal imediata em uma situação que se aproxima às condições em que o conhecimento será utilizado.</p>	<p>Discussão painel: um grupo de 3–6 pessoas tendo uma conversa proposital sobre um tema previamente determinado</p>
<p>Debate: uma discussão formalmente estruturada com duas equipes argumentando lados opostos de um tópico.</p>	<p>Projeto: uma tarefa de desempenho organizada ou atividade de resolução de problemas.</p>
<p>Demonstração: uma apresentação cuidadosamente preparada que demonstra como realizar uma ação ou usar um procedimento; acompanhada por explicações orais e visuais adequadas; frequentemente acompanhada por questões.</p>	<p>Projeto de equipe: um pequeno grupo de alunos trabalhando colaborativamente para realizar uma tarefa ou solucionar um problema.</p>
<p>Visita de campo: uma visita educacional cuidadosamente planejada em que um grupo visita um objeto ou lugar de interesse para observação direta ou estudo.</p>	<p>Seminário: uma estratégia na qual um ou diversos membros de um grupo realizar um estudo ou projeto sobre um tema (geralmente selecionado pelo professor), e apresentam seus achados para o resto do grupo, seguido por uma discussão (geralmente guiada pelo professor) sobre os achados para se chegar a uma conclusão geral.</p>

²¹ Atividades de aprendizagem, atividades instrucionais e métodos instrucionais são termos intercambiáveis.

Quadro 5 – Atividades de aprendizagem básicas (continuação).

<p>Jogo: uma atividade instrucional na qual os participantes seguem regras prescritas, que diferem daquelas da realidade, enquanto tentam atingir um objetivo desafiador; é geralmente competitivo.</p>	<p>Reunião silenciosa: um período de 15 a 60 minutos de meditação e expressão verbal limitada por um grupo de 5 ou mais pessoas; requer um grupo de pessoas que não sejam estranhos entre si; é utilizado em um ponto no qual os líderes e membros sintam que a reflexão e contemplação são desejáveis.</p>
<p>Discussão em grupo, guiada: uma conversação e deliberação proposital sobre um tópico de interesse mútuo entre 6–20 participantes sob a guia de um líder.</p>	<p>Simulação: uma abstração ou simplificação de uma situação real, processo ou tarefa.</p>
<p>Discussão em grupo, aberta/livre: uma discussão grupal livre sobre um tópico selecionado por um professor, que age como dirigente; o aprendizado ocorre somente através do intercâmbio entre os membros do grupo.</p>	<p>Estudo de caso: um tipo de simulação que objetiva proporcionar aos alunos a experiência no tipo de tomada de decisão requerida mais tarde.</p>
<p>Simpósio antigo: um grupo de 5–29 pessoas que se encontram em uma casa ou sala privada para aproveitar de boa companhia, entretenimento, companheirismo, e com o desejo de discutir informalmente um tópico de interesse mútuo.</p>	<p>Interpretação: um estudo de caso dramatizado; uma atuação espontânea de alguma situação, condição ou circunstância, realizado por um grupo eleito ou grupo de aprendizagem.</p>
<p>Entrevista: uma apresentação de 5 à 30 minutos conduzida diante de um público na qual uma pessoa convidada responde a um questionamento sistemático pelo público sobre um tópico predeterminado.</p>	<p>Grupo de reflexão/Brainstorm: um grupo se empenha para gerar novas ideias para resolução criativa de problemas; pensamentos de um participante estimulam novos direcionamentos e pensamentos em outros participantes.</p>
<p>Laboratório: uma experiência de aprendizagem em que alunos interagem com materiais crus.</p>	<p>Tutorial, programado: método de instrução um-a-um em que decisões realizadas pelo instrutor (ao vivo, texto, computador, ou sistema expert) são previamente programadas por meio de instruções estruturadas cuidadosamente selecionadas; tem o ritmo baseado no indivíduo, requer resposta ativa do aluno, e fornece <i>feedback</i> imediato.</p>
<p>Laboratório guiado: uma experiência de aprendizagem guiada por um instrutor na qual os alunos interagem com materiais crus.</p>	<p>Tutorial, conversacional: método de instrução um-a-um em que o instrutor apresenta a instrução de modo adaptativo; tem o ritmo baseado no indivíduo, requer resposta ativa do aluno, e fornece <i>feedback</i>.</p>
<p>Palestra/fala: uma apresentação oral cuidadosamente preparada de um conteúdo por uma pessoa qualificada.</p>	<p>Diálogo socrático: um tipo de tutorial conversacional em que o tutor guia o aluno na descoberta através de uma série de questões.</p>

Quadro 5 – Atividades de aprendizagem básicas (conclusão).

<p>Palestra, descoberta guiada: uma estratégia de aprendizagem em grupo na qual um público responde a questões postas por um instrutor, selecionadas para guia-los em direção à descoberta (também chamada de aula de recitação)</p>	<p>Nota: <i>existem muitas variações nessas abordagens, e frequentemente se usam muitas abordagens distintas em combinação.</i></p>
---	--

Fonte: adaptado de Reigeluth (1999).

A Figura 13 (p. 51) apresenta os métodos instrucionais variáveis, estabelecendo relações e demonstrando interações entre professor, aluno e materiais instrucionais.

Diversos autores afirmam que a teoria da comunicação é utilizada amplamente no projeto visual, pois apoia a compreensão de processos relevantes à codificação, interação e decodificação da mensagem (FRASCARA, 2004; MEGGS, 1992; MUNARI, 2006; PETERSSON, 2013c). Considerando o material instrucional como uma ferramenta que auxilia professores e alunos no processo de ensino e aprendizagem através da mediação do conteúdo (BELLONI, 2009; RAMOS, 2009), a teoria da comunicação pode ser utilizada como meio de elucidar aspectos envolvidos neste processo. (FRASCARA, 2004; MEGGS, 1992; MUNARI, 2006; PETERSSON, 2013c). Dessa forma, aspectos relevantes no projeto, produto resultante e leitura dos materiais podem ser embasados segundo o modelo de Pettersson (2013c), o qual considera projetistas e leitores como elementos ativos no processo de comunicação, e o material instrucional como interface entre a mensagem pretendida pelo projetista e a mensagem interpretada pelo leitor, seja este uma pessoa com ou sem deficiência.

A Figura 14 (p. 52) apresenta o modelo partir de uma visão geral, em que diversas atividades estão presentes no processo comunicacional: 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 (PETERSSON, 2013c).

Este item apresentou os gráficos como ferramenta instrucional, levando em consideração sua relação com os textos e com os materiais instrucionais. Fica clara a necessidade de utilizar gráficos instrucionais e evitar os chamados gráficos sedutivos e gráficos decorativos em contextos em que a aprendizagem é o principal objetivo.

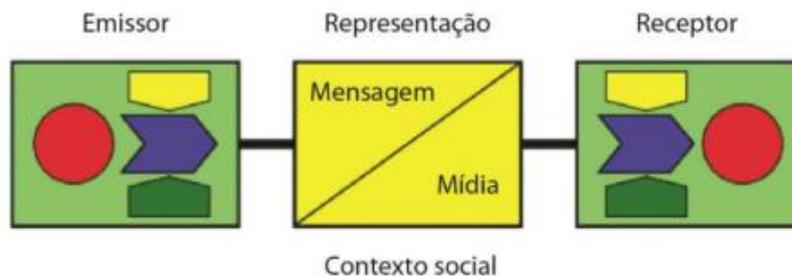
Figura 13 – Métodos instrucionais variáveis.

Métodos		Forças
Palestra/Apresentação	(falando) P → A P → A P → A	Eficiente Padronizado Estruturado
Demonstração/Modelagem	P (Demonstração realista) → A P → A P → A	Orientação Aplicação
Tutorial	P → A	Customizado Responsabilidade do aprendiz
Exercícios & Prática	P → AA → AA → AA → AA P → AA → AA → AA → AA	Automatizado Maestria
Controle Independente/do aprendiz	P - - A ↔ Ri	Implementação flexível
Discussão, Seminário	P → A A → A A → A A → A	Significativo, realista, pertencido, customizado ao aprendiz
Aprendizagem em grupo cooperativa	P → AA → AA → AA → Pr a) condições artificiais b) prática real	Propriedade Construção de equipes
Jogos (regras artificiais)	Regras artificiais AA → AA / AA → AA	
Simulações	Estrutura Realista Contexto → AA → AA	Alta transferência Alta motivação
Descoberta Individual	P - - AA → Rb	
Em grupo	P - - AA → Rb AA AA	
Resolução de problemas/ Laboratório	P - - AA → Pr AA AA	Pensamento de Ordem Elevada em problemas mal-estruturados

P = Professor (ao vivo ou automatizado) A = Aluno Ri = Recurso (Instrucional) - - = Envolvimento indireto
 Pr = Problema AA = Atividade de Aprendizagem Rb = Recurso (bruto) ➤ = Direção do controle

Fonte: adaptado de Reigeluth (1999).

Figura 14 – Teoria da comunicação.



Fonte: adaptado de Pettersson (2013c).

Gráficos e textos possuem diferenças determinantes na maneira em que comunicam o conteúdo, de forma que é importante reconhecer suas potencialidades e limitações na hora de projetar. Os mesmos estão intrinsecamente conectados em materiais instrucionais e são compreendidos a partir de suas relações formais e semânticas, podendo interagir de maneiras distintas para conformar uma mensagem. Sendo traduções para outros formatos, GITs conservam características semânticas em relação aos gráficos impressos, porém se diferem nas relações espaciais estabelecidas com os textos, quando comparados aos gráficos originais.

2.1.2 GRÁFICOS INSTRUCIONAIS TÁTEIS

Gráficos instrucionais táteis são adaptações realizadas a partir dos gráficos instrucionais estáticos visando torná-los acessíveis aos ADV. Ao investigar a literatura sobre o tema, encontram-se denominações variadas, tais como gráficos táteis, gráficos tangíveis, mídias tangíveis, diagramas táteis, superfícies em relevo, entre outras (CARDOSO, 2016; ERIKSSON, 2003; O'MODHRAN *et al.*, 2015; REICHINGER *et al.*, 2012).

Considerando que o termo gráficos táteis é suficientemente abrangente para englobar os diferentes tipos de materiais instrucionais abordados nesta pesquisa e foi encontrado com consistência na literatura sobre o tema, o mesmo será adotado nesta pesquisa para se referir às transcrições táteis de representações visuais. Adicionando a este o caráter instrucional, o qual determina que os gráficos devem ser relevantes ao conteúdo e ao contexto de aprendizagem, o termo adotado é o de gráficos instrucionais táteis. O objetivo deste item é apresentar os tipos, classificações e principais características dos gráficos instrucionais táteis a fim de apoiar a elaboração do *framework* em proposição nesta pesquisa.

Segundo Eriksson (2003), gráficos táteis não são uma criação recente. Apesar de observar-se nos últimos 300 anos variações no nível de produção e interesse neste tópico, gráficos adaptados de biologia, química, física, matemática e geografia foram produzidos de forma contínua desde então, devido à sua indispensabilidade ao público com deficiência visual. Registros escritos relatam a existência de gráficos táteis a partir do séc. XVII, porém

somente a partir do início do séc. XIX têm-se evidências físicas de grandes coleções. A partir do séc. XIX, gráficos táteis foram produzidos em formatos ampliados, sendo incluídos em livros impressos em relevo, bem como, distribuídos individualmente em portfólios de gráficos táteis. A produção em maior escala desses gráficos deve-se em parte ao surgimento das tecnologias de impressão em larga escala e ao conseqüente aumento no acesso e na distribuição de gráficos. Além disso, o aumento no número de trabalhos desenvolvidos na área da percepção tátil contribuiu para o projeto de gráficos táteis, porém, com graus variáveis de qualidade, devido à problemas de produção (ERIKSSON, 2003).

Atualmente, presencia-se uma segunda revolução global na distribuição e no acesso de gráficos. Tecnologias com preços acessíveis como computadores, dispositivos móveis e internet, somados ao fenômeno da globalização, modificaram a maneira como as pessoas se comunicam, aprendem, trabalham, criam, fazem negócios e se divertem. *Smartphones* e *tablets* conectados à rede podem ser utilizados como ferramentas instrucionais e não devem mais ser vistos pelo professor como uma distração (KOULOPOULOS; KELDSEN, 2016). O potencial para a inclusão de PCDV com o auxílio desses dispositivos também deve ser considerado no contexto atual, pois os mesmos contam com entrada e saída de áudio, uso de gestos e adaptações de zoom e contraste, proporcionando suporte para abordagens múltiplas para acessar funcionalidades subjacentes (O'MODHRAIN *et al.*, 2015). Pesquisas e teorias desenvolvidas na área dos gráficos instrucionais valorizaram os mesmos ao nível instrucional (CLARK; LYONS, 2011; MAYER, 2009; SUNG; MAYER, 2012; WEIDENMANN, 1994). Nesse contexto, historicamente predominado pela linguagem verbal, gráficos, infográficos e vídeos passam a ser valorizados e requisitados em sala de aula (CLARK; LYONS, 2011; EDUCAUSE, 2013).

Gráficos táteis podem ser gerados a partir da combinação entre variadas tecnologias de produção, materiais e texturas. Edman (1992) distingue entre 16 métodos de produção de GT que resultam em gráficos distintos, sendo 8 destes executados manualmente com o auxílio de ferramentas, 6 com o auxílio de máquinas e 3 por meio de sistemas CAD. Estes sistemas CAD facilitam muito o processo de produção de materiais acessíveis, pois tornam o trabalho de criação, edição, recuperação e produção mais ágil e inteligível (EDMAN, 1992). No contexto desta pesquisa, interessam os gráficos táteis que usam tecnologias atuais para a produção semiautomatizada, tal como a prototipagem rápida.

Nesse sentido, a taxonomia de Reichinger *et. al* (2012) estabelece uma relação de dimensionalidade entre os gráficos estáticos (entrada 2D) e os gráficos táteis (saída 2D, 2.1D/2.5D e 3D), considerando as tecnologias atuais. No caso desta pesquisa, conforme apresentado em sua delimitação, o enfoque está na tradução de gráficos 2D para gráficos 2.1/2.5D. Neste caso, o projetista deve interpretar a profundidade e a superfície no gráfico original a fim de estabelecer estas propriedades no gráfico tátil resultante. A seguir, descreve-se a taxonomia de Reichinger *et. al* (2012):

- **Objetos 2D:** correspondem a gráficos estáticos tais como fotografias, pinturas, mapas, desenhos e diagramas. São inerentemente planos, sem conter elevação suficiente que forneça informação tátil relevante. As informações de profundidade são obtidas óticamente através do uso de técnicas de composição como oclusão (dando a impressão de ordenamento de objetos), sombreamento e foco (fornecendo a impressão de volume).
- **Objetos 2.1D:** são objetos criados a partir de técnicas de sobreposição de camadas, podendo utilizar diversos materiais, incluindo papel, polímero e tecidos. Para simplificar a produção, máquinas de corte a laser e de vinil podem ser usadas para cortar as partes individuais.
- **Objetos 2.5D:** são objetos com relevo representativo tais como relevos em moedas, modelos de terreno e fachadas de prédio. Eles diferenciam-se de objetos 3D pois possuem limitações nas vistas representadas – propriedades como cortes ou partes posteriores não podem ser representados. Do ponto de vista técnico, esses objetos têm diversas vantagens em aquisição, armazenamento, edição e produção – além dos métodos usuais, podem ser gerados a partir de escaneamento 3D²² e estereofotogrametria²³; têm tamanho apropriado para manuseio e características de profundidade salientes; e são mais robustos e fáceis de produzir e montar devido à sua parte posterior plana.
- **Objetos 3D:** todos os tipos de objetos, esculturas e elementos arquitetônicos podem ser obtidos em 3D a partir de métodos de modelagem e com uma grande variedade de *scanners* 3D e métodos de fotogrametria. A produção é mais complicada do que nos gráficos 2.5D, devido a fatores de custo, tempo de produção, durabilidade e limitações de tamanho.

De acordo com o enfoque desta pesquisa, a Figura 15A (p. 55) apresenta a pintura original de *Madonna da Campina*, de Rafael (entrada 2D), ao lado de suas adaptações em gráficos táteis – um diagrama em profundidade com camadas (saída 2.1D) (Figura 15B) e um relevo volumétrico texturizado (saída 2.5D) (Figura 15C). Estes dois formatos adaptados correspondem aos dois principais tipos de representação tátil, sendo encontrados com maior frequência na literatura – diagramas táteis e superfícies em relevo. O diagrama tátil traduz gráficos estáticos em versões mais simplificadas, utilizando camadas em relevo (Figura 15B); A superfície em relevo traduz a figura original de forma mais realista através da volumetria (CARFAGNI *et al.*, 2012).

Reichinger *et al.* (2012b) classifica os gráficos táteis quanto a sua dimensionalidade e ao processo de adaptação. Porém, considerando o formato dos gráficos, os mesmos podem ser classificados em 4 grupos distintos: a) diagramas táteis; b) superfícies em relevo; c)

²² Técnica em que dispositivos equipados com câmeras e sensores são capazes de gerar modelos tridimensionais.

²³ A fotogrametria é uma técnica de obtenção de modelos tridimensionais a partir de uma série de fotografias de um mesmo objeto. A estereofotogrametria utiliza diversas câmeras posicionais em ângulos específicos enquadrando um mesmo objeto.

gráficos universais; e d) formatos múltiplos. A partir da revisão de literatura, verificam-se os dois primeiros como os formatos mais utilizados, tendo em vista a produção semiautomatizada, que é o foco desta pesquisa. Gráficos universais e formatos múltiplos são relevantes a esta pesquisa devido à sua maior abrangência aos públicos com deficiência visual e normovisuais. Esta classificação foi obtida a partir de Carfagni *et al.* (2012), Reichinger; Maierhofer; Purgathofer (2011), Kardoulas (2003), Cardoso (2016) e Tojal (2007).

Figura 15 – Gráfico estático (2D) e Gráficos táteis (2.1D e 2.5D).



Fonte: adaptado de Reichinger *et. al* (2012).

A seguir apresentam-se os diagramas táteis e as superfícies em relevo a partir de adaptações da obra *Natureza morta com frutas*, de Fernando Botero (Figura 16). Estas adaptações foram realizadas utilizando processos semiautomatizados a partir de *softwares* CAD, algoritmos e métodos de prototipagem rápida.

Figura 16 – Pintura de referência para diagramas táteis.



Fonte: adaptado de Carfagni *et al.* (2012).

a) Diagramas táteis

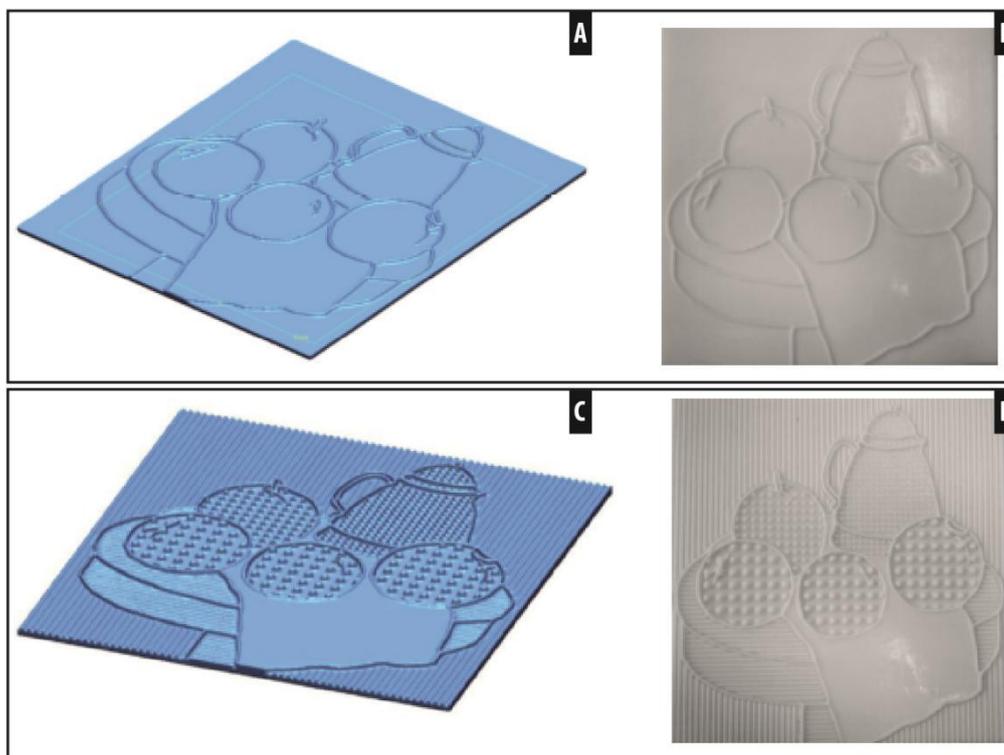
O diagrama tátil não é uma reprodução exata da imagem original em relevo, mas uma tradução dessa imagem em linguagem tátil (CARFAGNI *et al.* , 2012). São compostos de diversas camadas individuais cortadas e coladas umas sobre as outras para remontar a espacialidade da figura original. Os diagramas táteis simplificam a figura original às suas

estruturas mais importantes para a compreensão (REICHINGER; MAIERHOFER; PURGATHOFER, 2011). Carfagni *et al.* (2012) subdividem os diagramas táteis em:

- **Diagrama em contorno tátil:** os objetos são representados por linhas em relevo de acordo com seus contornos;
- **Diagrama em padrão texturizado:** cada objeto da cena é caracterizado por um padrão diferente;

A Figura 17 apresenta os dois tipos de diagramas táteis em versão digital e protótipo físico. A Figura 17A apresenta o arquivo STL, preparado no *software* para a impressão 3D, e ao lado, o diagrama em contorno tátil gerado (Figura 17B). A Figura 17C apresenta o arquivo STL ao lado do diagrama em padrão texturizado gerado a partir do processo (Figura 17D).

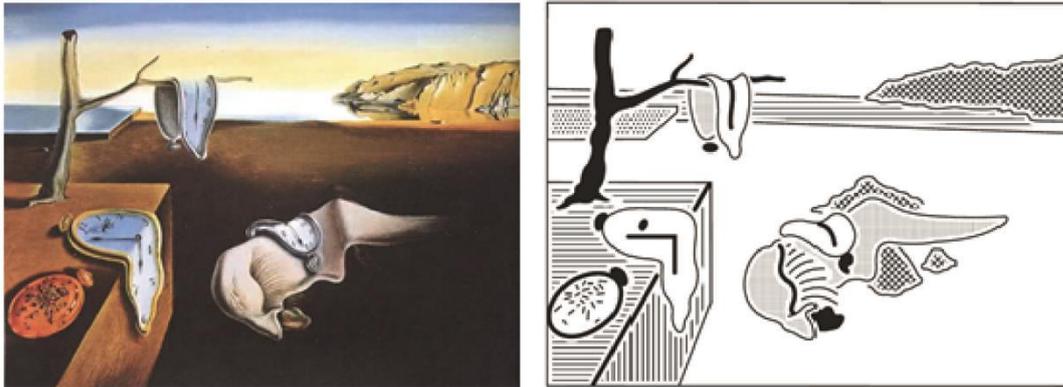
Figura 17 – Diagramas táteis em versões digitais e protótipos físicos.



Fonte: adaptado de Carfagni *et al.* (2012).

Carfagni *et al.* (2012) apontam que os diagramas táteis geralmente vêm acompanhados de uma descrição verbal que guia o usuário na exploração lógica e ordenada do conteúdo. Embora isso não seja um imperativo, no caso de pinturas, esculturas e obras de arte, a descrição verbal é obrigatória para a efetividade do diagrama, necessitando incluir informações históricas da obra e uma descrição detalhada do trabalho (KARDOULIAS, 2003). Para exemplificar este aspecto, a Figura 18. Apresenta a obra *A Persistência da Memória* de Salvador Dalí, em sua versão original e diagrama tátil em padrão texturizado. A seguir apresentam-se comentários relevantes ao projeto de GIT relacionados à descrição elaborada por ABS (2018), a qual pode ser encontrada no Anexo A desta pesquisa.

Figura 18 – Obra A Persistência da Memória e sua adaptação tátil.



Fonte: adaptado de ABS (2018).

Nota-se que a descrição verbal da obra de Dalí traz informações em três níveis distintos – exploração, forma e conteúdo. A narrativa instrui o leitor sobre onde tocar, o que perceber, e a sequência em que se deve tocar os objetos da obra – direções, medidas e movimentos das mãos guiam a exploração. A composição do gráfico é descrita considerando planos de composição (plano frontal, plano médio e plano de fundo), o posicionamento dos elementos no espaço compositivo e as interseções desses elementos (interrupções, ordenamento).

A forma é descrita incluindo elementos básicos utilizados na composição de gráficos como pontos, linhas, formas e volumes, junto de suas características definidoras (regulares, irregulares, orgânicos, geométricos, contínuos, finos, grossos, etc.). Padrões de textura também são descritos quanto sua forma e características. Metáforas são utilizadas para descrever formas complexas e texturas que podem ser comparadas com outros objetos familiares ao leitor (textura de tecido de cesta, forma maleável como cera). Outro aspecto que está presente na descrição do conteúdo é o uso da abstração e omissões – em função da simplificação do gráfico, elementos são abstraídos (formigas transformadas em linhas e uma mosca vira um ponto) e outros são ocultos (números do relógio são descritos no texto, mas não estão presentes no gráfico tátil).

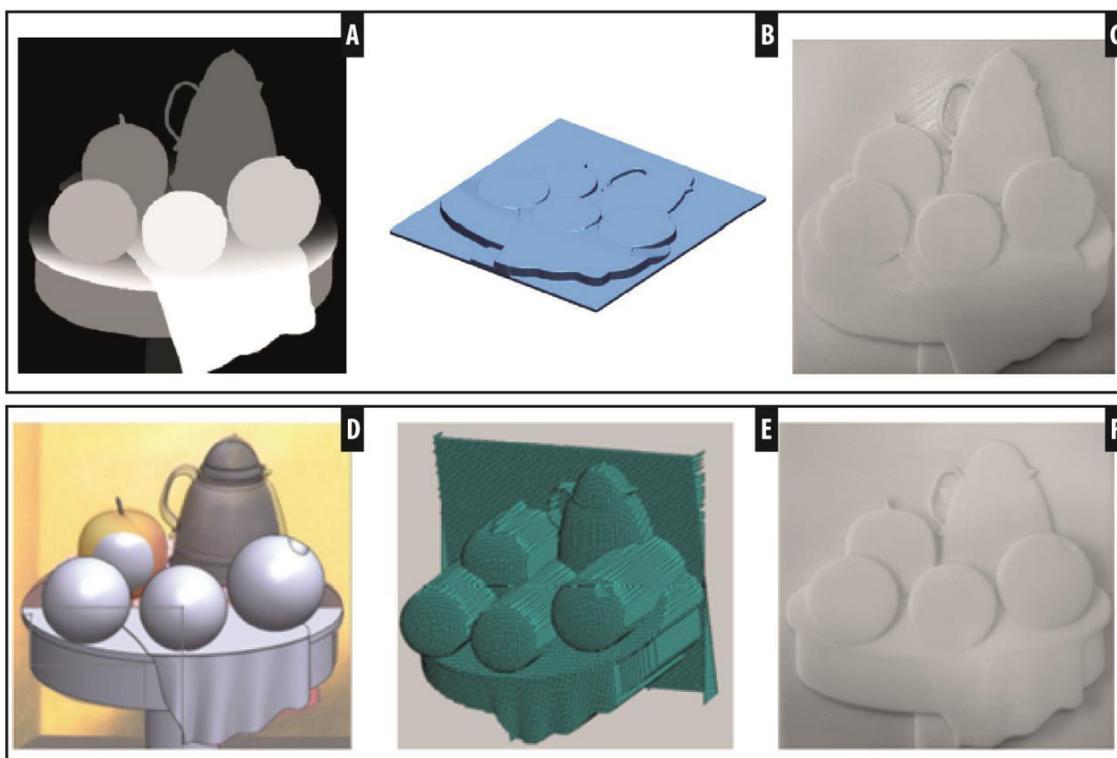
b) Superfícies em relevo

Segundo Carfagni *et al.* (2012), as superfícies em relevo são representações que transmitem a volumetria da imagem original de uma forma mais realista em comparação aos diagramas, melhorando a percepção de profundidade. A tridimensionalidade do gráfico estático, a qual pode ser inferida através de pistas visuais como sombreamentos ou perspectivas, é representada através de volumes sobre uma superfície plana que corresponde ao plano de fundo. Estas pistas visuais devem ser transformadas em informação tátil de forma a melhorar a percepção de profundidade (REICHINGER; MAIERHOFER; PURGATHOFER, 2011). Carfagni *et al.* (2012) classificam as superfícies em relevo em:

- **Superfície em relevo plano:** cada objeto na cena é representado por superfícies planas em diferentes profundidades.
- **Superfície em relevo volumétrico:** cada objeto é representado tridimensionalmente sobre uma superfície tal qual seu volume é percebido na figura original.

A Figura 19 apresenta ambas as superfícies em relevo e momentos críticos relativos ao seu processo de produção. Na superfície em relevo plano, o mapa de profundidade estabelece os níveis em que as diferentes superfícies planas são posicionadas (Figura 19A) e, posteriormente, o arquivo STL (Figura 19B) prepara a impressão da superfície em relevo plano, resultante deste processo (Figura 19C). Na superfície em relevo volumétrico, o modelo 3D gerado em *software* CAD (Figura 19D) é transformado em uma superfície 2.5D (Figura 19E), gerada a partir de um algoritmo sobre o arquivo STL, o qual é utilizado para imprimir a superfície em relevo volumétrico resultante do processo (Figura 19F).

Figura 19 – Superfícies em relevo em versões digitais e protótipos físicos.



Fonte: adaptado de Carfagni *et al.* (2012).

c) Gráficos universais

Quando se consideram gráficos táteis acessíveis a um público mais abrangente, outros tipos de gráficos são examinados. Gráficos universais se propõem a ser acessíveis para PCDV e normovisuais, incluindo em um mesmo formato recursos diversos sobre os quais esses públicos podem acessar o conteúdo, tais como figuras e formas em relevo com impressão em cores, e texto ampliado com adição de texto em braille. Esses gráficos incorporam principalmente os seguintes princípios do design universal aplicados à instrução, conforme explica Burgstahler (2002): uso equitativo, em que o gráfico é útil e

pode ser acessado por pessoas com distintas habilidades; informação perceptível, a informação essencial é comunicada de forma efetiva, independente das habilidades sensoriais; e tamanho e espaço para uso, no qual o gráfico tem um tamanho ideal para a aproximação e manipulação, independente de tamanho e postura corporal. Segundo Neves (2010) este tipo de gráfico tátil tem como foco a PCDV, porém também proporciona ao normovisual uma percepção enriquecida, devido à adição de sentidos complementares durante o ato de exploração.

Segundo King-sears (2009) a principal característica dos objetos projetados segundo os princípios do design universal é o seu uso imediato e independente *do jeito que são* – sem a necessidade de adaptações ou modificações – por qualquer um. Cardoso (2016) apresenta exemplos de gráficos universais sobre expressões comuns e curiosas empregadas no futebol, presentes no acervo do Museu do Futebol. Esses gráficos são produzidos em tamanho ampliado, com textos impressos em tinta e em braille, e contém formas coloridas com relevo texturizado. Os relevos são elevados em diferentes níveis visando melhorar a percepção e distinção das formas, assim como mostra o detalhe da Figura 20A. Os gráficos são planejados desde o início para serem universais, resultando em conteúdo e forma simples e claros – formas simplificadas com poucos elementos, cores contrastantes, e níveis, contornos e texturas bem definidos (Figura 20).

Figura 20 – Diagramas universais do museu do futebol.



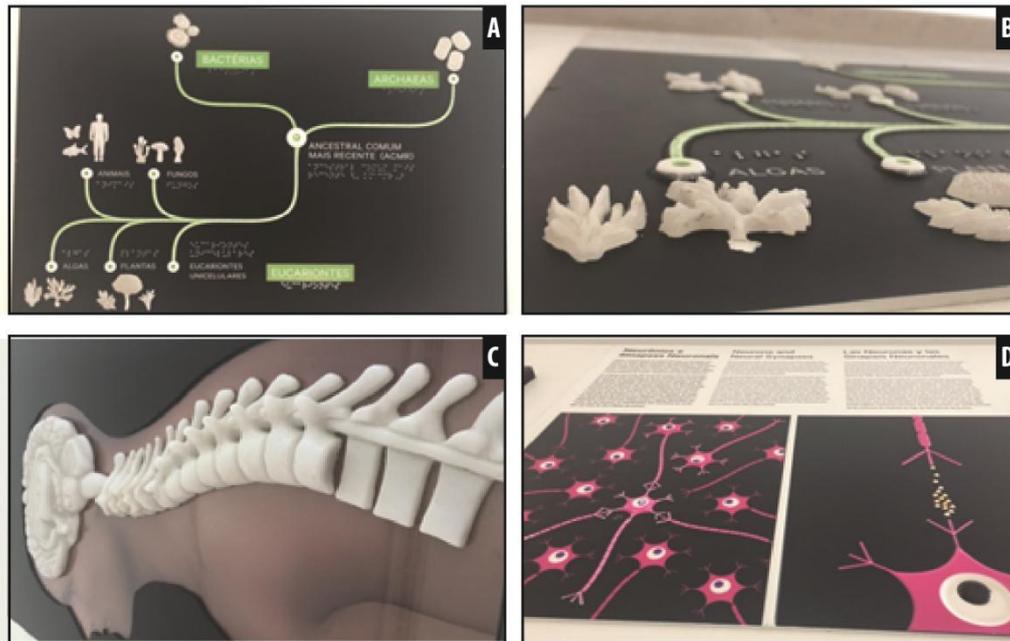
Fonte: Cardoso (2016).

O Museu do Amanhã²⁴ também traz exemplos relevantes em relação aos gráficos universais (Figura 21). No setor *Terra*, o qual busca explicar as origens da vida, as relações genéticas entre todos os organismos e o funcionamento do corpo humano, são apresentados três gráficos universais (MUSEU DO AMANHÃ, 2018). O gráfico esquemático

²⁴ Centro cultural-educativo, localizado na cidade do Rio de Janeiro, que busca proporcionar experiências e reflexões acerca do papel do homem na terra e no universo, abordando temas como biologia, cosmos, tecnologia e sustentabilidade (MUSEU, 2018). <https://museudoamanha.org.br/pt-br>

da árvore filogenética da vida (Figura 21AB) é formado por superfícies em relevo volumétrico (Figura 21B), cores contrastantes, legendas em texto ampliado e texto em braille. O gráfico do sistema nervoso central (Figura 21C), enfatiza o cérebro e a coluna vertebral em relevo volumétrico e a figura humana impressa e com seu contorno recortado em baixo relevo. Os dois gráficos dos neurônios (Figura 21D), impressos em tinta e em relevo volumétrico, mostram as relações entre os neurônios e, em detalhe, o processo de transmissão dos estímulos nervosos.

Figura 21 – Gráficos universais do Museu do Amanhã.



Fonte: o autor.

d) Formatos múltiplos

Os formatos múltiplos adaptam um gráfico estático utilizando gráficos táteis de diferentes formatos, oferecendo assim mais possibilidades de exploração. Neste tipo de gráfico tátil pessoas com baixa visão, por exemplo, podem se beneficiar do uso de sua visão residual a partir de diagramas táteis com alto contraste de cores, e ainda obter uma percepção tátil detalhada a partir de superfícies em relevo volumétrico. Assim um público mais diversificado pode ser abrangido, considerando diferentes tipos de deficiência e preferências pessoais.

A Figura 22 apresenta gráficos táteis em formatos múltiplos, incluindo diagramas táteis e superfícies em relevo. Neste caso, as obras originais fazem parte do acervo da Pinacoteca de São Paulo e não podem ser tocadas, sendo assim, cada uma das obras foi adaptada em um diagrama tátil e uma superfície em relevo. Dessa forma é possível abranger

simultaneamente, públicos com baixa-visão²⁵ e cegos e, inclusive, fornecer uma percepção complementar que pode enriquecer os normovisuais (TOJAL, 2007).

Figura 22 – Reprodução de obras em multiformatos táteis.



Fonte: adaptado de Cardoso (2016).

Os formatos múltiplos podem ainda abranger mais formatos adaptados na tradução de uma mesma obra, com o intuito de ampliar as possibilidades de percepção. A exposição *Sentir prá Ver*, realizada pela Pinacoteca do Estado de São Paulo com os princípios do design universal, apresenta obras em formatos variados que visam traduzir a obra original, bem como, complementá-la com informações relacionadas. Cada uma das 14 obras da exposição é representada em formatos variados (Figura 23, p. 62) como reprodução fotográfica (Figura 23A), superfície em relevo de resina branca (Figura 23B), diagrama tátil em borracha texturizada (Figura 23C) e maquete tátil (Figura 23D). Além destes gráficos táteis, a exposição inclui formatos verbais-sonoros, tais como o texto em braile, a audiodescrição da obra, e uma poesia relacionada com a mesma, a fim de expandir a sua apreciação. Todos esses formatos estão dispostos em uma mesa (Figura 23E).

Segundo Cardoso (2016) esta forma de apresentação traz uma percepção ampliada do conteúdo reproduzido, pois explora aspectos distintos e complementares da percepção humana. Por exemplo, a leitura do diagrama tátil texturizado permite assimilar e distinguir as áreas específicas que formam a figura de forma rápida e mais geral; a superfície em relevo permite perceber melhor os detalhes dos elementos distintos da imagem; enquanto que a maquete tátil fornece uma distribuição espacial realista dos objetos que compõem a cena.

O Quadro 6 (p. 63) sumariza os formatos possíveis resultantes do processo de adaptação de GIT, delimitado a partir Reichinger et. al (2012) – em que gráficos bidimensionais são traduzidos de forma semiautomatizada em gráficos 2.1D e 2.5D. Os tipos de gráficos que preenchem a esta classificação foram obtidos a partir de Carfagni *et al.* (2012), Reichinger; Maierhofer; Purgathofer (2011), Kardoulis (2003), Cardoso (2016) e Tojal (2007).

²⁵ O detalhe é que dentro da baixa-visão existem muitas variações de público e tipo de deficiência. Para uns o material tem que ser reduzido, para outros ampliado, outros tem visão em túnel, outros tem manchas no campo visual.

Figura 23 – Reprodução multiformato da obra de Pedro Alexandrino.



Fonte: Sentir prá Ver (2017).

Este item apresentou os gráficos instrucionais táteis com o intuito de determinar os principais tipos e as características definidoras, de acordo com a delimitação estabelecida na pesquisa. Tecnologias atuais como a internet, *smartphones* e impressoras 3D, aliadas ao contexto político social, que estimula iniciativas e políticas de acessibilidade para incluir PCDV, propiciam a criação e o desenvolvimento de estudos na área de GIT. Existem muitas possibilidades na criação de GT, porém o escopo desta pesquisa enfoca na adaptação de gráficos 2D para gráficos 2.1D e 2.5D, conforme a taxonomia de Reichinger et. al (2012).

Quadro 6 – Tipos de Gráficos Instrucionais Táteis.

Tipo	Resolução tátil	Facilidade de Produção	Facilidade de Montagem	Uso de cores
Diagrama em Contorno tátil	Baixa	Alta	Alta	Possível através de montagem manual
Diagrama em Padrão texturizado	Média	Alta	Média/Alta – pode incluir padrões texturizados montados manualmente	Possível através de montagem manual
Superfície em relevo plano	Baixa	Média	Baixa/Média – pode incluir montagem manual	Possível através de montagem manual
Superfície em relevo volumétrico	Alta	Média/Baixa – exige modelagem ou scaneamento 3D	Média/Alta – pode incluir montagem manual	Possível através do uso de filamentos coloridos.
Gráficos universais	Média/Alta	Baixa – envolve processos de impressão 2D e impressão em relevo.	Baixa – envolve montagem manual	Sim
Formatos múltiplos	* Uso dos formatos anteriores	Média/Baixa – maior complexidade na produção de mais de um gráfico tátil	Média/baixa – pode envolver montagem manual; montagem de mais de um gráfico	Sim

Fonte: o autor.

Estudos nesta área abordam o tema de perspectivas distintas que devem ser consideradas no desenvolvimento desta pesquisa: Reichinger et. al (2012) e Carfagni *et al.* (2012) buscam reproduzir os gráficos originais em formatos táteis variados valorizando a automação no processo e a fidedignidade à obra original; Eriksson (2003) enfatiza a necessidade de simplificação do conteúdo como um meio de promover a compreensão do gráfico; Cardoso (2016), Tojal (2007) e Museu do Amanhã²⁶ (2018) trazem gráficos táteis mais complexos acessíveis a um público mais abrangente. O Quadro 6 pode ser utilizado como uma ferramenta útil no desenvolvimento e aplicação do *framework*.

²⁶ Centro cultural-educativo, localizado na cidade do Rio de Janeiro, que busca proporcionar experiências e reflexões acerca do papel do homem na terra e no universo, abordando temas como biologia, cosmos, tecnologia e sustentabilidade (MUSEU, 2018). <https://museudoamanha.org.br/pt-br>

2.2 Contexto: deficiência visual no ensino superior

Este tópico apresenta o contexto de aplicação da pesquisa, o qual inclui o ambiente de aplicação e os usuários abordados. Inicialmente apresenta-se o ambiente das IFES, considerando o aspecto da acessibilidade, as barreiras existentes e os meios de transpô-las. A seguir, realiza-se a caracterização do usuário final abordado na pesquisa (PCDV), incluindo classificações e circunstâncias gerais da deficiência, aspectos da percepção e cognição, e finalizando com a percepção háptica.

2.2.1 ACESSIBILIDADE NAS IFES

A sociedade inclusiva é aquela que tem seus sistemas sociais adequados à diversidade humana, considerando deficiências, etnia, gênero, e demais atributos (SASSAKI, 2009). No caso específico das PCD, espaços, produtos, transportes, informações e demais serviços são considerados acessíveis quando proporcionam autonomia e segurança nas suas condições de uso. As tecnologias assistivas são todos os meios utilizados na promoção da acessibilidade das PCD, sejam eles produtos, serviços ou metodologias, a fim de trazer autonomia, independência e promover a qualidade de vida e a inclusão social (BRASIL, 2016). Sasaki (2009) apresenta uma taxonomia de acessibilidade que distingue seis áreas distintas em que se pode atuar a fim de remover as barreiras do ambiente e permitir a inclusão das PCD (Quadro 7).

Quadro 7 – Dimensões de acessibilidade.

Dimensão	Definição	Exemplo na educação para PCDV
Arquitetônica	sem barreiras físicas	Corredores com piso podotátil.
Comunicacional	sem barreiras de comunicação entre pessoas	Uso de recursos didáticos acessíveis como letras ampliadas, braille, sorobã, recursos ópticos e não ópticos, tecnologias assistivas, etc.
Metodológica	sem barreiras nos métodos e técnicas de lazer, trabalho e educação	Uso de metodologias de ensino que favoreçam a diversidade como a teoria das inteligências múltiplas; sistemas adaptados de busca e localização em bibliotecas.
Instrumental	sem barreiras nos instrumentos, ferramentas e utensílios	Adaptações no uso de lápis, caneta régua e outros materiais de aula; livros em braille nas bibliotecas; dispositivos que auxiliem fazer anotações de livros, manejar gavetas, prateleiras, computadores, etc.
Programática	sem barreiras incorporadas em políticas públicas, legislações e normas	Programas, regulamentos, portarias e normas revisados para não incluírem barreiras invisíveis para participação em sala de aula e uso dos serviços em portais e materiais de biblioteca.
Atitudinal	sem preconceitos, estereótipos, estigmas e comportamentos.	Treinamentos e capacitações para eliminar preconceitos, estigmas e estereótipos; convívio entre servidores e alunos com diversidade de características.

Fonte: adaptado de Sasaki (2009).

Dentro do ambiente acadêmico, esses diferentes aspectos da acessibilidade devem ser considerados para possibilitar a inclusão das PCD. Entende-se que para a universidade ser considerada inclusiva, o aluno deve ter mais do que acesso aos materiais instrucionais adaptados: ele deve ser capaz de acessar o espaço, comunicar-se com as pessoas e receber efetivamente o conteúdo; receber uma abordagem de ensino que considere suas capacidades e limitações; ter instrumentos adequados que os possibilitem realizar suas atividades acadêmicas como exercícios, provas, estudos e pesquisas; estar inserido em um programa de políticas acadêmicas e logísticas internas eficazes no atendimento de suas necessidades; ser tratado com dignidade e sem preconceitos em relação aos demais alunos e servidores, ao mesmo tempo em que se consideram suas necessidades particulares (SASSAKI, 2009). Glad e Blanco (2007) sintetizam essas ações indicando que as instituições de ensino devem aprimorar sua estrutura, organização, projeto político-pedagógico, materiais instrucionais, metodologias e estratégias de ensino, bem como, suas práticas avaliativas.

Ao longo dos últimos 20 anos, este cenário tem se transformado com ações específicas do governo brasileiro à educação superior inclusiva. O acesso às universidades foi promovido através do uso de provas adaptadas para concursos vestibulares e da reserva de vagas para PCD. As condições de permanência foram melhoradas através de ações dos núcleos de acessibilidade incubados nas universidades, e do convívio entre pessoas com e sem deficiência, promovido através do uso de salas de aulas regulares para ambos os públicos. (MEC, 2008; BRASIL, 1999; BRASIL, 2015; BRASIL, 2011a).

Apesar das melhorias observadas neste cenário, a permanência dos alunos com deficiência ainda é um desafio. Recursos necessários em níveis arquitetônico, comunicacional e instrumental vêm sendo implementados através dos núcleos de acessibilidade e de outras iniciativas individuais dentro das universidades. O grupo ComAcesso é um exemplo deste tipo de iniciativa, promovendo a acessibilidade na UFRGS através da educação inclusiva, mediação cultural e comunicação institucional.

Entretanto as barreiras atitudinais que influenciam as dimensões programáticas e metodológicas ainda são as mais difíceis de serem rompidas – medos, preconceitos e desconhecimentos dos indivíduos sobre as PCD ficam no caminho do convívio e da tomada de decisões importantes sobre a disponibilidade dos recursos adequados a esses alunos. Essa desinformação leva, muitas vezes, às pessoas confundirem direito com privilégio. Isso é exemplificado através do caso de um acadêmico cadeirante que durante dois meses exigiu a troca de sala de aula, a qual só foi efetivada após passar por avaliações em diversos setores da UFRGS. O Incluir participou ativamente deste processo e afirma que o atraso na efetivação da troca deve-se em parte à atitude de pessoas que tomavam decisões (EWALD, 2018).

A acessibilidade metodológica que tem como foco as PCD parte de uma mudança na perspectiva de visão que se tem dos alunos e do papel do professor. O professor e a

universidade inclusiva devem objetivar a remoção das barreiras de aprendizagem, independente da existência ou não de deficiência entre os alunos. Isso foca no desenvolvimento de soluções aos problemas de aprendizagem enfrentados em sala de aula, tornando a classificação das deficiências uma questão secundária. Para isso, é necessário considerar a multiplicidade dos indivíduos e suas necessidades de aprendizagem (ALVES; SOUZA, 2002; SCOTT, 2011).

Abordagens didáticas baseadas na homogeneidade dos alunos e na classificação de deficiências segregam e excluem, devendo ser substituídas por práticas variadas de intervenção que estimulem e desenvolvam as potencialidades distintas dos alunos. Nesse sentido, é necessária a formação especializada de professores capacitados a atuar com profissionalismo e conhecimento sobre abordagens adequadas às situações encontradas (ALVES; SOUZA, 2002; SCOTT, 2011).

A acessibilidade comunicacional e metodológica pode ser exemplificada a partir de um exemplo que as mesmas não são alcançadas, através de uma situação corriqueira no ensino de ciências²⁷. Durante a realização de exercícios, Alunos com Deficiência visual (ADV) carecem de materiais e orientações específicas e acabam ficando sem ação. Nestes casos, os professores estão despreparados em relação a como fazer adaptações em materiais instrucionais e na metodologia de ensino. Estes alunos relatam que na maior parte do tempo eles aprendem estritamente escutando o professor e através de textos em braille. Portanto, ao limitar o método de ensino à audição somente, corre-se o risco de limitar o conhecimento dos alunos (JONES; BROADWELL, 2008).

Outro fator que contribui para apoiar a acessibilidade nas IFES em um nível organizacional é a compreensão correta do funcionamento dos núcleos de acessibilidade. Os núcleos tem a função de desenvolver estratégias e ações para promover a acessibilidade de alunos, docentes e técnicos

Frequentemente o núcleo Incluir na UFRGS é confundido com uma sala de recursos, onde se direcionam PCD. Após uma reformulação em sua logística, atualmente os pedidos por atendimento especializado chegam ao Incluir através de formulários preenchidos pelas comissões de graduação, que devem tomar ciência dos alunos com deficiência no momento de seu ingresso. Isso torna o fluxo de trabalho mais eficiente, mantendo a responsabilidade do aluno com deficiência para a sua unidade acadêmica e permitindo uma comunicação direta e mais ágil com as comissões e os departamentos (EWALD, 2018).

2.2.2 DEFICIÊNCIA VISUAL

A deficiência visual refere-se à existência de déficits na habilidade de uma pessoa em realizar Atividades da Vida Diária (AVD) relacionadas à visão, tais como leitura,

²⁷ Nos Estados Unidos o ensino de ciências compreende as disciplinas de física, química e biologia.

orientação, mobilidade e outras tarefas (WHO, 2018). Medições quantitativas e qualitativas relacionadas às funções visuais e habilidades pessoais podem ser utilizadas para determinar o grau de perda de visão do indivíduo. A medida mais amplamente utilizada para medir e determinar o grau de deficiência visual é o nível de acuidade visual²⁸, expresso no espectro de deficiências visuais elaborado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) (Quadro 8, p. 68) (COLENBRANDER, 2003).

O Quadro 8 (p. 68) consta na 11ª versão da Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas relacionados à Saúde²⁹ (ICD-11). Esta classificação tornou-se o padrão internacional para estabelecer diagnósticos, analisar situações de grupos populacionais, monitorar a incidência de doenças, gerenciar e alocar recursos (WHO, 2018). Observa-se que, a partir do ICD-10, o termo baixa visão foi retirado dessa classificação e adotou-se o sistema de gradação numérica para especificar o grau de perda de visão (categorias 1, 2, 3, etc). Segundo a OMS isso auxilia a evitar a confusão para aqueles que necessitam de cuidados de baixa visão (WHO, 2010).

A distinção entre funções visuais e visão funcional auxilia a compreender melhor aspectos que influenciam na percepção de PCDV, bem como, planejar intervenções para proporcionar acessibilidade. As funções visuais correspondem ao funcionamento do olho em um nível biológico, tais como acuidade visual, visão de cores, adaptação ao escuro e campo visual. Testes de funções visuais podem ser medidas quantitativamente. Por outro lado, a visão funcional refere-se ao indivíduo – às suas habilidades em realizar Atividades da Vida Diária (AVD) como leitura e orientação. Perdas na visão funcional são denominadas perdas de habilidade e podem ser medidas somente por avaliações qualitativas (COLENBRANDER, 2003).

A visão funcional é composta a partir da inter-relação de diversos aspectos visuais e não visuais, tais quais a acuidade visual, mobilidade, habilidade física, índices de depressão e a cognição (pensar, entender, aprender e relembrar) (GOLDSTEIN *et al.*, 2014). Devido a esses fatores não existem duas pessoas que utilizam a visão exatamente da mesma maneira, mesmo em casos de mesmo quadro clínico. Portanto, dependendo de condições pessoais como histórico, nível de inteligência e experiência prévia com materiais adaptados, a PCDV pode ter maior ou menor habilidade no uso de sua visão funcional (MARTÍN; BUENO, 2010)

²⁸ A acuidade visual refere-se à habilidade do olho em resolver detalhes; refere-se à clareza ou nitidez da visão. Utilizam-se medições quantitativas para determinar o grau de perda de visão, as quais devem ser realizadas com ambos os olhos abertos e com a presença de correções, caso existentes. O valor da acuidade visual compara o desempenho do indivíduo com um olho padrão (visão normal). Um valor de medição 20/70 indica um indivíduo que está à 20 passos de uma tabela de medição enxerga o mesmo que uma pessoa com visão padrão (ou 20/20) pode ver a 70 passos de distância (DUFFY, 2014; COLENBRANDER, 2003).

²⁹ Tradução nossa do termo International statistical classification of diseases and related health problems.

Quadro 8 – Espectro da deficiência visual.

Categoria	Apresentando acuidade visual à distância	
	Pior que:	Igual ou melhor que:
0 Sem deficiência visual		6/12 5/10 (0.5) 20/40
1 Deficiência visual leve	6/12 5/10 (0.5) 20/40	6/18 3/10 (0.3) 20/70
2 Deficiência visual moderada	6/18 3/10 (0.3) 20/70	6/60 1/10 (0.1) 20/200
3 Deficiência visual severa	6/60 1/10 (0.1) 20/200	3/60 1/20 (0.05) 20/400
4 Cegueira	3/60 1/20 (0.05) 20/400	1/60 1/50 (0.02) 5/300 (20/1200)
5 Cegueira	1/60* 1/50 (0.02) 5/300 (20/1200)	Percepção de luz
6 Cegueira	Sem percepção de luz	

Fonte: adaptado de WHO (2018).

Essas variações na visão funcional devem ser consideradas em situações educacionais – por exemplo o caso em que dois ADV têm o mesmo grau de acuidade visual, sendo que um deles necessita de materiais áudio-táteis e o outro pode utilizar materiais visuais (CRUICKSHANK, 1980). Diz-se que quem possui uma visão funcional mais apurada tem maior eficiência visual, e esta é uma medida mais efetiva para se tomar como base em situações instrucionais do que a acuidade visual (AMIRALIAN, 1997).

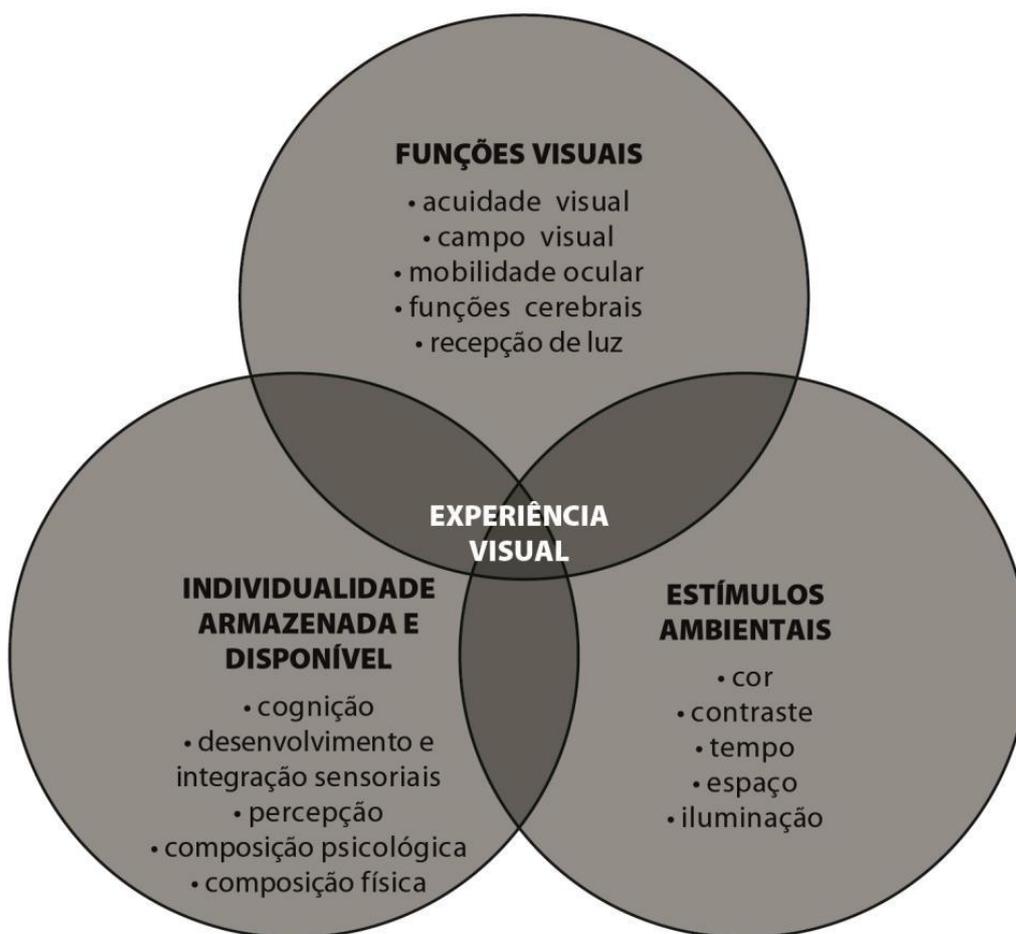
Corn e Lusk (2010) determinam que a visão funcional inicia nas funcionalidades visuais que, filtradas por fatores internos do indivíduo, interagem com os estímulos ambientais para resultar na experiência visual (Figura 24, p. 69). As funções visuais incluem acuidade, campo visual, mobilidade ocular, funções cerebrais e percepção de cor e luz. Estímulos ambientais incluem cor, contraste, espaço, iluminação e tempo. A individualidade armazenada e disponível abrange as experiências prévias do indivíduo e funções disponíveis que o mesmo pode recuperar para reagir a novos estímulos ou usar em tarefas criativas, incluindo cognição, desenvolvimento e integração sensorial, percepção, composição psicológica e composição física.

Segundo Corn e Lusk (2010) todos os componentes dessas três dimensões devem estar presentes em algum grau para que a visão funcional ocorra. Observa-se um efeito interativo entre as três dimensões – perdas em funções visuais necessitam de ajustes nas variáveis ambientais e pessoais. Por exemplo: uma pessoa com acuidade visual limitada pode precisar aumentar o tamanho de um objeto e também possuir capacidades físicas

para segurar um dispositivo de ampliação; por outro lado, uma vez que a funcionalidade visual é aumentada, a PCDV desenvolve mais confiança em realizar tarefas, o que pode aumentar sua motivação para realizar tarefas visuais, tornando-a mais visualmente independente.

Em um nível maior de detalhamento, são apresentados os componentes que configuram as categorias de funções visuais (Figura 25A, p. 70) os fatores pessoais (Figura 25B, p. 70) e os fatores ambientais (Figura 25C, p. 70).

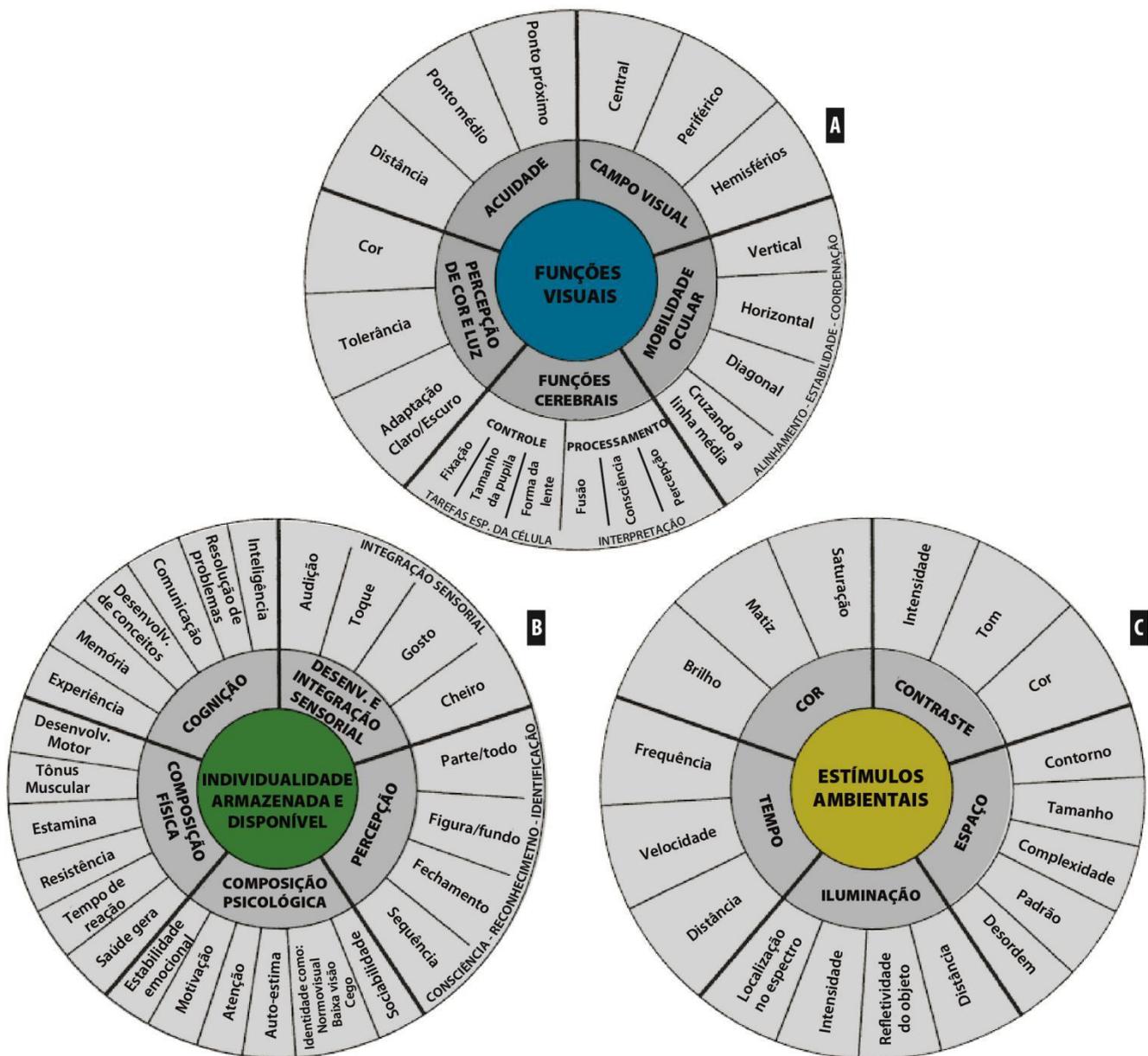
Figura 24 – Três dimensões da experiência visual.



Fonte: adaptado de Corn e Lusk (2010).

O espectro da habilidade de leitura de PCDV, elaborado para o Relatório do Conselho Internacional de Oftalmologia, demonstra a relação entre acuidade visual e habilidade de leitura (Quadro 9, p. 71). Este quadro toma como base a leitura de um jornal impresso com tamanho de fonte padrão (12 pontos), observando a distância necessária, a velocidade de leitura, e a existência de reservas ou necessidade de uso de recursos de TA. Comentários adicionais descrevem situações concretas e possíveis intervenções (COLENBRANDER, 2002).

Figura 25 – Componentes da visão funcional.



Fonte: adaptado de Corn e Lusk (2010).

Como pode ser visto neste item, a deficiência visual abrange distintas subcategorias dentro de uma faixa ampla de perda visual, as quais trazem consequências mais ou menos severas nas vidas dos indivíduos. Embora o amplo espectro da deficiência visual seja eficaz para instruir sobre efeitos da deficiência e sobre intervenções efetivas nos diferentes casos, o uso de somente três categorias auxilia a obter uma compreensão geral, sugerindo, ainda, uma escala contínua: visão normal; baixa visão; e cegueira. Nesta escala, tomando como base a classificação da WHO (2018), a visão normal inclui a deficiência visual leve, a qual tem a visão funcional normalizada através do auxílio de TAs. A baixa visão e a cegueira são explicadas a seguir (COLENBRANDER, 2002).

Quadro 9 – Espectro da habilidade de leitura de PCDV.

Espectro da perda de visão	Acuidade visual (como o olho funciona)			Estimativas estatísticas da Habilidade de Leitura (como a pessoa funciona)		
	Notação decimal	Contagem de letras	Lê 1M à:	Espectro da habilidade	Habilidade de Leitura	Comentários
Visão normal	1.6	110	160 cm	Tem reservas (100 ± 10)	Velocidade de leitura normal Distância de leitura normal	Considerando que a leitura de jornal é em torno de 40 cm, essa faixa tem uma reserva ampla. <i>Capacidade de reserva para letras pequenas</i>
	1.25	105	125 cm			
Deficiência mínima	1.0	100	100 cm	Perdeu as reservas (80 ± 10)	Velocidade de leitura normal Distância de leitura reduzida	Indivíduos nesta faixa perderam sua reserva, mas tem pouca e nenhuma necessidade de reabilitação visual. <i>(Licença de direção a outros critérios geralmente se enquadram nesta faixa.)</i>
	0.8	95	80 cm			
Deficiência leve	0.63	90	63cm	Normal com auxílios (60 ± 10)	Quase normal com auxílios de leitura apropriados	Ler à 25... 12,5 cm requer óculos de leitura fortes (4D à 8D) ou ampliadores moderados. <i>(Nos EUA alunos estão qualificados para receber assistência educacional especial.)</i>
	0.5	85	50cm			
Deficiência visual moderada	0.4	80	40cm	Restrito com auxílios (40 ± 10)	<i>Sem reserva para letras pequenas</i>	Ler à menos de 10 cm impede a visão binocular. O pequeno campo de ampliadores potentes diminui a leitura. Habilidades não visuais podem aprimorar os auxílios visuais.
	0.32	75	32cm			
Deficiência visual severa	0.25	70	25 cm	Marginal com auxílios (20 ± 10)	Mais devagar que o normal com auxílios de leitura	O uso de habilidades não visuais aumenta assim que as necessidades de reabilitação mudam gradualmente de auxílios visuais para auxílios de substituição de visão.
	0.2	65	20 cm			
Deficiência visual profunda	0.16	60	16 cm	Quase impossível (0 - 10)	<i>Ampliadores de tela, lupa eletrônica e letras ampliadas</i>	Nesta faixa os indivíduos dependem primeiramente em habilidades de substituição de visão. Qualquer visão residual complementa o uso de habilidades não visuais.
	0.125	55	12.5cm			
Quase-cegueira	0.1	50	10 cm	Sem leitura visual	<i>Depende de livros falados, braille e outras fontes não visuais.</i>	
	0.08	45	8 cm			
Cegueira	0.063	40	6.3 cm			
	0.05	35	5 cm			
	0.04	30	4 cm			
	0.032	25	3.2 cm			
	0.025	20	2.5 cm			
	0.02	15	2 cm			
	Menos	10	Menos			
		5				
	0.0	0				

Fonte: adaptado de Colenbrander (2002).

A cegueira corresponde aos casos de perda total de visão ou quando os indivíduos dependem predominantemente de habilidades de substituição da visão (habilidades não visuais) (COLENBRANDER, 2002). Raros são os casos de perda total de visão, a maior parte das pessoas denominadas cegas ainda possui algum grau de funcionalidade visual – podendo distinguir claro e escuro, perceber vultos e contar dedos a uma determinada distância. No entanto, seu impedimento visual é de tal gravidade que o indivíduo é impossibilitado a realizar AVD a partir de sua visão (CONDE, 2018; AMIRALIAN, 1997).

Mais especificamente, a cegueira é determinada a partir do índice de acuidade visual menor do que 0,05, segundo a escala decimal de medição³⁰ (WHO, 2018; BRASIL, 2004).

³⁰ Existem diversas escalas de medição para a acuidade visual. A escala de Snellen data de 1862 e é utilizada até os dias atuais; sua medição original baseia-se na referência de 20 passos e é expressa em números fracionais (20/20, 20/50, etc.). Posteriormente esta escala ganhou uma versão tomando como ponto de referência uma distância de 5 metros, sendo expressa da seguinte forma:

Outra medição que pode determinar a cegueira é a restrição no campo visual para 20 graus ou menos (o olho saudável tem campo visual de aproximadamente 60 graus) – mesmo tendo acuidade visual acima dos índices de cegueira, o campo visual restrito forma a chamada visão em túnel, sintoma que impossibilita a formação de uma percepção visual completa do ambiente (CONDE, 2018; AMIRALIAN, 1997).

Do ponto de vista da educação é necessário distinguir, além do grau de deficiência visual, a cegueira congênita da cegueira adquirida. Cegos congênitos estabelecem, desde o nascimento, sua psique, sua estrutura cognitiva, seus hábitos e relações sociais em função dos demais órgãos sensoriais. Indivíduos que se tornaram cegos ao decorrer da vida passam por uma adaptação na maneira de perceber e interagir com o mundo, o que modifica suas estruturas psíquicas e cognitivas. Além disso, existem diferenças nos efeitos provocados pela perda da visão em diferentes fases da vida – perder a visão na infância e na fase adulta são coisas distintas.

A principal diferenciação está na capacidade do uso da memória visual (visualização). Estudos apontam que indivíduos que perderam a visão antes dos 5 anos não retêm memórias visuais, e aqueles que perderam sua visão posteriormente são capazes de utilizar um referencial visual que os possibilita visualizar. Portanto, para fins educacionais, são considerados cegos congênitos aqueles que perderam sua visão até os 5 anos de idade e, cegos adquiridos aqueles que a perderam posteriormente (AMIRALIAN, 1997).

A baixa visão³¹ corresponde a graus de perda de visão nos quais indivíduos apresentam dificuldades na realização de AVD, mas podem ser significativamente auxiliados por dispositivos de aprimoramento da visão (COLENBRANDER, 2002). Indivíduos com baixa visão obtêm melhoramento funcional com o auxílio de recursos de TA, visuais e não visuais, e adaptações no ambiente. Em linhas gerais, sua visão caracteriza-se pela capacidade de perceber massas, cores e formas, e limitações para ver de longe, embora apresentem capacidade para identificar objetos a poucos centímetros e até a poucos metros nos melhores casos (MARTIN; RAMÍREZ, 2010). Defendi (2009) sintetiza os seguintes recursos de TA como auxílios úteis à vida das pessoas com BV, separado por categorias:

- Auxílio na vida diária: relógios táteis, luminárias, agulha de costura adaptada, telefones com binas falantes, teclados ampliados, etc.;
- Auxílio para mobilidade: detector de obstáculos, sistema GPS, bússolas falantes, bengalas, cão-guia, entre outros;
- Auxílio pedagógico: gráficos táteis, livros falados, livros digitais acessíveis, pranchas de leitura e livros em Braille;

5/5, 5/20, etc. A escala padrão norte-americana segue o padrão de 20 passos de Snellen, adicionando algumas categorias. Existem ainda a escala britânica (6 metros de distância) e a escala ETDRS (4 metros de distância). A escala decimal pode ser expressa por frações (10/10, 5/10, 3/60) ou por notações decimais (1.0, 0.5, 0.05) (COLENBRANDER, 2003).

³¹ Também denominada visão subnormal, ambliopia ou visão residual (PEREIRA, 2009).

- Auxílio óptico: óculos especiais, telupas, lupas de bolso e lupas fixas;
- Auxílio eletrônico: sintetizadores de voz, leitores de tela, impressoras Braille e agenda falada, entre outros;
- Auxílio para os recursos de informática: *softwares* e *displays* em Braille, entre outros.

Considerando a acuidade visual, a baixa visão corresponde a índices maiores que 0,05 e menores que 0,3 (WHO, 2018; BRASIL, 2004). A mesma corresponde aos níveis 2 e 3 de deficiência visual na escala WHO (2018) – deficiência visual moderada e severa. O campo visual da pessoa com baixa visão está situado entre 20 e 50 graus (CONDE, 2018). Entretanto, além desses comprometimentos, a baixa visão pode causar anomalias no campo visual, disfunções na percepção de cores e inadaptação à iluminação (MARTIN; RAMÍREZ, 2010). Esses fatores conferem complexidade à baixa visão – comprometimentos com graus variados em funções visuais distintas ocasionam diversas patologias (PEREIRA, 2009). Kulpa (2017) descreve mais especificamente os possíveis sintomas da baixa visão:

- Escurecimento da visão;
- Visão embaçada, névoa ou película sobre os olhos;
- Visão de objetos extremamente próximos ou perda de visão à distância;
- Visão distorcida;
- Manchas em frente à visão;
- Distorção das cores ou daltonismo;
- Defeitos no campo visual;
- Visão em túnel;
- Falta de visão periférica;
- Sensibilidade anormal à luz ou à claridade;
- Cegueira noturna.

Apesar de estas patologias trazerem obstáculos à PCDV, sua visão residual ainda é compatível com certos aspectos da vida diária. Utilizando os recursos adequados, o indivíduo tem sua funcionalidade visual aumentada, podendo ser capaz de planejar e executar tarefas visuais (MARTIN; RAMÍREZ, 2010).

O seu resíduo visual pode ser utilizado para ler letras e formas em grandes cartazes, não possibilitando, porém, a leitura de fontes tamanho padrão; em casos de resíduo visual superior pode-se ler fontes com tamanho padrão usando auxílios específicos; em condições adversas pode-se necessitar de métodos não visuais para tais fins; e outros casos ainda, o uso do resíduo visual ocorre com tal êxito que aparenta normalidade visual. Considerando a grande variedade de patologias possíveis e os diferentes graus de aproveitamento visual de cada indivíduo, um grande desafio está em determinar em que grau uma pessoa vê com o resíduo visual que possui (MARTIN; RAMÍREZ, 2010).

Autores relatam a necessidade de estimular a visão residual de pessoas com BV como uma forma de melhorar sua eficiência visual, favorecendo a autonomia e o processo de inclusão

(SOUZA, 2008; CRUICKSHANK, 1980). Souza (2008) observa que o indivíduo com BV deve utilizar sua visão residual de forma complementar aos métodos não visuais. Dessa forma, sua identidade é preservada e ele pode receber auxílios complementares nas situações em que sua visão não corresponde às necessidades da tarefa. O Quadro 10 descreve características do uso da visão residual em situações instrucionais a partir de Herren e Gillemet (1982 apud MARTIN; RAMÍREZ, 2010) e Barraga (1992 apud MARTIN; RAMÍREZ, 2010).

Quadro 10 – Uso da visão residual na educação.

Níveis de deficiência visual	Herren e Gillemet	Barraga
Deficiência visual moderada	Visão de perto que permite uma escolarização em tinta com métodos instrucionais particulares.	Possibilidade de realizar tarefas visuais com o uso de ajudas e iluminação adequada similares às realizadas por normovisuais.
Deficiência visual severa	Resíduo visual que permite definir volumes, perceber cores. Visão de perto útil para leitura e escrita em tinta, leitura de grandes manchetes, distinguir esquemas, ver mapas. Entretanto, essa possibilidade não lhe permite prosseguir uma escolarização exclusivamente em tinta.	Impossibilidade de realizar tarefas visuais com exatidão, requerendo adequação de tempo, ajudas e modificação.
Deficiência visual profunda	Resíduo visual que lhe permite a orientação à luz e à percepção de massas, facilitando de forma considerável o deslocamento e a apreensão do mundo exterior. Visão de perto insuficiente para a vida escolar e profissional.	Dificuldade de realizar tarefas visuais grosseiras. Impossibilidade de executar tarefas que exigem visão de detalhes.

Fonte: adaptado de Martin e Ramírez (2010).

A partir do que foi exposto neste item é possível observar a amplitude e complexidade do público com deficiência visual. As PCDV podem ter sua acuidade visual comprometida em diferentes níveis, além de outras funções visuais. Por outro lado, a sua eficiência visual depende da soma dessas funcionalidades com fatores pessoais e ambientais, o que torna cada caso único em relação ao uso da visão. Apesar dessas especificidades que auxiliam a compreender a situação do público-alvo, classificações e orientações gerais apresentadas aqui por Martín e Ramírez (2010), Souza (2008) e Colenbrander (2002) são úteis para fundamentar o projeto de GIT.

2.2.3 PERCEPÇÃO E COGNIÇÃO DE PCDV

O estudo dos processos perceptivos e cognitivos humanos é um pré-requisito para o desenvolvimento de GIT eficazes. O'Modhrain et. al (2015) alertam para a *armadilha*

de engenharia – o caso em que recomendações de projeto ou tecnológicas são utilizadas indiscriminadamente em situações diversas, sem considerar uma base sólida de compressão dos aspectos cognitivos. Um exemplo é a indicação errônea de que um tipo de tecnologia háptica pode ser utilizada para todos os tipos de gráficos táteis – tecnologias baseadas no tato diferem amplamente em quais tipos e como a informação está sendo apresentada, em quais pistas perceptuais estão salientes, e quais tipos de tarefas elas apoiam melhor.

De uma maneira geral, o processamento de informações por seres humanos é caracterizado por uma variedade de operações cognitivas, as quais incluem processos de tomada de decisões e planejamento de ações, bem como, percepção, memória e aspectos da atenção. As pessoas diferem em sua habilidade de realizar essas operações cognitivas, além de existirem situações em que os estímulos externos podem inibir ou dificultar atividades de processamento de informação. Por isso, ao considerar o projeto de artefatos é necessário entender as características definidoras desses processos (NOYES, 2001).

O ser humano é, constantemente, exposto a uma infinidade de estímulos que passam pelo sistema sensorial para fornecer informações sobre o meio externo. A taxonomia aristotélica, a qual separa em 5 os sentidos que captam essas informações – visão, audição, tato, paladar e olfato, permaneceu ao longo de muitos séculos. Entretanto, ao considerar cada sentido como uma experiência única, percebida através de um sistema medidor e dotado de um trajeto do nervo até o cérebro, a psicologia moderna passou a considerar 12 sentidos perceptivos (SÁEZ, 2012):

- Visão
- Audição
- Sistema de tato, o qual inclui quatro sentidos: pressão, vibração, temperatura, dor e prazer.
- Paladar
- Olfato
- Vestibular
- Proprioceptivo
- Introceptivo
- Cinestésico

A taxonomia de Sáez (2012) inclui, portanto, os 5 sentidos clássicos, expandindo o sentido do tato para um sistema composto por 4 sentidos, e outros 4 sentidos adicionais. Os sentidos adicionais são: o vestibular, que informa ao cérebro o posicionamento do corpo; o propioceptivo informa sobre o posicionamento dos membros no espaço; o introceptivo informa sobre os órgãos internos do corpo; e o cinestésico, o qual informa sobre a tensão muscular. No nível fisiológico, todos os órgãos sensoriais possuem receptores (células nervosas especializadas) que recebem, transformam e transmitem ao sistema nervoso um grande número de informações existentes no ambiente, na superfície e no interior do

corpo humano. Receptores sensoriais podem ser classificados em cinco grupos (OKAMOTO, 2002):

- Mecanorreceptores: sensíveis à energia mecânica (pressão);
- Fotorreceptores: sensíveis à energia eletromagnética (fótons);
- Termorreceptores: sensíveis à energia térmica (frio, calor);
- Quimiorreceptores: sensíveis e reativos à presença de substâncias químicas;
- Nocirreceptores: espalhados por todo o corpo, reagem à estimulação mecânica, térmica e química intensas a ponto de danificar o organismo e causar dor.

A visão é o sentido mais importante para o ser humano, sendo a maior fonte de contato do ser humano com o ambiente circundante (GUIMARÃES, 2006). A visão pode ocupar até 87% das atividades sensoriais humanas, dando a impressão de que a realidade é aquilo que se pode ver (OKAMOTO, 2002). Esse sentido é responsável por mais de 80% do aprendizado e é considerado o sentido que as pessoas mais temem em perder (NOYES, 2001). Essas afirmações sinalizam uma carência no desenvolvimento de PCDV.

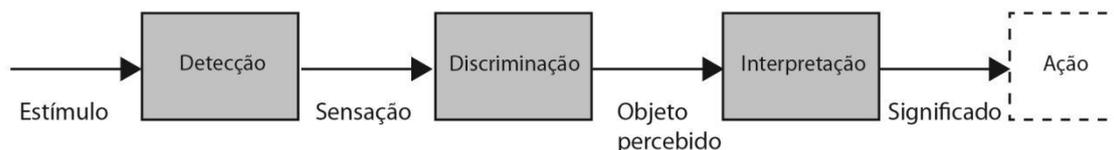
A criança normovisual aprende muito sobre o mundo de forma passiva – observando e imitando seus pais e as pessoas que o rodeiam, o que lhe permite participar da vida social, analisando e prevendo situações futuras a partir desses aprendizados. A criança com deficiência visual fica privada desse sentido, obtendo uma restrição severa no acesso às informações – sua percepção se dá através das demais modalidades sensoriais. Tendo-se em mente o caráter globalizador e ágil da visão, a informação recebida por outros sentidos sempre é mais restrita e parcial. Portanto, embora não seja equiparável ao desenvolvimento de uma criança com visão, o uso de todos os sistemas sensoriais à sua máxima capacidade auxilia a criança com deficiência visual a atingir o máximo potencial de aprendizado e desenvolvimento (COBO; RODRÍGUEZ; BUENO, 2010).

Considerando a enorme quantidade de estímulos a que os sentidos são constantemente expostos, um mecanismo de filtro é necessário. Para cada sentido existe um mecanismo que armazena representações desses estímulos por um período curto de tempo – memória sensorial. Essa armazenagem pré-atentiva não exige esforço consciente de atenção e se desfaz rapidamente. A atenção pode ser comparada a um holofote – tudo o que estiver dentro do seu feixe de luz será processado e, dentro deste feixe, pode-se focar ainda mais a atenção ou dividi-la entre diferentes tarefas. O uso consciente da atenção leva aos processos de percepção e interpretação, e um ciclo iterativo envolvendo contribuições da memória à percepção e processos de tomada de decisão (NOYES, 2001).

Sáez (2012) define a percepção humana como o processo pelo qual os estímulos sensoriais se traduzem em uma experiência organizada. Para essa autora, a percepção está ligada ao momento imediato ao estímulo que a provoca; quando o estímulo já não está mais presente, são ativadas as faculdades cognitivas do pensar, julgar, recordar, as quais extrapolam a percepção. Cybis (2010) possui uma abordagem mais abrangente, incluindo a

cognição como parte do processo de percepção, detalhando-o em 3 fases distintas: i) processos neurofisiológicos reagem à existência de um estímulo, gerando uma sensação; ii) processos perceptivos organizam e classificam as sensações, de acordo com categorias preexistentes; iii) processos cognitivos dão significado às informações, de acordo com o contexto no qual ocorre a percepção (Figura 26).

Figura 26 – Processo perceptivo.



Fonte: adaptado de Cybis (2010).

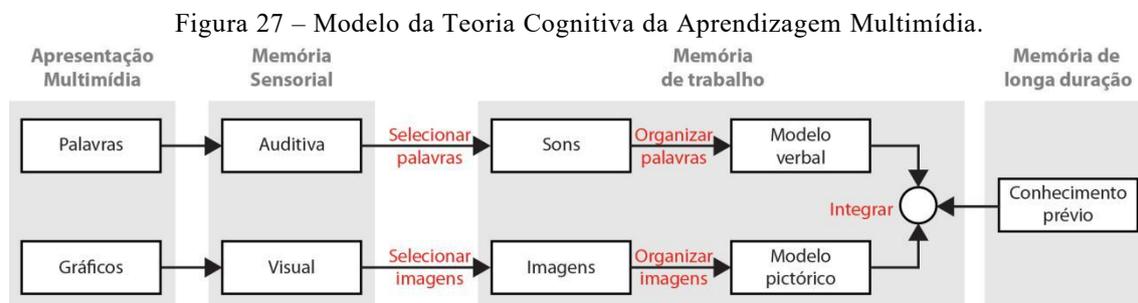
Esses processos não ocorrem de forma linear e sequencial, no qual um processo inicia somente após o término de outro, e sim de maneira mais similar a um processo em cascata – o início de um processo já ativa o início do próximo. Por outro lado, deve-se considerar que modelos deste tipo são abstrações do que realmente ocorre no processamento de informação, deixando de lado muitas iterações e filtros, e não demonstrando diferenças individuais e entre tarefas (NOYES, 2001).

A seguinte conceituação é necessária para trazer clareza ao processo perceptivo: estímulos são fenômenos naturais que produzem reações nos órgãos sensitivos humanos; sensações são respostas neurofisiológicas a estímulos sensoriais; percepção corresponde ao conjunto de mecanismos que organiza a sensação; e cognição refere-se aos processos que visam interpretar e dar significado às sensações organizadas (CYBIS, 2010).

A cognição humana caracteriza-se pelo tratamento e produção de conhecimento na forma de modelos mentais³², produzidos a partir da experiência com a realidade. Essas representações da realidade são utilizadas para tomar decisões, planejar ações e atuar sobre a realidade. Em sua natureza simbólica, os conhecimentos assumem formas análogas aos estímulos que estão associados à sua formação, sendo principalmente verbais e visuais. Conhecimentos verbais relacionam-se com a linguagem escrita ou falada, sendo armazenados em modelos verbais; conhecimentos visuais são relacionados a visões e gráficos e são armazenados em modelos pictóricos. É comum esses modelos se complementarem: ao se falar das férias em uma praia conhecida a imagem do lugar pode aparecer antes na mente da pessoa e depois o seu nome; em outros casos a representação complementar pode não se formar, por falta de importância ou de conhecimento sobre a situação (CYBIS, 2010; MAYER, 2009).

³² Na literatura são encontrados diversos termos intercambiáveis para designar o conhecimento simbólico armazenado na mente humana: modelos mentais, representações mentais, esquemas mentais e imagens mentais (CYBIS, 2010; MAYER, 2009; NOYES, 2001). No entanto Cybis (2010) e Mayer (2009) diferenciam representações verbais de representações visuais a partir de sua associação com o estímulo que originou o esquema mental.

A Teoria da Aprendizagem Multimídia (TAM) corrobora essa visão, demonstrando que a aprendizagem significativa ocorre com maior incidência quando gráficos são apresentados junto aos textos em materiais instrucionais (Figura 27). Materiais desse tipo fazem com que ocorra a integração entre modelos verbais e modelos pictóricos com o conhecimento pré-existente do aluno (MAYER, 2009).



Fonte: adaptado de Mayer (2009).

O modelo da TAM também possibilita explicar o papel da memória no processo de percepção e cognição. Tendo funções de armazenar, recuperar informações estocadas no cérebro, bem como processá-las, a memória pode ser compreendida através de três estruturas principais. A memória sensorial funciona como um filtro inicial das informações do ambiente, selecionando e armazenando por períodos curtos a informação extraída – não mais que dois segundos. Nesta etapa são tratadas apenas características distintivas da informação como cor, tamanho e localização, não tratando a informação como um todo. Esta armazenagem não exige atenção consciente e se dissolve rapidamente (CYBIS, 2010; NOYES, 2001).

A memória de trabalho é composta de registros de tratamentos especializados para informação verbal-auditiva e informação visual-espacial, e possui um executor central. O executor central é capaz de recuperar informações de outros registros, inclusive da memória da longa duração, e processa a informação com alto nível de atenção e consciência. Sua capacidade de trabalho segue uma regra de 7 ± 2 *chunks* ou unidades de informação. Isto indica limites que devem ser respeitados para uma integração eficiente e para a correta realização de tarefas (CYBIS, 2010; NOYES, 2001).

A memória de longa duração caracteriza-se por conhecimentos armazenados de forma permanente na memória, devido a repetidos processamentos na memória de trabalho. Estas memórias não são apagadas, porém seu acesso pode se perder devido à falta de relevância, de acesso, ou de características diferenciadoras nos modelos mentais armazenados (CYBIS, 2010; NOYES, 2001).

E como se dá o processo de percepção de PCDV, especificamente relacionado à formação e recuperação de modelos mentais? O senso comum indica que as deficiências visuais, com destaque ao comprometimento total da visão, prejudicam ou impedem a formação de modelos visuais sobre objetos e eventos. Porém, o sistema perceptivo humano adapta-se às diferentes condições, mostrando sua flexibilidade através das seguintes características,

explicadas em detalhe a seguir a partir de Saez (2012), O'Modhain *et al.* (2015); Jones e Broadwell (2008), Kennedy (2003), Kosslyn, Thompson e Ganis (2010): a intersensorialidade; a espacialidade dos gráficos; e a multimodalidade do córtex visual.

A percepção humana é intersensorial – uma série de informações chega ao cérebro através dos diferentes sentidos para formarem uma percepção resultante dos eventos e objetos. Nenhum dos sentidos é essencial para que a percepção ocorra, porém, a falta de um deles faz com que modalidades complementares adquiram maior importância na formação de modelos mentais. No caso da deficiência visual, o tato torna-se mais desenvolvido e assume maior protagonismo através da execução de funções normalmente atribuídas à visão. Outro aspecto da intersensorialidade é a transferência entre modalidades, a qual explica que ao perceber um objeto através de um sentido, outra percepção sensorial complementar é ativada. Por exemplo, ver uma maçã permite prever sua textura lisa, ou tocar um objeto permite enxergar sua forma e cor (SÁEZ, 2012).

A partir de uma observação rápida sobre o tópico, pode-se imaginar que modelos mentais visuais são formados somente a partir de gráficos ou fontes de informação visuais. Entretanto, alguns achados trazem outra perspectiva a esta questão. Um ponto a ser destacado é a espacialidade dos gráficos – a natureza dos gráficos é predominantemente espacial, sendo compostos de elementos espaciais (tamanho, pontos, linhas, contornos e regiões) que podem ser transmitidos por gráficos táteis ou tecnologias háptico-digitais (O'MODHRAIN *et al.*, 2015). Existem evidências de que o córtex visual processa informações não visuais. Esses achados sugerem que o córtex visual é na verdade uma combinação de espacial e multimodal (JONES; BROADWELL, 2008).

Outras pesquisas apoiam a noção de que a informação espacial codificada através da visão, toque ou outras modalidades leva à criação de modelos mentais comuns e amodais, que funcionam de forma equivalente em apoiar comportamentos espaciais, independente da fonte modal (O'MODHRAIN *et al.*, 2015). Independente da modalidade (visuo-espaciais ou amodais), no caso específico das PCDV, a percepção háptica possui mecanismos de processamento espacial que auxiliam na formação dos modelos mentais a partir de informações como temperatura, som e sensações táteis como textura, elasticidade, e umidade (KOSSLYN; THOMPSON; GANIS, 2010). Assim, notam-se muito mais similaridades do que diferenças nos processos utilizados para criar representações mentais por PCDV e normovisuais (JONES; BROADWELL, 2008).

Apesar da existência de processos distintos na formação de imagens mentais, é possível acessá-las através de figuras comuns. Estudos identificaram que sujeitos com deficiência visual e normovisuais vendados reconheceram figuras em relevo após uma exploração mais longa e com uma precisão menor do que no caso de uma inspeção visual. Além disso, verificou-se que PCDV identificaram com frequência as mesmas figuras reconhecidas por normovisuais (JONES; BROADWELL, 2008).

As figuras reproduzem propriedades de objetos e cenas disponíveis tanto pelo toque quanto pela visão. Assim, conhecimentos similares sobre a forma de objetos comuns e princípios similares de representação são utilizados por cegos e normovisuais ao interpretar figuras (KENNEDY, 2003). Até mesmo cores foram conceitualizadas de forma correta por cegos congênitos. Eles são capazes de elaborar representações proposicionais como *azul é frio* e *vermelho é quente*, e assim se aproximarem do modelo conceitual clássico da roda das cores (JONES; BROADWELL, 2008).

2.2.3.1 PERCEPÇÃO HÁPTICA

Um dos maiores desafios de projetar gráficos táteis está no reconhecimento das diferenças das capacidades sensoriais de visão e tato, considerando a quantidade de informação a ser transmitida. Quando tato e visão são igualados empiricamente, o toque tem uma resolução espacial muito menor e um campo visual mais restrito. Em uma comparação, Loomis, Klatzky e Giudice (2012) constataram a largura de banda³³ da visão como sendo 500 vezes maior do que a do tato. Portanto, embora possa parecer uma boa ideia representar a correspondência exata entre uma entrada visual e uma saída tátil, exceto para informações muito simples, essa abordagem leva a representações confusas e inacessíveis.

Por exemplo, ao fazer uma reprodução tátil do mapa do litoral de Maine (Figura 28, p. 81) em um modelo físico 3D de alta resolução em escala 1:1, o qual corresponde ao melhor meio de extração de informação tátil, seria impossível obter uma interpretação equivalente devido às diferenças na resolução espacial entre os sentidos (O'MODHRAIN *et al.*, 2015).

A informação visual geralmente pode ser rapidamente apreendida e codificada de um gráfico ou dispositivo por causa da combinação de um campo de visão amplo e movimentos sacádicos rápidos. Por contraste, o mesmo conteúdo apreendido através do toque requer muito mais tempo para ser explorado com movimentos dos dedos e mãos. Outra questão que dificulta a exploração tátil está na grande demanda cognitiva em integrar a informação ao longo do espaço e tempo durante explorações prolongadas (O'MODHRAIN *et al.*, 2015).

Conforme visto anteriormente, a memória de trabalho possui capacidade limitada em relação à quantidade de informação que consegue tratar simultaneamente e trabalha dentro de uma janela temporal (CYBIS, 2010; NOYES, 2001). O que ocorre é que essa integração resultante nem sempre está correta, o que complica a compreensão da estrutura global do gráfico (O'MODHRAIN *et al.*, 2015).

³³ A capacidade para o fluxo de neurotransmissores que ocorre durante o estímulo dos sentidos.

Figura 28 – Mapa da costa de Maine, Estados Unidos.



Fonte: O'Modhrain et. al (2015, p. 250).

A percepção háptica é atualmente vista como um sistema perceptual, mediado pelos sistemas cutâneo e cinestésico, que principalmente envolve a exploração manual ativa. Enquanto a visão e a audição são reconhecidas por fornecer informação espacial e temporal com alta precisão, o sistema háptico é especializado no processamento de características materiais de superfícies e objetos. Estudos nos quais participantes recebem passivamente estímulos sensoriais demonstram que a percepção tátil somente é eficiente em induzir sensações subjetivas e, por outro lado, falha em reconhecer sensações cutâneas quando a exploração ativa é permitida (LEDERMAN; KLATZKY, 2009). Por este motivo, a percepção háptica é adotada nesta pesquisa como principal meio de obter informações pelos ADV.

Como parte integrante do sistema háptico, a pele envolve quatro populações de *mecanoreceptores* que cobrem funções diversas, bem como, duas populações de *termoreceptores* que respondem ao aumento e diminuição na temperatura da pele. Os mecanoreceptores presentes na pele servem para detectar vibrações, percepção geral e percepção fina de texturas, reconhecer padrões e formas, estabilizar e dar precisão à apreensão e manipulação de objetos, percepção da direção de movimento e força de objetos devido ao esticamento da pele, e posição dos dedos (LEDERMAN; KLATZKY, 2009).

As informações cinestésicas recebidas de mecanoreceptores presentes em músculos, articulações e tendões contribuem para a percepção da posição de membros e movimentação de membros no espaço. Dados sensoriais provenientes dos sistemas cutâneo e cinestésico são combinados em proporções e de maneiras distintas para servir a funções hápticas variadas (LEDERMAN; KLATZKY, 2009).

O sistema háptico pode ser entendido como um sistema somatosensorial funcionando através de dois subsistemas: um sistema o quê, o qual abrange funções perceptuais e

memória relacionados a objetos, superfícies e suas propriedades; e de um sistema onde, que executa a localização de pontos, objetos e superfícies no corpo e no espaço e serve com um guia para a ação. As propriedades dos objetos que compõem o sistema *o quê* podem ser divididas em propriedades materiais e geometria. As principais propriedades dos materiais são textura superficial, conformidade e qualidade térmica; propriedades geométricas geralmente compreendem forma e tamanho; o peso é uma propriedade híbrida que reflete o material do objeto (sua densidade) e sua estrutura (volume) (LEDERMAN; KLATZKY, 2009).

A percepção háptica das propriedades de um objeto ou superfície está relacionada ao tipo de contato que é estabelecido com este objeto - se ele vai ser explorado com a ponta do dedo, com a palma da mão ou durante um período estendido de tempo. Lederman e Klatzky (1987) descreveram uma relação sistemática entre as propriedades dos objetos e ações exploratórias na forma de Procedimentos Exploratórios (PE), apresentados na Figura 29. Um PE é um padrão estereotipado de exploração manual, observado em pessoas quando pedidas para extrair informações sobre as propriedades particulares de objetos durante a exploração manual voluntária.

Figura 29 – Procedimentos Exploratórios para a Percepção Háptica.



Fonte: adaptado de Lederman e Klatzky (2009).

As estratégias representadas pelos PE são otimizadas em relação às propriedades que se deseja obter. Entretanto, deve-se ter em mente que cada PE tem custos e benefícios em relação ao tempo de execução e interferência na execução de outros padrões de exploração. Por exemplo, um custo seria um PE demorar e impedir que outro PE seja executado simultaneamente e um benefício seria utilizar um PE que forneça propriedades incidentais do objeto, normalmente relacionadas a outro PE. A partir de uma análise geral nos PEs, a maneira mais eficiente de obter informações gerais sobre as propriedades materiais e estruturais seria agarrar um objeto e levantá-lo, assim executando

simultaneamente os PEs de contato estático, segurar sem apoio e apreensão (LEDERMAN; KLATZKY, 2009).

No caso dos gráficos táteis, suas propriedades mais salientes são texturas, contornos e forma global. Neste caso, PCDV utilizarão os PEs mais eficazes para extrair estas informações (O'MODHRAIN *et al.*, 2015):

- movimento lateral (mover os dedos para trás e para frente ao longo da textura);
- seguindo o contorno (rastrear um contorno dentro da imagem);
- exploração com toda a mão da forma global (uma combinação entre os dois movimentos acima).

Eriksson (2013) ressalta que a primeira impressão obtida por uma PCDV a partir de um gráfico tátil difere da impressão obtida por normovisuais a partir de um gráfico estático. Normovisuais captam rapidamente uma visão geral do gráfico, obtendo uma ideia do seu conteúdo e depois passam a investigar os detalhes. Para PCDV é mais difícil obter uma visão geral a partir do toque, já que só é possível tocar uma coisa por vez. Nesse sentido, o uso e a função de gráficos difere entre PCDV e normovisuais. Conseqüentemente, deve-se levar isso em conta ao projetar e em termos de como a leitura tátil deve ser estimulada (ERIKSSON, 2013).

O processo de exploração de gráficos táteis ocorre em dois momentos: primeiro ocorre uma exploração abrangente e rápida do todo, visando obter uma visão geral; e depois analisam-se as pequenas porções da superfície em maior detalhamento para definir os detalhes e coloca-los no contexto geral do gráfico. A ordem apresentada é a mais natural e lógica, porém esses momentos são iterativos na formação do modelo mental (CARFAGNI *et al.*, 2012).

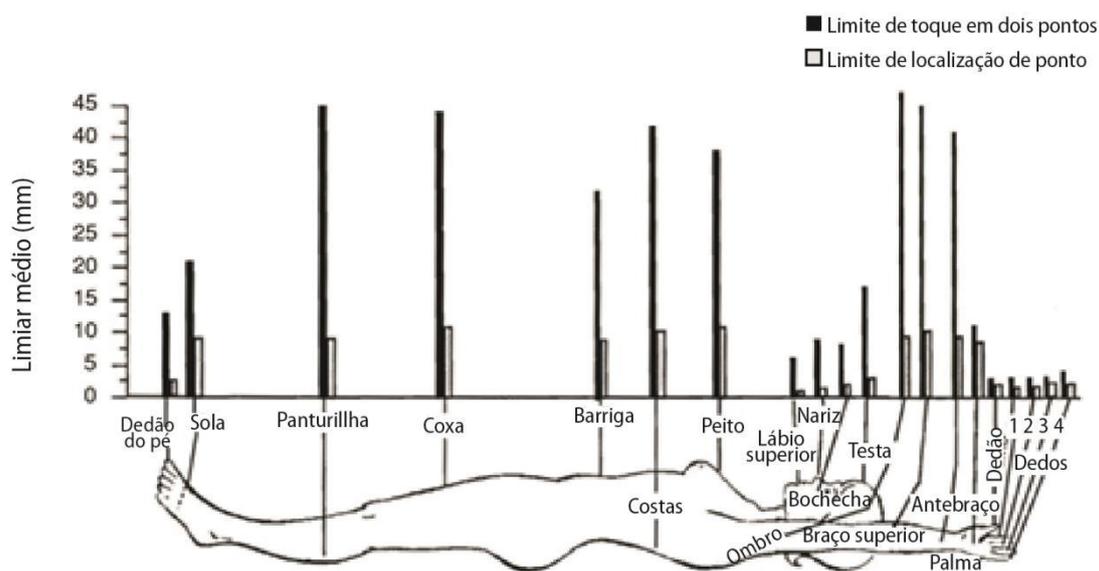
Diferentemente da visão, a qual possibilita obter uma visão geral de uma cena em uma fração de segundo e navegar entre os objetos que a compõem com rapidez e facilidade, o fator tempo tem maiores conseqüências na percepção háptica. Devido à natureza e especialização desse sistema, as propriedades dos materiais são processadas mais cedo do que propriedades geométricas. Lederman e Klatzky (1987) sugerem que uma "visão háptica geral" com duração de aproximados 200 milissegundos pode ser o suficiente para identificar objetos familiares com propriedades marcantes, sejam estas materiais ou geométricas.

O subsistema onde de localização e percepção háptica abrange dois tipos de localização espacial – um que determina onde um estímulo está sendo aplicado no corpo; e o outro que determina uma localização externa ao corpo a partir de pontos de referência. A localização do estímulo no corpo está diretamente relacionada com a capacidade de resolução da pele, que por sua vez é influenciada por diversas características, incluindo parte do corpo, idade e experiência visual (Figura 30) (LEDERMAN; KLATZKY, 2009).

A localização de objetos externos pode ocorrer através de pontos de referência egocêntricos, localizados no próprio corpo que, no caso de PCDV, é a mão que explora os objetos. Também podem ser utilizados pontos allocêntricos, que podem ser múltiplos, como objetos relacionados a eixos ambientais (como bordas de mesas), ou grupos de objetos utilizados como referências para encontrar outros. Em regra geral, as PCDV utilizam dois pontos de referência para localizar objetos no espaço, um egocêntrico e outro allocêntrico (LEDERMAN; KLATZKY, 2009).

A Figura 30 apresenta a acuidade espacial da pele, considerando as diferentes partes do corpo humano. Foram utilizados dois métodos de medição que apresentam correlação nos resultados obtidos – o limite de toque em dois pontos, e o limite de localização de ponto. O primeiro método obtém os resultados a partir da menor separação espacial entre dois estímulos aplicados à pele – os observadores devem decidir subjetivamente se sentem um ou dois pontos. O segundo método aplica um estímulo e depois de um tempo aplica outro estímulo que pode ou não ser localizado no mesmo ponto – nesse caso, os observadores decidem se foi ou não aplicado no mesmo ponto. Percebe-se que a acuidade espacial varia ao longo do corpo, sendo, de forma geral, mais alta nas extremidades e mais baixa no meio do corpo – quanto maiores as barras apresentadas na Figura 30, menor a acuidade espacial e vice-versa (LEDERMAN; KLATZKY, 2009).

Figura 30 – Acuidade espacial da pele humana.



Fonte: adaptado de Lederman e Klatzky (2009).

Existem diferenças qualitativas em relação aos processos de formação e recuperação de modelos mentais visuo-espaciais entre PCDV e normovisuais. O *processamento ativo* de gráficos e outros objetos táteis ocorre quando as imagens espaciais são formadas, manipuladas e integradas na memória. Quando as imagens estão armazenadas na memória sem modificação (*processamento passivo*) não existem diferenças significativas entre PCDV e normovisuais. Assim sendo, PCDV tem maior dificuldade do que normovisuais para criar e modificar informações visuo-espaciais, porém, são equivalentes na hora de recuperar

informação (JONES; BROADWELL, 2008). Segundo O'Modhrain et. al (2015) o toque ativo acontece quando o sujeito recebe sinais táteis e cinestésicos a partir do movimento intencional de mãos e dedos, e toque passivo quando ele percebe estímulos táteis-cinestésicos involuntariamente.

2.3 Processo: Projetando Gráficos Instrucionais Táteis

Este tópico apresenta o processo de produção de gráficos instrucionais táteis, de acordo com o enfoque desta pesquisa. Inicialmente, evidenciam-se os principais desafios, requisitos e aspectos envolvidos no processo projetual, trazendo também métodos e ferramentas que podem ser utilizados, bem como, a questão da qualidade dos GIT. Em um segundo momento, se traz o conceito de *framework* como uma abordagem de projeto de GIT. Por fim, trata-se da fabricação digital, apresentando os principais métodos e *softwares* utilizados na produção de GIT.

2.3.1 O PROJETO DE GIT

Obstáculos no desenvolvimento de projetos de GT, como a grande demanda de tempo e experiência necessários, levaram Prescher, Bornschein e Weber (2014) a elaborar diretrizes gerais que apontam para aspectos essenciais na otimização de processos de desenvolvimento de GT. Os autores pesquisaram a realidade de instituições (universidades, empresas, organizações, etc.) visando entender os processos projetuais utilizados e seus aspectos envolvidos, tais como os tipos de gráficos produzidos e os métodos de produção, as ferramentas digitais e analógicas utilizadas, e métodos de gestão da qualidade. Paralelamente foram estudadas as necessidades, experiências e preferências dos usuários de GT (PCDV), considerando aspectos da exploração de GT, preferências em relação aos tipos de gráficos e dificuldades encontradas. Com base nisso, esses autores indicam que:

- Gráficos táteis devem **incluir descrições verbais** para melhorar a sua compreensão. O processo projetual deve prever a conexão entre esses dois elementos.
- Os gráficos devem ser construídos em **formatos adaptáveis** que permitem modificações e reaproveitamento de recursos. Isso pode ser obtido facilmente com o uso de vetores gráficos – formato SVG.
- O processo deve incluir ferramentas ou **métodos de gestão da qualidade** como o uso de diretrizes de projeto; utilização de *templates*³⁴, especialmente estilos de linha, padrões de preenchimento, etc; bem como, a possibilidade de verificar, modificar e anotar o gráfico desenvolvido por revisores com e sem deficiência visual.

³⁴ *Templates* funcionam como banco de dados, podendo-se escolher dentre diversas opções predefinidas, o que agiliza o processo de criação.

Considerando uma integração efetiva com os fluxos de trabalho existentes na criação de GT, Prescher, Bornschein e Weber (2014) sintetizaram um modelo de processo projetual de 10 etapas que dá conta de todas as atividades necessárias no desenvolvimento:

1. Planejamento (decisão para reuso ou adaptação);
2. Digitalização do gráfico (extração do arquivo fonte ou escaneamento);
3. Vetorização (ao menos traçar linhas manualmente);
4. Edição do gráfico (simplificação, correções, preenchimento, etc.);
5. Adição de texto em braille (etiquetas e legendas);
6. Renderização (por exemplo, imprimir com impressora braille);
7. Revisão (idealmente por cego ou pessoa com baixa visão, ao menos uma verificação de diretrizes);
8. Adição do gráfico e descrição no livro transcrito (etapa opcional);
9. Distribuição;
10. Armazenamento de arquivo.

Algumas variáveis presentes no processo de projeto de GT trazem desafios para o desenvolvimento desses gráficos: a diversidade do grupo de usuários; as tecnologias envolvidas na utilização e produção dos gráficos; e a amplitude de tarefas a serem realizadas. Nesse sentido, os projetistas devem ser precisos ao adequarem a solução resultante aos requisitos do usuário, tendo em mente que cada combinação particular entre tarefas, usuários e tecnologias exigirá uma solução diferente (O'MODHRAIN *et al.*, 2015).

A partir de uma pesquisa em diversos autores, foram identificados os principais desafios envolvidos na produção de GIT, relacionados às seguintes etapas (BANA, 2010; HASTY, 2018; BORNSCHEIN; PRESCHER; WEBER, 2015; EDMAN, 1992; ERIKSSON, 2003; KARDOULIAS, 2003; O'MODHRAIN *et al.*, 2015; PRESCHER; BORNSCHEIN; WEBER, 2014; CARFAGNI *et al.*, 2012):

- **Pesquisa com usuários:** identificar necessidades dos usuários específicos ou mesmo considerando atender a um grupo variado de usuários PCDV; identificar as tarefas dos usuários na interação com o GIT;
- **Criação do gráfico tátil:** decisões sobre adaptar o gráfico original para uma versão tátil ou somente descrevê-lo; decisões sobre os métodos de produção utilizados; decisões sobre segmentar o gráfico tátil em um ou mais gráficos; decisões sobre a inclusão/exclusão de conteúdos durante o processo de simplificação do gráfico tátil; a edição do gráfico, envolvendo questões como o uso de ferramentas gráficas, e a adaptação de formas e cores para relevos e texturas; a aplicação das diretrizes de projeto; a verificação da qualidade do gráfico criado;
- **Produção:** a produção de protótipos e gráficos finalizados que envolvem questões como a facilidade e o tempo de operação das máquinas, e necessidades de pós-produção como montagem e acabamentos.

Segundo Hasty (2018), são habilidades e conhecimentos essenciais ao projetista de GIT os seguintes: utilizar a árvore de decisão para determinar quando produzir um gráfico tátil; como determinar o objetivo de uma imagem impressa; utilizar uma planilha para determinar os conteúdos a serem incluídos; técnicas de planejamento e edição; componentes de um gráfico e suas características únicas; padrões de legibilidade. Considerando estes conhecimentos necessários para a produção de gráficos táteis eficazes, essas variáveis podem servir como norteadores no processo projetual.

Tendo em vista as diferenças na capacidade de resolução entre o tato e a visão, a simplificação na quantidade de informações exibida pelo gráfico tátil é uma estratégia recorrente utilizada para reduzir a complexidade dos gráficos (LOOMIS; KLATZKY; GIUDICE, 2012; O'MODHRAIN *et al.*, 2015). Segundo Eriksson (2003) a maioria dos gráficos estáticos pode ser adaptado ao formato tátil desde que se considere a seguinte regra: um gráfico não deve ser somente reproduzido em relevo; para auxiliar na leitura, o gráfico tátil deve ser composto por formas simples e claras que apoiam o processo de leitura.

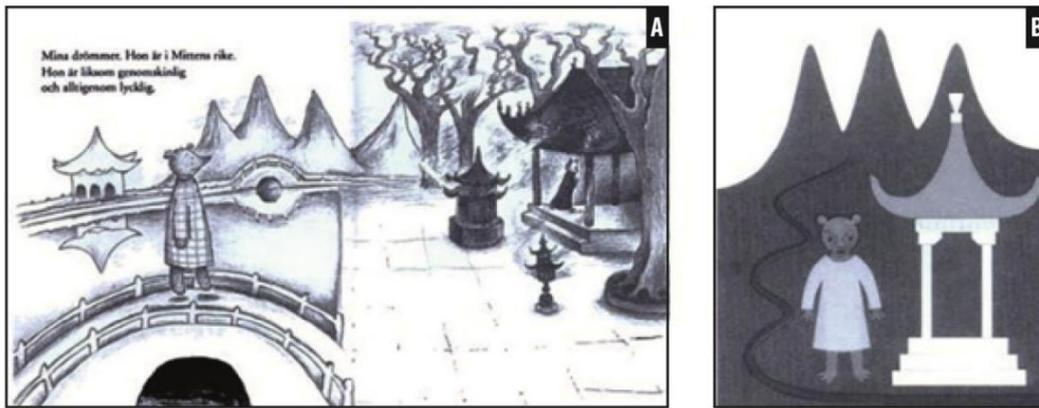
Nesse sentido, um dos maiores desafios no projeto de GIT é atingir o equilíbrio entre simplificação e legibilidade, ou seja, realizar os ajustes necessários para tornar o gráfico simples o suficiente sem perder as informações essenciais que possibilitam a compreensão de seu conteúdo (BORNSCHEIN; PRESCHER; WEBER, 2015). Para isso, inicialmente deve-se considerar quais informações no gráfico original transmitem a maior parte do seu significado e então determinar o grau de redução requerido entre a entrada de informações visuais para a saída tátil, para criar gráficos simples e claros. Geralmente, o princípio *menos é mais* é a maneira mais simples de garantir que um gráfico tátil seja significativo e usável (O'MODHRAIN *et al.*, 2015).

De forma geral, a simplificação do conteúdo implica na modificação das formas originais. No entanto, é importante que as formas adaptadas mantenham ao máximo as características originais para facilitar o seu reconhecimento. Simplificar não significa somente eliminar detalhes, mas também reforçar o que é característico em uma figura, forma ou linha, de modo a facilitar a leitura tátil (ERIKSSON, 2003).

As Figura 31 (p. 88) e Figura 32 (p. 88) apresentam dois gráficos impressos em livros ilustrados infantis, traduzidos ao formato tátil segundo o princípio da simplificação do conteúdo pictórico considera a facilidade de leitura e ainda mantém o estilo do gráfico original³⁵. A Figura 31A apresenta o gráfico original no qual o urso está em um sonho em que flutua sobre uma ponte, indo em direção a um altar chinês em um cenário com montanhas, outra ponte, uma casa e outros elementos. A Figura 31B apresenta o gráfico tátil que, através do processo de simplificação, modifica o conteúdo e a forma, eliminando detalhes e apresentando somente o urso, as montanhas, o caminho e o altar, em vista frontal (ERIKSSON, 2003).

³⁵ Em trabalhos artísticos a questão do estilo é ainda mais importante (ERIKSSON, 2003).

Figura 31 – Gráfico impresso e gráfico tátil simplificado (urso sonhando).



Fonte: adaptado de Eriksson (2003).

Em alguns casos de gráficos complexos, é necessário realizar modificações ainda mais radicais para manter a compreensão do conteúdo essencial do gráfico. A Figura 32 serve como exemplo para este caso: o gráfico original (Figura 32A) apresenta um cenário de festa com três carrosséis, diversos personagens e a personagem principal no canto esquerdo da figura; o gráfico tátil adaptado (Figura 32B) apresenta somente um carrossel com os personagens, a partir de uma vista superior abstraída. O texto apresentado no gráfico original foi reproduzido em braille em uma página distinta, tendo seus detalhes omitidos de acordo com o gráfico (ERIKSSON, 2003).

Em ambos os exemplos de simplificação apresentados, a composição original das figuras foi reconsiderada com o intuito de mostrar cada forma individual ou evento da maneira mais clara possível. Além disso, os textos que originalmente acompanhavam os gráficos apresentam-se em braille e em páginas distintas dos gráficos táteis na versão adaptada. De maneira análoga à simplificação do conteúdo gráfico, os textos em braille também passaram por um processo de simplificação e tiveram seus detalhes omitidos (ERIKSSON, 2003)

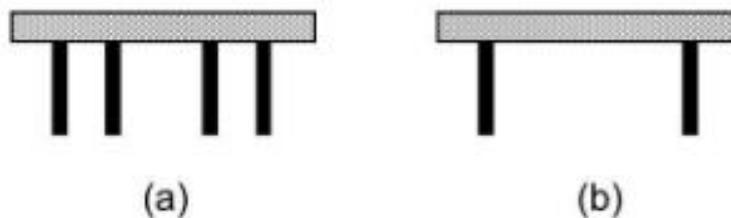
Figura 32 – Gráfico impresso e gráfico tátil simplificado (festa).



Fonte: adaptado de Eriksson (2003).

Ferreira *et al.* (2021) demonstram que para favorecer a compreensão do conteúdo, há casos em que a representação de um objeto pode não seguir as convenções estabelecidas na representação da perspectiva. A Figura 33 apresenta uma mesa em vista frontal com 4 pernas, modificando a sua vista em perspectiva nas quais 2 pernas estariam acumuladas na vista frontal.

Figura 33 - Representação de uma mesa em perspectiva alterada.



Fonte: Ferreira et al. (2021, p. 92)

Outro exemplo de simplificação de um gráfico complexo pode ser visto na Figura 34 (p. 90), a qual representa o gráfico do trato gastrointestinal em versão impressa e em versão adaptada. Na Figura 34A observa-se o gráfico impresso acompanhado de legendas que identificam a estrutura do organismo, bem como, da legenda que descreve o conteúdo do gráfico. A Figura 34B apresenta em duas páginas o gráfico tátil (D) acompanhado da legenda descritiva (E).

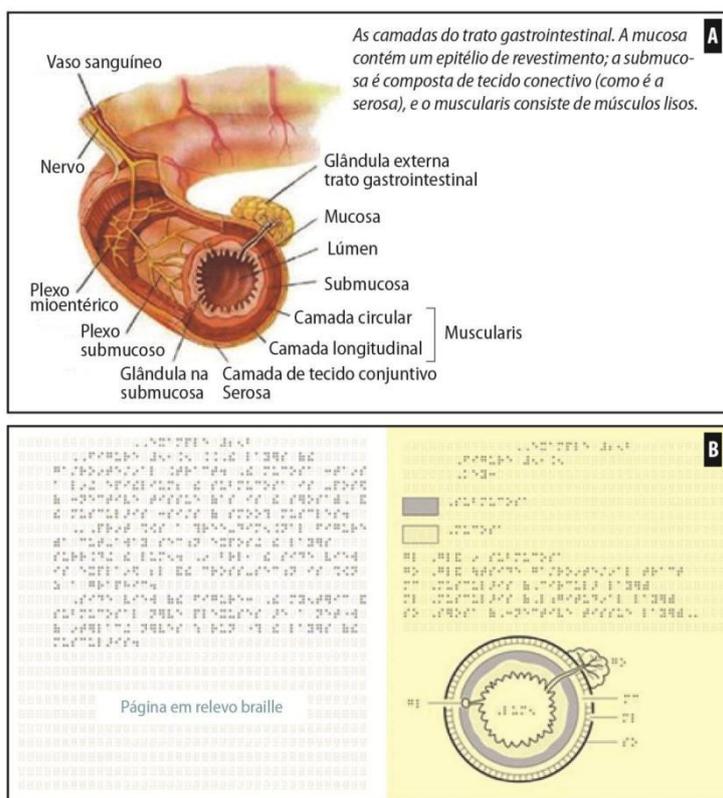
Neste caso, o gráfico tátil eliminou a perspectiva do gráfico impresso e passou a apresentar o trato gastrointestinal em uma vista seccional ampliada para poder indicar as suas diversas camadas e ainda fornecer espaço para as legendas e texturas. As legendas foram transformadas em rótulos (ex: A,B,C), os quais são explicados acima do gráfico, junto das texturas. A legenda descritiva do gráfico é apresentada na página à esquerda (BANA, 2010).

BANA (2010) descreve o processo aplicado para a adaptação deste gráfico, iniciando pela decisão sobre a produção do gráfico tátil, considerando o objetivo do gráfico, aspectos de simplificação e apresentação do gráfico, uso de legendas, métodos de produção e modificações finais após revisão. Este processo é composto por 6 etapas e é estruturado na forma de tópicos e questões-chave. Deve-se considerar que o mesmo não deve ser visto sob uma estrutura rígida, principalmente em relação às questões-chave – em alguns casos apresentados, questões podem ser adicionadas e a última etapa não necessariamente é contemplada. O processo padrão de BANA (2010) é apresentado a seguir:

1. Aplicar a árvore de decisão para produzir ou não o gráfico tátil;
2. Que informação será transmitida?
3. Simplifique o gráfico. Considere:

- a. Alguma das partes pode ser eliminada na versão tátil?
 - b. Alguma das partes pode ser descrita na nota do transcritor?
 - c. Como o gráfico será apresentado?
 - d. O gráfico será separado em mais de uma seção?
 - e. O gráfico precisa ser ampliado?
4. Identifique os componentes para ser incluídos no gráfico:
 - a. As legendas irão caber no espaço disponível ou será necessário usar rótulos?
 - b. Qual técnica de rótulos será utilizada?
 5. Qual método de produção será utilizado?
 6. Modificações possíveis

Figura 34 – Gráfico impresso e gráfico tátil simplificado (Trato gastrointestinal).



Fonte: adaptado de BANA (2010).

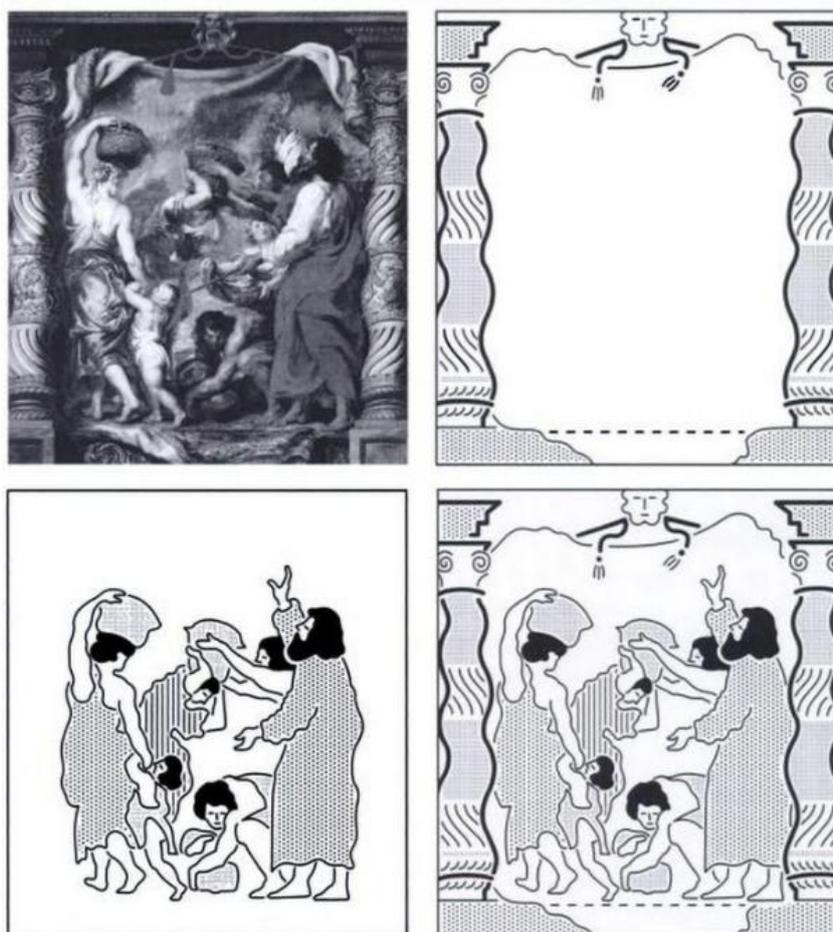
Uma outra opção que deve ser considerada na produção de gráficos complexos é a segmentação do conteúdo em um ou mais gráficos táteis. Nos casos em que todo o conteúdo presente no gráfico é importante, o processo de simplificação torna-se mais restrito e o projetista pode utilizar a estratégia da segmentação (O'MODHRAIN *et al.*, 2015; KARDOULIAS, 2003; BANA, 2010).

O conteúdo original (Figura 35A, p. 91) pode ser segmentado em até três gráficos táteis, pois este é o limite para que o leitor seja capaz de sintetizar as informações em um modelo mental coeso. Sugere-se a separação em partes lógicas que possam ser percebidas individualmente e em seu contexto geral. Por exemplo, pode-se separar um gráfico tátil

para exibir o plano de fundo (Figura 35B), outro gráfico exibindo o plano frontal (Figura 35C), e um terceiro gráfico apresentando a sua composição geral (Figura 35D) (KARDOULIAS, 2003).

Nos casos particulares em que o gráfico original apresenta complexidade excessiva, não é possível realizar a sua adaptação para gráfico tátil. Os gráficos são considerados muito complexos quando incluem muita informação com excesso de objetos e detalhes. Nesses casos, pode-se aplicar a árvore de decisão³⁶ para definir se é ou não possível produzir o gráfico. Quando o gráfico não pode ser produzido devido à sua complexidade, a solução é descrevê-lo verbalmente (KARDOULIAS, 2003; BANA, 2010; FUNDAÇÃO DORINA NOWILL, 2017). A Figura 36 (p. 92) exemplifica este caso, através de um infográfico sobre fontes de poluição acompanhado da Nota do Transcritor – um recurso que funciona como uma descrição para o gráfico, guiando o leitor na sua compreensão (BANA, 2010).

Figura 35 – Diagrama sequencial de obra de Peter Rubens, *The Gathering of the Manna*.



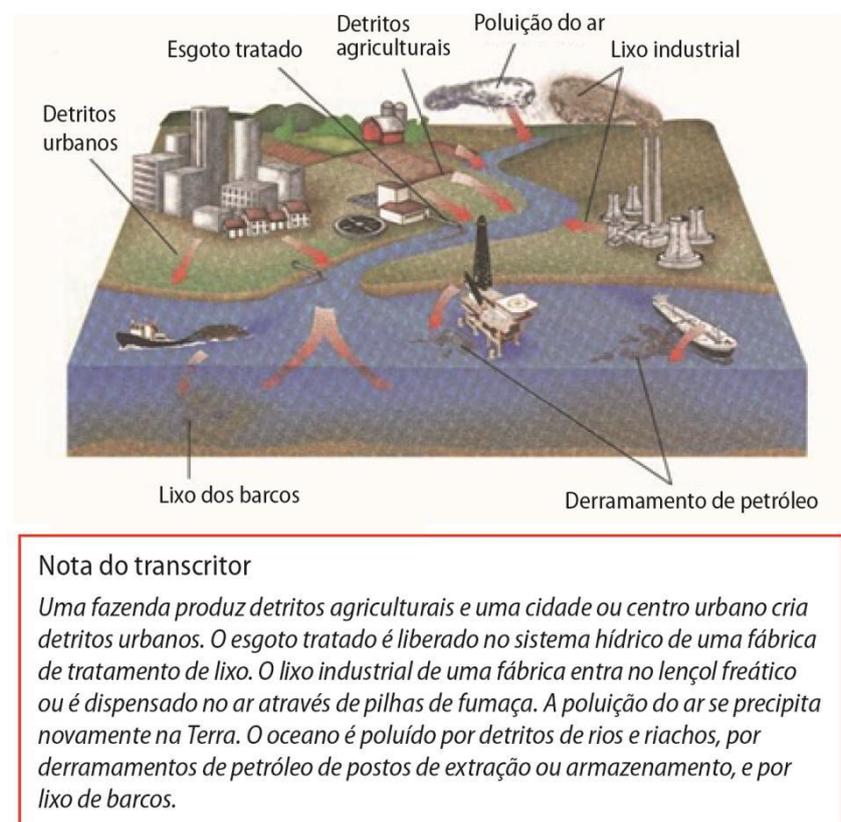
Fonte: adaptado de Kardoulis (2003).

³⁶ A árvore de decisão é uma ferramenta utilizada por diversos autores em estágios iniciais do processo de adaptação, e tem como objetivo auxiliar na decisão sobre a produção ou não de um gráfico tátil (BANA, 2010; DIAGRAMCENTER, 2018; HASTY, 2018; SANCHES, 2018). Esta ferramenta é apresentada em maiores detalhes no item 2.3.1.1.

Um aspecto relevante na qualidade do gráfico tátil gerado é o método de produção utilizado. Considerando que muitas estruturas táteis podem se perder ao utilizar métodos de produção com baixa resolução tátil, o projetista deve estar consciente desse aspecto técnico ao realizar a adaptação. Os diferentes métodos de produção diferenciam-se na sua capacidade de apresentar estruturas táteis, a partir de diferentes aspectos técnicos (BORNSCHEIN; PRESCHER; WEBER, 2015):

- Resolução tátil
- Níveis de altura permitidos
- Estabilidade da estrutura
- Velocidade de produção
- Custos de reprodutibilidade

Figura 36 - Gráfico original complexo e sua descrição (nota do transcritor).



Nota do transcritor

Uma fazenda produz detritos agrícolas e uma cidade ou centro urbano cria detritos urbanos. O esgoto tratado é liberado no sistema hídrico de uma fábrica de tratamento de lixo. O lixo industrial de uma fábrica entra no lençol freático ou é dispensado no ar através de pilhas de fumaça. A poluição do ar se precipita novamente na Terra. O oceano é poluído por detritos de rios e riachos, por derramamentos de petróleo de postos de extração ou armazenamento, e por lixo de barcos.

Fonte: adaptado de BANA (2010).

Ao se considerar a necessidade de simplificação com a escolha do método de produção, o objetivo é combinar as informações mais importantes a serem transmitidas aos canais perceptuais disponíveis do usuário com deficiência visual, ao mesmo tempo em que se trabalha com as restrições dos materiais e formatos utilizados (contornos táteis, diagramas táteis, superfícies em relevo, etc.). O que se busca é representar a informação a ser transmitida com as pistas hápticas que melhor apoiam a interpretação da imagem. (O'MODHRAIN *et al.*, 2015).

Como foi já mencionado anteriormente no item 2.2.3.1, as PCDV obtêm informações de texturas, contornos e forma global dos gráficos através de três principais estratégias de exploração (PEs). Considerando-se um equívoco utilizar somente um tipo de suporte ou para resolver todos os problemas de acessibilidade de gráficos, uma questão auxilia no processo de escolha do suporte: em que medida cada tipo de gráfico tátil/suporte apoia o uso desses três procedimentos exploratórios? (O'MODHRAIN *et al.*, 2015).

Um último aspecto a ser mencionado em relação à produção de GT é a facilidade de produção. Um dos motivos para a popularidade dos GT em formatos de papel microcapsulado³⁷, figuras braille e termoformagem é a sua facilidade de produção, já que os mesmos não exigem esforço adicional de pós-produção. Por outro lado, relevos e outros métodos de produção podem exigir algum processo de montagem ou refino manual, o que envolve riscos para o resultado final do GT, ou períodos mais longos de produção (BORNSCHEIN; PRESCHER; WEBER, 2015).

2.3.1.1 Métodos, técnicas e ferramentas de apoio

Este tópico discorre sobre os métodos, técnicas e ferramentas de apoio utilizadas no projeto de GIT. Bomfim (1995) diferencia entre métodos, técnicas e ferramentas em relação à sua abrangência e função: os métodos são mais abrangentes, correspondendo a procedimentos lógicos que organizam as atividades do processo; técnicas são meios intermediários que podem ser aplicados em pontos específicos; e as ferramentas apoiam a execução de técnicas e métodos utilizando-se de instrumentos, tabelas, listas de verificação, entre outros. Coelho reitera essa relação entre método e técnica explicando que o método é uma rotina lógica percorrida para se atingir um objetivo, sendo este composto de diversas técnicas.

Além dos métodos, técnicas e ferramentas, os princípios, diretrizes e heurísticas também são recursos importantes que podem auxiliar o designer a atingir melhores resultados de projeto. Os princípios são menos abrangentes do que teorias e modelos, servindo para auxiliar na criação e comparação entre alternativas de design (SHNEIDERMAN, 1998), sendo que seu desenvolvimento é baseado em resultados 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.

As diretrizes 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). Heurísticas referem-se a um conjunto de regras ou procedimentos para desempenhar determinadas atividades; é um tipo de conhecimento

³⁷ Este formato utiliza a método de termofusão, no qual a tinta à base de carbono se estufa ao entrar em contato com o calor proporcionado pela máquina, formando assim o relevo tátil.

processual que abrange a reflexão sobre regras, procedimentos e estratégias objetivando a aplicação do conhecimento resultante na resolução de problemas (MUMFORD, M.; NORRIS, 1999).

Métodos são meios cruciais para transferir conhecimento procedural entre indivíduos. Bons métodos possibilitam que os indivíduos aprendam ou desempenhem uma determinada atividade ou atinjam objetivos mais eficaz e eficientemente do que sem os mesmos. Considerando o design como uma atividade humana com o propósito de mudar situações existentes em situações preferíveis (SIMON, 1981), os métodos são meios de auxiliar designers a alcançarem mudanças desejadas tão eficaz e eficientemente quanto possível. Nesse sentido, os métodos são vistos como ferramentas mentais, vindo a influenciar os padrões de pensamento e modelos mentais dos projetistas a fim de atingir melhores resultados (DAALHUIZEN, 2014).

Em relação específica à produção de GIT, podem ser destacados alguns métodos, técnicas e ferramentas que auxiliam nesse processo. Este tópico não tem como objetivo realizar um levantamento exaustivo destes, mas sim uma visão geral do assunto, a qual será expandida durante o desenvolvimento da pesquisa.

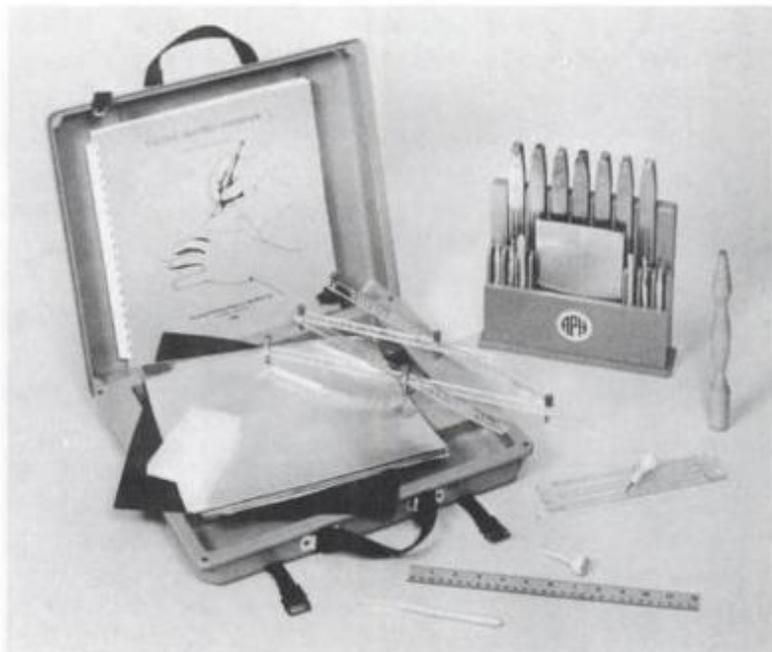
Edman (1992) apresenta um kit de ferramentas que fornece meios para construção de gráficos táteis compreensíveis (Figura 37, p. 95). São incluídos componentes que facilitam e orientam a construção de diversos tipos de GT, tais como mapas, gráficos, diagramas, etc. O kit inclui ferramentas para a produção de linhas, formas, símbolos e padrões, além de um guia que instrui sobre como utilizar essas ferramentas e sobre como as PCDV podem ler os gráficos criados. Mesmo estando descontextualizado em relação às tecnologias disponíveis atualmente para a produção de gráficos táteis, este *kit* é um exemplo de ferramenta que pode contribuir para o projeto de gráficos de qualidade.

No contexto atual, Bornschein, Prescher e Weber (2015) apontam diversas funcionalidades incorporadas em *softwares* de edição gráfica que podem servir como ferramentas no auxílio ao projetista de GT:

- Preencher objetos com diferentes padrões táteis;
- Redesenhar partes do gráfico para adequar o gráfico aos requisitos de resolução dos métodos de produção³⁸ utilizados;
- Filtros para conversão em escala de cinza ou código binário;
- Encontrar e destacar o contorno dos objetos;
- Criar rótulos em braille.

³⁸ Impressoras em braille estão mais aptas a produzir linhas ortogonais do que linhas inclinadas ou curvas. Nesses casos, adaptações nas linhas possibilitam a impressão em braille (BORNSCHEIN; PRESCHER; WEBER, 2015).

Figura 37 – Kit de gráficos táteis com livro-guia.



Fonte: Edman (1992, p. 61).

No projeto Tangram, Bornschein, Prescher e Weber (2015) forneceram auxílio aos projetistas através de uma barra de ferramentas especializada no *software* de edição gráfica (Figura 38). Essa barra inclui conjuntos predefinidos de padrões de preenchimento, estilos de linha ou primitivas gráficas elementares, como setas ou símbolos táteis, além de trazer propriedades importantes dos objetos gráficos, como posição, tamanho e textos.

Figura 38 – Caixa de ferramentas do *software* Tangram.



Fonte: adaptado de Bornschein, Prescher e Weber (2015).

Diversos autores utilizam bancos de padrões e texturas como meio de auxiliar o projetista no preenchimento das formas criadas para o GT (BORNSCHEIN; PRESCHER; WEBER, 2015; CARFAGNI *et al.*, 2012; SANCHES, 2018). Devido a aspectos como similaridade e complexidade dos padrões existentes, BANA (2010) apresenta, junto do banco de padrões, recomendações sobre o uso de determinados grupos de padrões e texturas (Figura 39, p. 96).

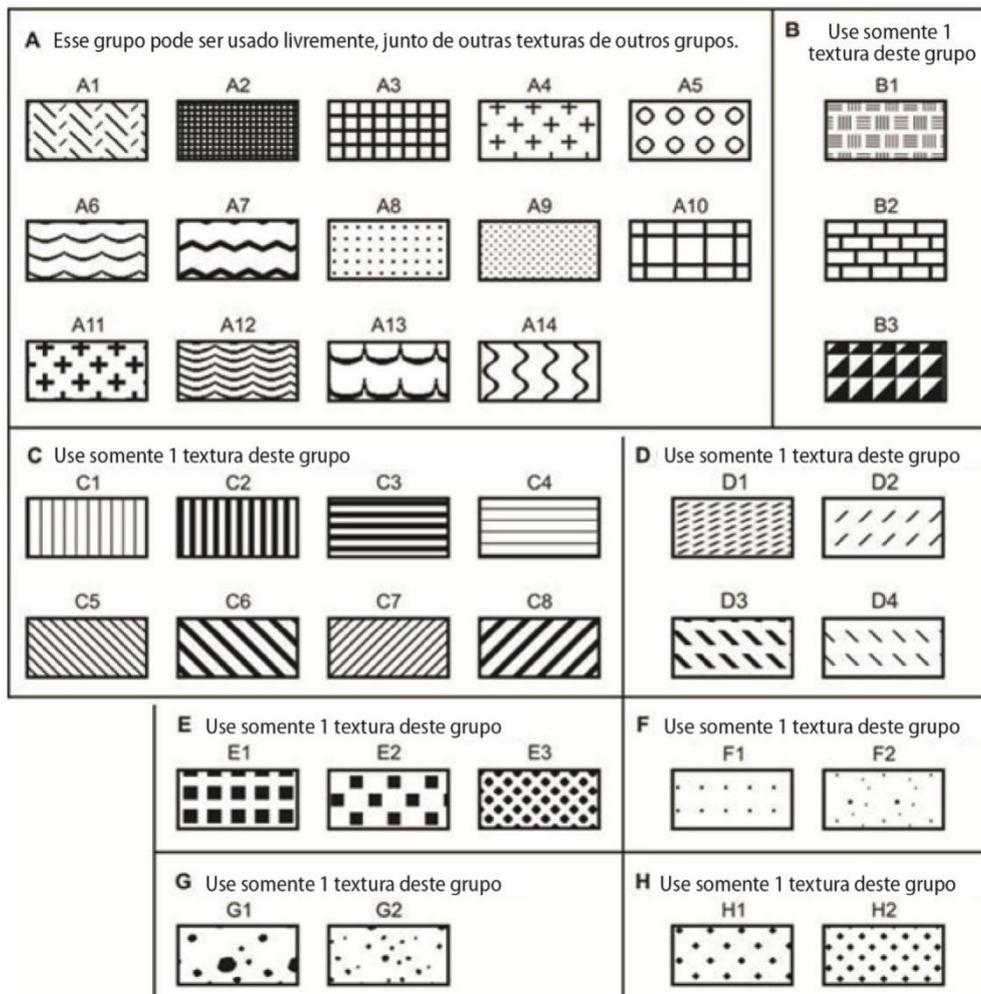
O Quadro 11 apresenta as ferramentas existentes e as funções associadas.

Quadro 11 – Ferramentas gráficas para o projeto de GT.

Ferramenta	Função
Posição	Editar as posições x e y do objeto selecionado.
Tamanho	Especifica a largura e altura do objeto selecionado.
Manter proporção	Habilita ou desabilita a preservação das proporções de largura e altura.
Seleção de unidade	Seleciona a unidade de medição para preservar posição e tamanho.
Estilos de linha	Seleciona um estilo de linha tátil perceptível (sólida, pontilhada, tracejada) para o objeto selecionado.
Estilos de padrão	Seleciona uma textura para preencher o objeto gráfico selecionado.
Espaçamento padrão-borda	Adiciona ou remove um espaço branco entre o padrão de preenchimento e a borda do objeto selecionado para aumentar a distinção da percepção de contorno.
Texto	Abre uma janela para anotar títulos e descrições de objetos gráficos.
Tangram workstation	Abre a estação Tangram para o revisor cego. As propriedades do documento são adaptadas, como cor e estilo de fonte.
Verificação	Abre um diálogo para revisar GT baseado em diretrizes de criação.

Fonte: adaptado de Bornschein, Prescher e Weber (2015).

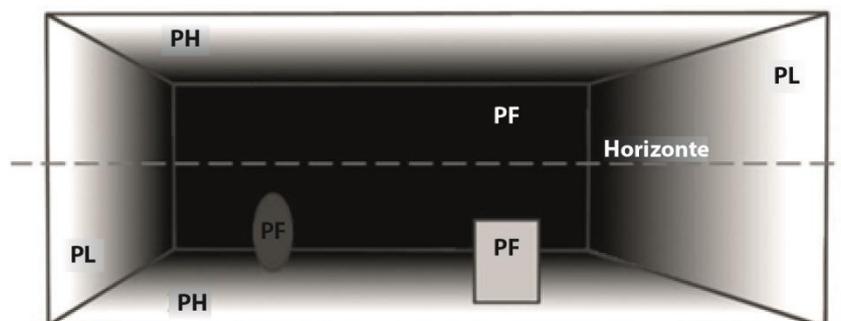
Figura 39 – Banco de padrões e texturas de preenchimento.



Fonte: adaptado de BANA (2010).

Carfagni *et al.* (2012) apresentam o mapa de profundidade como uma ferramenta para auxiliar a ordenar e determinar os níveis de altura dos elementos da composição em relevo. O modelo exibe planos horizontais (PH), laterais (PL) e um plano frontal (PF); valores de cinza e objetos posicionados no modelo servem como referência para a seleção do valor adequado aos objetos presentes no mapa de profundidade (Figura 40).

Figura 40 – Modelo de referência para o mapa de profundidade.



Fonte: adaptado de Carfagni *et al.* (2012).

Hasty (2018) detalha diversos aspectos do projeto de gráficos táteis no *website Tactile Graphics*³⁹, onde fornece diretrizes de projeto, produção, ensino, e apresenta produtos relacionados, exemplos de caso e recursos para *download*. Destacam-se os seguintes recursos como ferramentas de projeto: a árvore de decisão, a qual guia o projetista através de um fluxograma com perguntas e respostas, culminando na produção ou não produção do gráfico tátil (Figura 41, p. 98); e a planilha de planejamento do gráfico tátil, a qual relaciona elementos do gráfico (áreas, linhas, símbolos e legendas), com conteúdos e texturas (Quadro 12).

Quadro 12 – Planilha de planejamento de gráfico tátil.

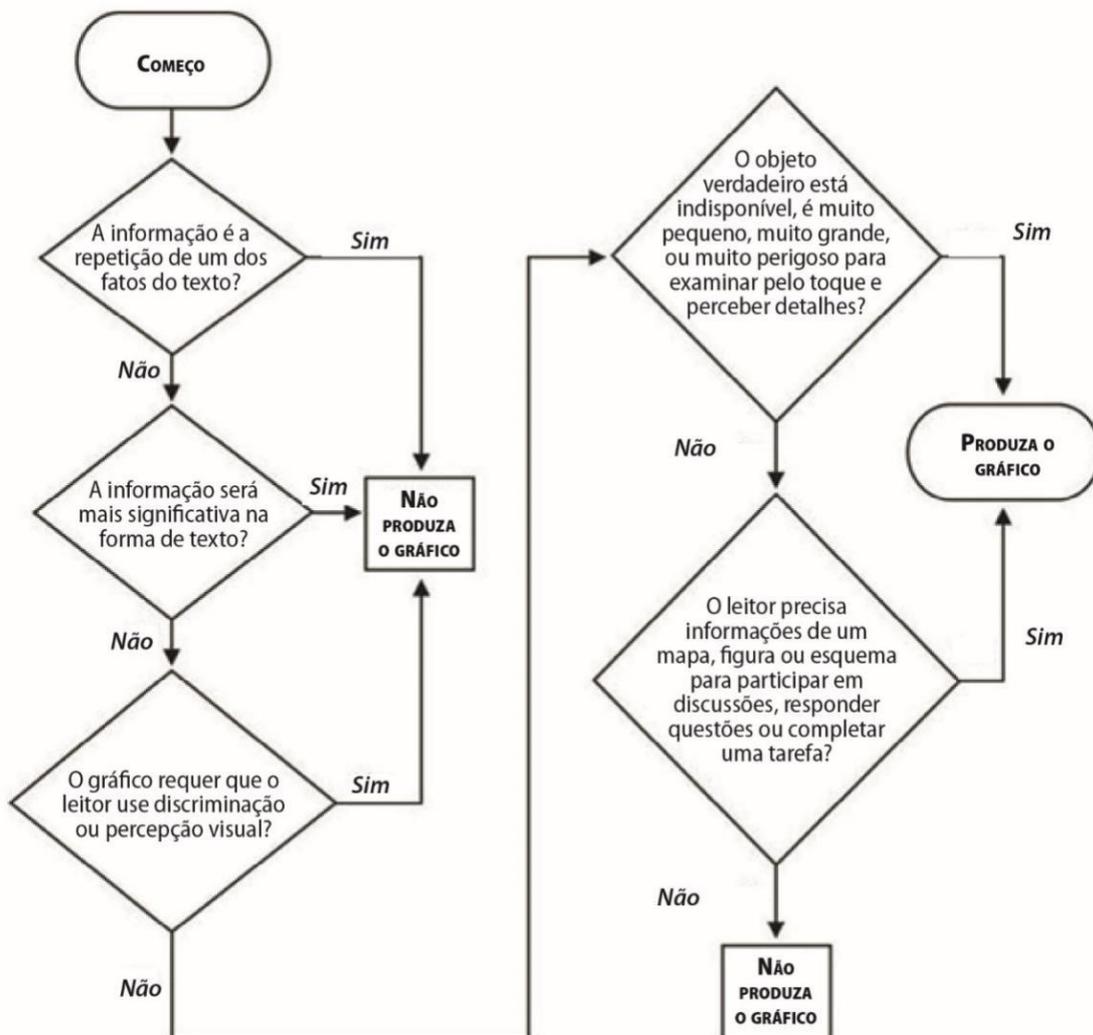
Planilha de planejamento de gráfico tátil	
Título:	Método:
Transcritor:	Projetista gráfico:
Data de entrega:	Revisor:
Incluir (derivado do texto relacionado):	
Simplificação e/ou eliminação:	
Redimensionamento:	
Consolidação e/ou distorção:	
Separação (lista de títulos ou cabeçalhos para cada parte do diagrama):	
Notas do transcritor (explicando a mudança no formato ou descrição para suportar gráficos):	
Comentários:	

Fonte: adaptado de BANA (2010).

³⁹ <http://www.tactilegraphics.org/index.html>

As diretrizes de projeto apresentadas por Hasty (2018) são baseadas nas Diretrizes e Padrões para Gráficos Táteis⁴⁰, da Braille Authority of North America (BANA, 2010). Inclusive, as diretrizes e padrões do BANA contém uma planilha de planejamento mais completa que a planilha de Hasty (2018), a primeira inclui uma parte dedicada às decisões de conteúdo e de projeto, enquanto a segunda está mais diretamente relacionada à execução do gráfico.

Figura 41 - Árvore de decisão para a produção de gráficos táteis.



Fonte: adaptado de BANA (2010).

Outra ferramenta desenvolvida por BANA (2010) é a nota do transcritor, a qual fornece explicações adicionais para indicar ao leitor sobre a apresentação do gráfico tátil (Figura 42). A informação contida não deve ser repetitiva e sim conter o conteúdo suficiente para que o gráfico seja entendido por si só.

⁴⁰ Guidelines and Standards for Tactile Graphics

Figura 42 – Nota do transcritor.

Nota do transcritor

Uma fazenda produz detritos agrícolas e uma cidade ou centro urbano cria detritos urbanos. O esgoto tratado é liberado no sistema hídrico de uma fábrica de tratamento de lixo. O lixo industrial de uma fábrica entra no lençol freático ou é dispensado no ar através de pilhas de fumaça. A poluição do ar se precipita novamente na Terra. O oceano é poluído por detritos de rios e riachos, por derramamentos de petróleo de postos de extração ou armazenamento, e por lixo de barcos.

Fonte: adaptado de BANA (2010).

2.3.1.2 Qualidade no projeto de GIT

Definir qualidade em design é uma tarefa complexa que deve se apoiar em critérios específicos. Dependendo da perspectiva utilizada, a qualidade pode significar o funcionamento constante e sem falhas de uma máquina ou a facilidade na fabricação e montagem de um determinado produto (BAXTER, 2000). Para Löbach (2001), um produto deve ser capaz de atender às necessidades fisiológicas e psicológicas do usuário durante a sua utilização. Em última instância, autores concordam que a qualidade de um produto está no atendimento das necessidades dos usuários (BACK *et al.*, 2008; BAXTER, 2000; MORRIS, 2009).

No caso dos GIT, a qualidade pode ser especificada em relação a diferentes aspectos. A qualidade no processo de criação engloba os elementos e processos empregados durante o processo de desenvolvimento dos GIT, e tem como usuários principais os projetistas e, usuários secundários, os ADV. Por outro lado, a qualidade do produto final pode ser avaliada em relação ao seu valor instrucional para os ADV, tendo estes como usuários principais.

Como já foi explicitado no item 2.1.1, para serem considerados instrucionais, os gráficos têm como critérios a serem atendidos a sua relevância ao objetivo instrucional e o apoio aos processos psicológicos envolvidos na aprendizagem, tais como atenção, ativação do conhecimento prévio e transferência. Considerando sua aplicação no projeto de gráficos instrucionais, esses critérios podem ser relacionados com a clareza e a simplicidade, parâmetros projetuais que definem a qualidade de gráficos instrucionais estáticos (VIARO, 2015).

Gráficos claros e simples são aqueles que apresentam alto grau de legibilidade e leiturabilidade, que tratam respectivamente sobre a facilidade de perceber e diferenciar as diferentes formas que constituem o gráfico e sobre a facilidade de compreender o seu conteúdo (FRASCARA, 2011; PETTERSSON, 2013b). Portanto um gráfico de qualidade – claro e simples – é um gráfico fácil de ler e entender.

Pettersson (2013) apresenta duas ferramentas que podem ser utilizadas para verificar respectivamente a legibilidade e a leiturabilidade de um gráfico. A legibilidade pode ser verificada através de questões sobre o tamanho, a visibilidade, o contraste e sobre técnicas para visualizar e enfatizar o conteúdo. A leiturabilidade pode ser verificada a partir de questões que tratam do realismo e contraste das cores, da legenda do gráfico, de sua objetividade, e do posicionamento do seu centro de interesse.

No caso dos GIT, podem-se aproveitar os mesmos parâmetros de qualidade utilizados nos gráficos estáticos – clareza e simplicidade –, porém, deve-se considerar que as habilidades envolvidas no processo de percepção de PCDV são distintas daquelas utilizadas pelos normovisuais (ver itens 2.2.3 e 2.2.3.1). Por exemplo, áreas de um gráfico normalmente diferenciadas através do uso de linha e cor passam a ser definidas por níveis de altura e texturas. A quantidade de conteúdo exibida em gráficos estáticos também é normalmente reduzida para poder transmitir o conteúdo de forma eficiente na forma de gráficos táteis (ver item 2.3.1). Portanto, essas questões devem ser consideradas na especificação dos critérios que serão utilizados para medir a clareza e simplicidade de GIT.

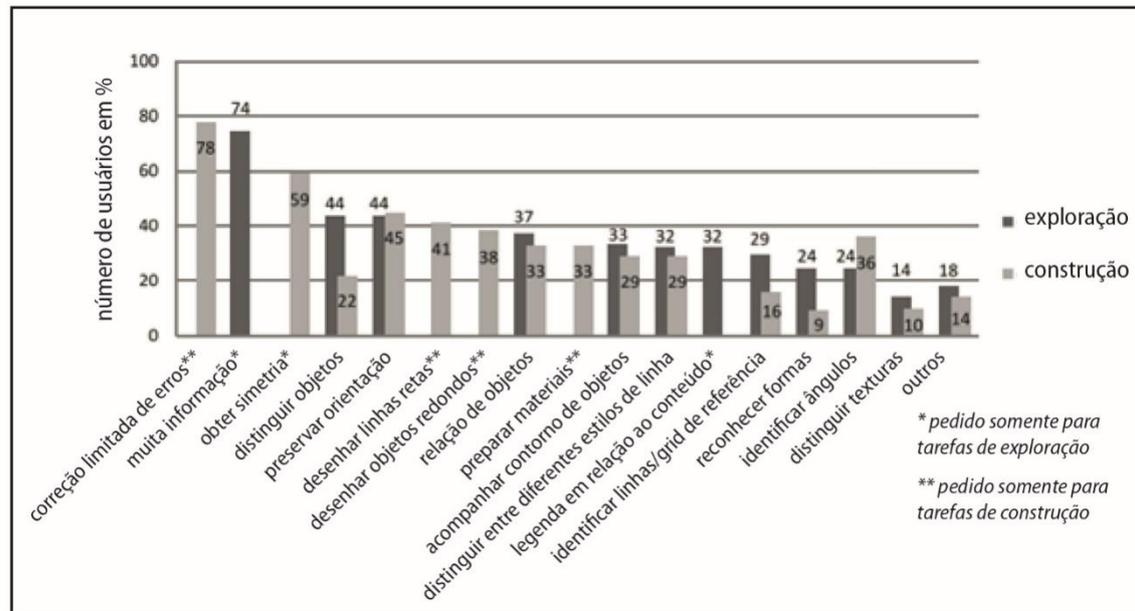
Considerando a qualidade dos GIT, ao longo desta pesquisa já foram citados alguns aspectos que contribuem para a sua clareza e simplicidade, tais como: a redução na quantidade de informações contidas através do processo de simplificação (LOOMIS; KLATZKY; GIUDICE, 2012; O'MODHRIN *et al.*, 2015); ajustes moderados realizados na forma e conteúdo visando manter e enfatizar o que é característico, bem como, modificações mais radicais no caso de gráficos complexos com perspectivas e outros elementos que adicionam complexidade (ERIKSSON, 2003; BANA, 2010); a simplificação no conteúdo dos textos em braille que acompanham os GT (ERIKSSON, 2003); a segmentação do conteúdo em até três gráficos táteis em casos em que não se pode reduzir o conteúdo (O'MODHRIN *et al.*, 2015; KARDOULIAS, 2003; BANA, 2010); compatibilidade entre o método de produção utilizado com as características do conteúdo do gráfico (O'MODHRIN *et al.*, 2015).

Considerando que a percepção dos GT se dá através da percepção háptica – da interação do usuário com os relevos, texturas e materiais que compõem o GT –, a escolha do método de produção e sua execução têm influência na qualidade do GT. Sendo assim, a qualidade técnica empregada na construção do gráfico tem relação direta com a legibilidade, sendo este também um aspecto importante a ser considerado na qualidade do gráfico tátil (BORNSCHEIN; PRESCHER; WEBER, 2015; O'MODHRIN *et al.*, 2015).

Prescher, Bornschein e Weber (2014) identificaram, a partir de pesquisas com 73 usuários com deficiência visual, as dificuldades encontradas por PCDV ao explorarem GT. As maiores dificuldades encontradas foram a grande quantidade de informações presente, a dificuldade de distinguir objetos, e as dificuldades na preservação da orientação do gráfico e na relação entre os objetos; também merecem destaque o acompanhamento dos contornos dos objetos, a distinção entre diferentes linhas, a relação da legenda com o

conteúdo, identificar grids ou linhas de referências, e reconhecer formas e identificar ângulos; os problemas relatados como menos importantes foram a identificação de ângulos, a diferenciação entre texturas e outros. A Figura 43 apresenta os problemas encontrados na exploração e construção de GT por PCDV, sendo que o segundo caso não tem relevância para esta pesquisa e por isso não foi comentado.

Figura 43 – Dificuldades encontradas na exploração de GT.



Fonte: adaptado de Prescher, Bornschein e Weber (2014).

O uso de um processo de projeto sistematizado é uma estratégia utilizada para atingir eficiência e eficácia durante o desenvolvimento de produtos. Através de sua estruturação, conhecimentos, métodos e ferramentas incorporados, o mesmo organiza e auxilia a equipe projetual a saber o que fazer, para quem fazer, quando fazer, com que fazer e como fazer (BACK *et al.*, 2008). Frascara (2004) adiciona que as metodologias devem ser vistas não como rotinas a serem seguidas mecanicamente, mas sim como propostas para auxiliar a resolver uma variedade de problemas. São direcionadas a diminuir o tempo investido no processo projetual e gerar soluções mais eficientes e eficazes.

Visando a produtividade e o alto desempenho do processo, é fundamental que o projeto seja desenvolvido dentro de um processo predeterminado, ou seja, de maneira sistematizada. Um processo sistematizado também proporciona outros benefícios: é possível controlar a qualidade de todo o sistema, se as mudanças ao longo do processo forem planejadas, monitoradas e controladas; este tipo de processo facilita a capacitação de membros da equipe de projeto (BACK *et al.*, 2008). De maneira similar, Howard, Culley e Dekoninck (2008) também concordam que o uso de modelos de processo mais lineares são eficazes para ensinar designers novatos e para gerenciar o processo de design, através da construção de procedimentos de verificação entre as fases do projeto – *gates*.

O gerenciamento de projetos é praticado através da aplicação de princípios, métodos e ferramentas que tomam parte nos processos ou funções de gerenciamento. Um processo que pode ser aplicado nesse sentido consiste nas fases de definição, planejamento e controle. A definição estabelece os trabalhos necessários, as responsabilidades, formas de comunicação entre os envolvidos e as regras do projeto. O planejamento visa estabelecer as metas do projeto em vistas das limitações identificadas, incluindo a quantidade de trabalho, a alocação de recursos, o tempo necessário, o cronograma e orçamento, bem como as ações diante dos riscos identificados. O controle serve para manter o projeto em andamento, visando atender às metas estabelecidas, considerando a medição do progresso, comunicações e intervenções corretivas (BACK *et al.* , 2008).

As seguintes estratégias podem ser incluídas no processo de projeto de GT para melhorar a qualidade dos gráficos produzidos: o uso de diretrizes de projeto; o uso de *templates*; e o uso de métodos de verificação. Entretanto, não se deve assumir que essas estratégias por si só garantem a qualidade do resultado final. As diretrizes projetuais existentes são frequentemente muito gerais e acabam sendo consideradas complexas para não especialistas⁴¹, o que dificulta sua aplicação prática. O método de verificação mais comumente utilizado nas instituições é a revisão realizada por uma PCDV. Entretanto, observou-se que somente uma parte destas revisões realizava uma avaliação completa, enquanto outras realizavam verificações aleatórias (BORNSCHEIN; PRESCHER; WEBER, 2015).

BANA (2010) corrobora o método da revisão tátil como sendo o principal método para verificar a qualidade de um gráfico tátil. O que se busca verificar neste teste é a clareza e simplicidade da leitura através do toque – se o gráfico está transmitindo o seu propósito e conteúdo de forma eficaz. A maneira de se executar este teste é através de duas provas de leitura, uma executada pelo projetista do gráfico e outra por um leitor braille certificado, conforme explicado por BANA (2010):

- **Primeira prova:** deve ser feita pelo projetista do gráfico tátil visando certificar que toda a informação do gráfico original foi representada de forma eficaz no gráfico tátil e nos elementos adicionais que o acompanham, como símbolos ou notas do transcritor.
- **Segunda prova:** realizada por uma pessoa certificada neste tipo de atividade, a leitura deve incluir o gráfico inteiro, abrangendo legendas, notas do transcritor, áreas, linhas e texturas, bem como, rótulos numéricos e alfabéticos. É importante que a prova seja realizada pelo toque e que a pessoa tenha conhecimento do conteúdo do gráfico para verificar o quão correto e completo está. Se possível todos os gráficos devem ser verificados pelo mesmo leitor visando obter consistência.

⁴¹ que segundo Prescher, Bornschein e Weber (2014) configura a grande maioria dos projetistas envolvidos na produção de GT em instituições.

Para apoiar o processo projetual Bornschein, Prescher e Weber (2015) propuseram a *workstation Tangram*, uma estação de trabalho que promove, através de um *software* e de um dispositivo háptico renovável⁴², a colaboração entre o projetista e um revisor com deficiência visual. Para os autores, o uso do *software* pode auxiliar o projetista normovisual a reduzir a ocorrência dos problemas no GT apontados por Prescher, Bornschein e Weber (2014); e a colaboração constante após os primeiros esboços com a PCDV, é um método que promove a qualidade e economiza tempo de projeto, possibilitando a resposta em tempo real aos problemas surgidos durante a criação do GT. Neste caso, o revisor trabalha conjuntamente com o projetista normovisual e é instrumentado para realizar edições em aspectos do gráfico, tais como posição, escala, rotação, textura e estilo de linha (BORNSCHEIN; PRESCHEER; WEBER, 2015).

As Diretrizes e Padrões para Gráficos Táteis foi um projeto desenvolvido conjuntamente entre a BANA e a Autoridade em Braille Canadense, organizações guarda-chuva que, juntas, englobam 17 organizações relacionadas ao tema, incluindo a AFB, citada previamente. O propósito dessas diretrizes e padrões é fornecer a transcritores, educadores e produtores informações sobre as melhores práticas, métodos atuais e princípios de design utilizados na produção de gráficos táteis compreensíveis. Segundo os autores, a melhor forma de se chegar ao resultado almejado se dá com a prática e experiência de projeto aliada ao *feedback* de especialistas e usuários. Esta afirmação realmente aponta para a utilização de um processo de design centrado no usuário como o melhor caminho a ser tomado no projeto de gráficos instrucionais táteis.

2.3.2 FRAMEWORK COMO ABORDAGEM DE PROJETO

Este tópico explora o *framework* como uma ferramenta fundamental para resolver o problema de pesquisa. Nesse contexto, o Design Thinking é apresentado como abordagem projetual a ser utilizada na formulação do *framework* em proposição.

O *framework* é um tipo de modelo específico que pode ser aplicado com o propósito de orientar e apoiar o processo de projeto a partir de recursos variados tais como conceitos, princípios, perguntas, desafios e estratégias, os quais podem ser organizados em etapas e dimensões distintas. *frameworks* baseiam-se em conhecimentos teóricos e conhecimentos práticos, sendo cada vez mais desenvolvidos a partir das experiências em prática projetual e resultados de pesquisas com usuários (PREECE; ROGERS; SHARP, 2013).

O Design Thinking é visto como uma abordagem projetual essencial para simplificar e humanizar (KOLO, 2015). Apesar de toda a evidência atual do Design Thinking no campo

⁴² O dispositivo háptico renovável funciona com uma matriz de pinos para a exibir os gráficos táteis em construção e com 28 botões para a entrada de informações. A matriz de pino funciona de maneira renovável, ou seja, de acordo com o gráfico que está sendo visto na tela de computador pelo projetista normovisual, será exibido na matriz de pinos para a PCDV (BORNSCHEIN; PRESCHEER; WEBER, 2015).

prática e teórico, esta disciplina não se refere a nenhuma abordagem totalmente nova. A mesma vem evoluindo desde os anos 1960 a partir de duas vertentes que foram desdobrando-se e agregando novos conhecimentos, métodos e abordagens projetuais – a ciência do design e o design cooperativo⁴³. Ao longo dos últimos 50 anos o Design Thinking apropriou-se de muitas das melhores técnicas e ferramentas de campos criativo, social e das ciências da computação. O Design Thinking pode ser considerado um conceito abrangente para descrever projetos multidisciplinares, centrados no humano que envolvem pesquisas e ideação rápida (SZCZEPANSKA, 2017).

O Design Thinking é uma abordagem projetual pertinente para solucionar os desafios complexos do mundo atual, dentre eles a educação. Através de uma abordagem contextualizada que explora o foco no ser humano, o aprender fazendo e a prototipagem e iteração rápidos, o Design Thinking possibilita o desenvolvimento de artefatos que equilibrem as necessidades de indivíduos e da sociedade como um todo (BROWN, 2009).

Esta abordagem tem sido aplicada no mundo dos negócios pela sua capacidade de alavancar inovações, focando em princípios como o foco na experiência do usuário, o uso de modelos para examinar problemas complexos, o uso de protótipos para explorar soluções potenciais, tolerância a falhas, uso de restrições que levam a soluções simples. Destes princípios, os seguintes têm relevância a esta pesquisa e são explicados em maior detalhe (KOLO, 2015):

- Foco na experiência do usuário: Para construir empatia com usuários, culturas de design capacitam os funcionários para observar comportamentos e concluir sobre o que as pessoas querem e precisam. Essas necessidades são expressas em uma linguagem emocional – palavras que englobem desejos, aspirações, engajamento e experiência. Além disso, o foco na experiência do usuário abrange todos os pontos de contato do usuário com o sistema-produto-serviço – desde o processo de compra, uso, assistência, etc.
- Uso de modelos para examinar problemas complexos: problemas complexos, tais como as interações e experiências de um usuário utilizando um serviço exigem ferramentas como diagramas, *frameworks* e esboços de forma a suplementar ou substituir planilhas ou especificações técnicas. Essas ferramentas adicionam uma

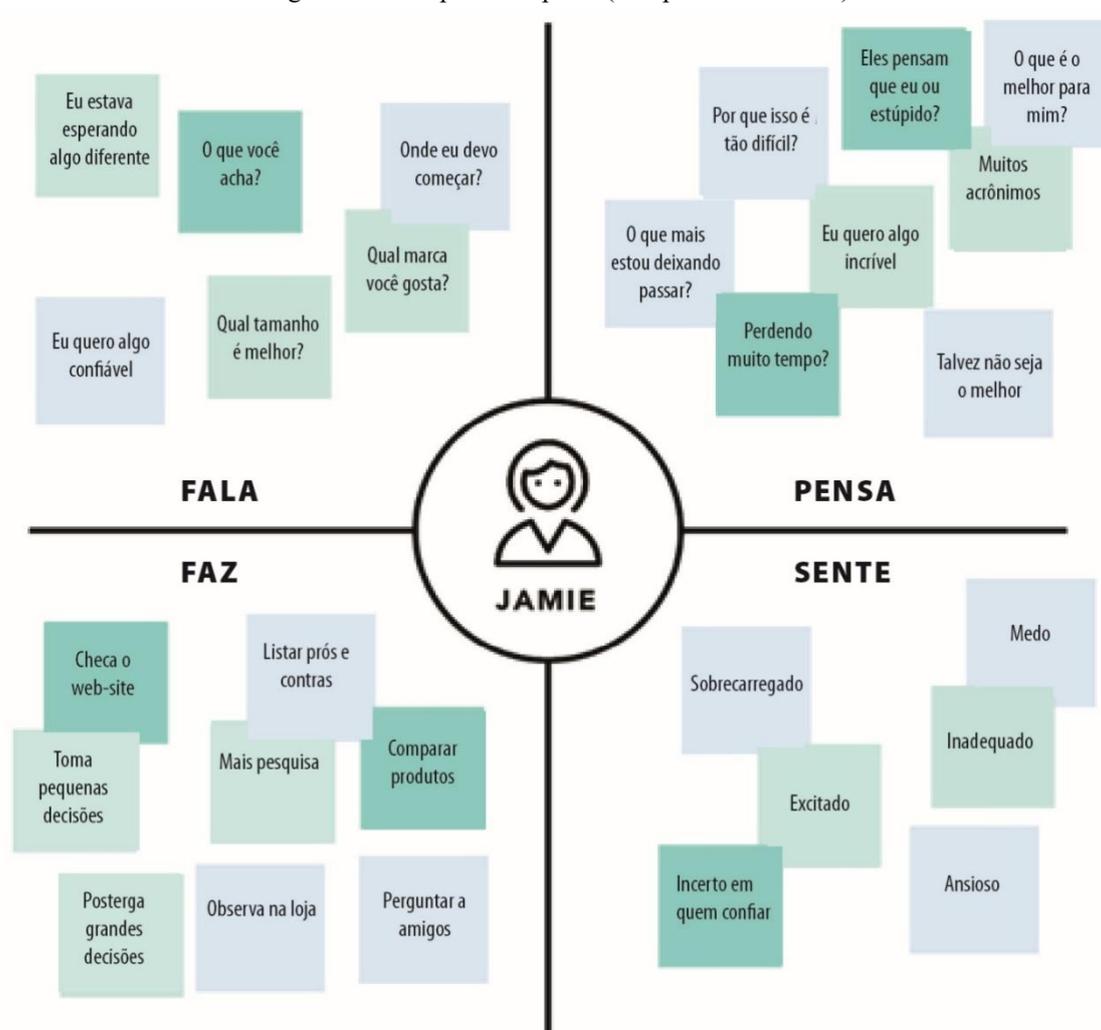
⁴³ A *ciência do design* (Design Science) foi desenvolvida nos Estados Unidos nos anos 1960, como uma maneira de se distanciar das engenharias e da ciência. As decisões projetuais foram baseadas em disciplinas como ergonomia e ciência do design e foram implementados processos projetuais particulares. Foram criados métodos sistemáticos para avaliar, projetar e solucionar problemas. Outra contribuição importante foi o uso de equipes multidisciplinares, extrapolando a disciplina do design, que pudessem contribuir para o objetivo do projeto. O *design cooperativo* tem uma abordagem oposta à ciência do design, já que em vez de equipes de especialistas a equipe de design é vista como facilitadores do processo e todos os envolvidos são convidados para tomar parte nas decisões projetuais – especialistas, trabalhadores e membros do público. Foram criados ambientes que favoreciam o *mindset aprender fazendo*, utilizando ferramentas como a criação de protótipos, jogos organizacionais, pesquisa de campo etnográfica através de processos projetuais iterativos que estimulavam a discussão e a participação (SZCZEPANSKA, 2017).

dimensão fluída na exploração da complexidade, estimulando o pensamento não linear em situações não lineares. Exemplos desses diagramas são o mapa de empatia, ferramenta que ajuda a experimentar o mundo através da visão do usuário, bem como, a jornada do usuário, que mapeia todos os momentos importantes, desde o primeiro contato com o produto.

- Uso de protótipos: o uso de protótipos e sua exibição em salas de projeto estão associados às culturas abertas que estão dispostas a experimentar e aprender. Protótipos podem ser digitais, físicos ou diagramáticos, mas em todos os casos eles servem para comunicar as ideias.

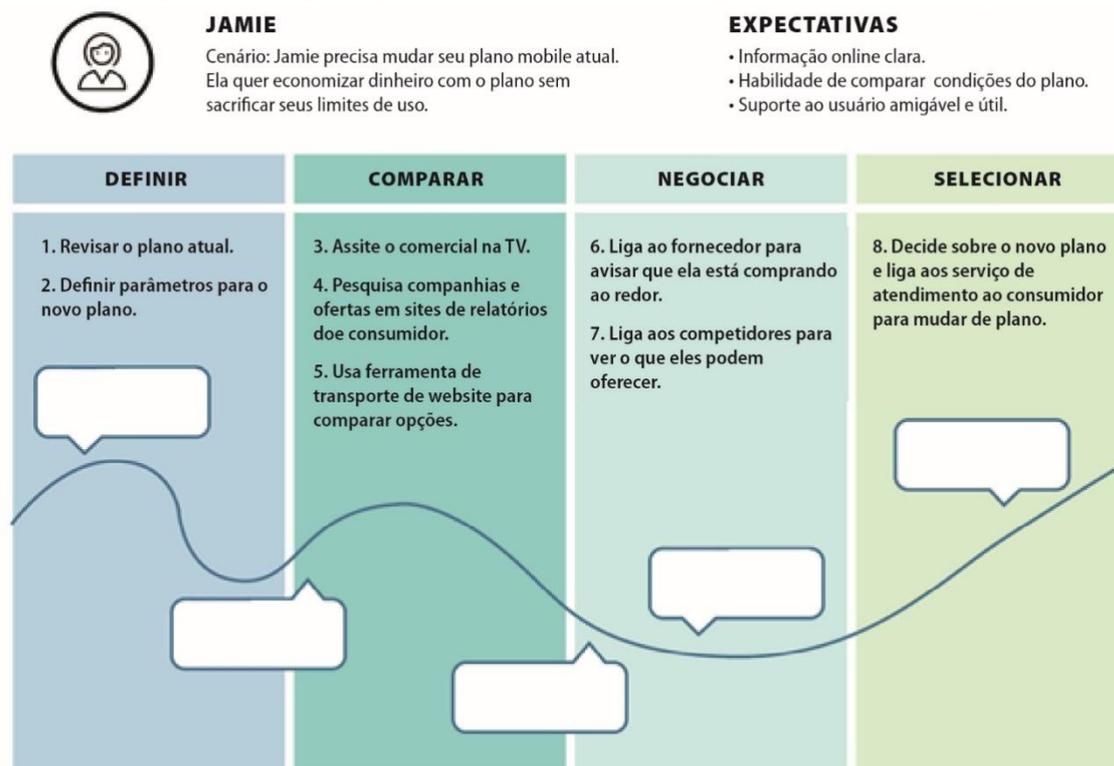
As figuras a seguir apresentam as ferramentas descritas acima – mapa de empatia e jornada do usuário – aplicadas em exemplos práticos, pelo Nielsen Norman Group. O Mapa de empatia (Figura 44) demonstra o exemplo de um usuário durante o processo de compra de uma televisão, enquanto o Mapa da jornada do usuário (Figura 45, p. 106) demonstra um usuário durante o processo de troca de planos de dados móveis.

Figura 44 – Mapa de empatia (comprando uma TV).



Fonte: adaptado de Gibbons (2014).

Figura 45 – Mapa da jornada do usuário (mudando planos de dados móveis).



Fonte: adaptado de Gibbons (2017).

Um dos fatores de grande sucesso no uso do design thinking é a sua aplicação em equipes de não designers. Nesse sentido, Tim Brown (2009), CEO da IDEO tem sido um dos principais apoiadores desta abordagem. A IDEO frequentemente desenvolve projetos nos quais trabalha em parceria com equipes locais para desenvolver soluções e ao mesmo tempo as capacitando para seguir pensando e desenvolvendo soluções como designers.

Um exemplo de sucesso é o projeto Asili, em que a empresa trabalhou junto com o Comitê Americano de Refugiados (CAR) e a comunidade local da República Democrática do Congo, para desenvolver serviços de água potável, saúde e agricultura para a comunidade local. Após a intervenção da IDEO, a equipe da Asili incorporou totalmente o design centrado no humano, utilizando protótipos, iterações eficazes e processos de design para decidir os próximos passos da organização (IDEO, 2018b). Segundo Brown (2009, p. 37) "O design é muito importante para ficar somente com os designers".

A possibilidade de aplicação do processo de design para não designers é especificamente relevante para esta pesquisa, já que no caso do contexto aqui delimitado, os gráficos são produzidos por não designers. Além disso, segundo Prescher, Bornschein e Weber (2014) a maior parte dos GT desenvolvidos em instituições é realizado por não especialistas na área, em sua maioria professores e bolsistas, o que corresponde ao caso do Incluir da UFRGS (INLCLUIR, 2017). Dessa forma, o Design Thinking apresenta-se como uma abordagem adequada na formulação do *framework* projetual.

Uma das razões pelas quais o design thinking pode ser aplicado nos mais variados setores da sociedade é por se utilizar de uma abordagem acessível, prática e eficaz que possibilita gerar ideias novas que geram impacto. As habilidades e ferramentas aprendidas por designers ao longo das décadas, aplicadas no desenvolvimento de produtos de forma a equilibrar necessidades humanas, requisitos tecnológicos e aspectos econômicos, são transmitidas para pessoas sem formação em design. Além de fornecer as ferramentas e instruções sobre como utilizá-las, um aspecto essencial para a transformação é o empoderamento dos envolvidos para avaliar oportunidades e propor soluções, tornando-se assim design *thinkers* (BROWN, 2009).

As cartas dos métodos da IDEO, lançadas em 2003, são um exemplo da acessibilização dos métodos e práticas do design thinking (Figura 46). Cada uma das 51 cartas contidas neste conjunto descreve um método específico, incluindo um breve exemplo e indicando como e quando utilizá-lo. Os métodos são separados entre as categorias aprender, olhar, perguntar e tentar, a fim de facilitar a referência, organização e compartilhamento dos métodos. Com esse kit de ferramentas é possível explorar novas abordagens ao projeto e ganhar novas perspectivas de um problema (IDEO, 2003).

Figura 46 – Cartas dos Métodos da IDEO.



Fonte: IDEO (2003).

Em propostas mais recentes, a IDEO disponibilizou abertamente seus processos projetuais centrados no humano, bem como, todas as explicações e ferramentas que apoiam esses processos. Seu processo consiste em três fases, iniciando com o conhecimento das pessoas para as quais se está projetando e terminando com soluções que atendam suas necessidades. O processo é descrito sumariamente a seguir (IDEO, 2015):

- Inspiração: aprende-se diretamente com as pessoas que se está projetando, através de uma imersão nas suas vidas que possibilita chegar a um entendimento profundo de suas necessidades;

- Ideação: sintetiza-se o que foi aprendido, identificando oportunidades de projeto e prototipando soluções possíveis;
- Implementação: soluções são trazidas à vida em situações reais de aplicação e eventualmente tornam-se produtos comercializáveis.

O Guia de Campo para o Design Centrado no Humano (DCH)⁴⁴ é uma dessas propostas, a qual adapta o processo DCH para aplicação em comunidades carentes. As fases projetuais são renomeadas para Ouvir, Criar e Implementar, de forma a facilitar a sua compreensão através de uma linguagem mais pessoal. Os autores defendem que o guia é uma coleção de métodos e ferramentas que pode ser aplicado de forma flexível, em conjunto com outros métodos já utilizados pela equipe de projeto. O processo é ilustrado através de textos, estudos de caso, dicas, diagramas e planilhas. A Figura 47 (p. 109) apresenta uma página deste guia, a qual explica a aplicação de um método através de um texto introdutório, dicas específicas e notas do facilitador – recurso que esclarece o tempo, nível de dificuldade e etapas a serem seguidas por uma pessoa responsável por gerir a aplicação (IDEO, 2015).

Outro recurso de grande alcance é o DesignKit – uma caixa de ferramentas *online*, que abrange métodos, processos, *mindsets* e recursos que podem ser adquiridos gratuitamente ou pagos de forma a capacitar o designer (ou não designer) no desenvolvimento do processo DCH (Figura 48, p. 110). Os métodos, técnicas e ferramentas são exibidos na forma de cartas, similar às cartas de métodos, codificadas por cores que representam as distintas fases do processo. Similar ao Guia de Campo para o DCH, todos os métodos são explicados sumariamente, com as etapas necessárias para alcançar o resultado, bem como, o tempo necessário, o número de participantes, o nível de dificuldade e os materiais necessários (IDEO, 2018a).

Pereira (2016) desenvolveu um *framework* para auxiliar equipes de projeto a encontrar novos temas e estabelecer relações destes com o objetivo do projeto, através do pensamento por analogias que ocorre durante o processo criativo. O *framework* propõe-se a ser um complemento aos processos e metodologias já utilizados pelas equipes de projeto, sendo aplicado especificamente na fase de geração de ideias. O mesmo é composto de 6 etapas: identificação da essência e valor do projeto; *framework* inicial do projeto; busca de novos temas; criação de analogias; elaboração de ideias; e verificação. Cada etapa é detalhada através de estratégias, ações e procedimentos, mecanismos acionados, recomendações, e métodos, técnicas e ferramentas.

Uma destas ferramentas, presente na maior parte das etapas de Pereira (2016) é o canvas – um tipo de painel visual utilizado para dispor, organizar e apoiar o processo de análise das informações. O canvas é uma ferramenta que vem sendo utilizada para descrever e

⁴⁴ Human Centered Design (HCD)

visualizar modelos de negócio, funcionando como um instrumento visual com gramática própria – os elementos ali inseridos referem-se aos principais elementos que compõem o modelo de negócios. Além de apresentar as principais informações do projeto, o canvas permite visualizar as relações interdependentes entre os elementos. O uso do canvas em projetos auxilia a e explorar ideias e a melhorar a comunicação da equipe servindo como um ponto de referência coletivo, compartilhando uma linguagem comum e permitindo um entendimento global compartilhando (OSTERWALDER, PIGNEUR, 2013).

Figura 47 – Página do Guia de Campo para o Design Centrado no Humano.

Notas do facilitador

 **Tempo:**
30-60 mins.

 **Dificuldade:**
★★★★☆

Passo 1: Determine a faixa em que irá recrutar. Crie diversas opções (ex. de alto rendimento a baixo rendimento, dos primeiros entusiastas aos avessos a riscos, dos grandes proprietários de terra aos sem-terra). Individual ou coletivamente afunile para uma ou duas faixas relevantes de maneira a garantir que os "extremos" sejam cobertos pela pesquisa.

Passo 2: Identifique o local mais relevante para fazer o recrutamento. Peça aos interessados para listar as áreas adequadas à pesquisa. Escolha de 2 a 5 locais que variem entre si. (Ex. um local chuvoso e outro seco, ou um local central e outro mais afastado).

Passo 3: Selecione os contatos apropriados dentro da própria comunidade para ajudar a agendar os encontros com a comunidade e as entrevistas individuais. Inclua ambos os sexos entre esses contatos.

3

IDENTIFIQUE PESSOAS COM QUEM CONVERSAR

Recrutar participantes apropriados e inspiradores é crítico. Atenção ao balanço entre sexos, etnias, e classes sociais é vital para a pesquisa.

Em pesquisas desenvolvidas para inspirar novas oportunidades, é importante encontrar pessoas que representem os "extremos". Participantes nos extremos ajudam a desvendar os comportamentos, desejos e necessidades do restante da população por serem mais fáceis de observar e identificar, já que sentem e expressam os efeitos mais intensamente que outros. Ao incluir ambos os extremos e também algumas pessoas entre os extremos, toda a escala de comportamentos, crenças e perspectivas serão ouvidas, mesmo quando a quantidade de participantes for pequena. Incluir a escala completa é importante nas últimas fases, especialmente para construir a estrutura da estratégia e servir de inspiração para brainstorms.



SEXO

Algumas comunidades podem não permitir que membros do sexo masculino entrevistem mulheres. Se esse for o caso, certifique-se de que membros femininos da ONG participem do recrutamento e das entrevistas com mulheres. (raro no Brasil)



ATENÇÃO

Sessões em grupo são uma boa catapulta para identificar participantes para as entrevistas individuais. Entretanto, algumas comunidades preferem apresentar somente os membros mais bem sucedidos ou do sexo masculino para as ONGs. (raro no Brasil)

Fonte: IDEO (2015).

Figura 48 – DesignKit – métodos.



Fonte: IDEO (2018).

Corroborando a premissa da visualização e compartilhamento de informações conforme apontado por Osterwalder e Pigneur (2013), a IDEO defende o uso dos espaços de projeto, organizados especialmente para cada projeto iniciado com o intuito de manter todas as informações relevantes – como materiais de pesquisa, fotos, *storyboards*, conceitos e protótipos – disponíveis o tempo todo. A visibilidade simultânea dos materiais auxilia a identificar padrões e incentiva a síntese criativa de maneira ágil. Uma opção que pode ajudar na produtividade da equipe de projeto é complementar o espaço e objetos físicos com recursos digitais como um *website* ou um *wiki* do projeto, aumentando a colaboração entre a equipe e a comunicação com os membros externos (BROWN, 2009).

Sanches (2018) propôs um Modelo de Tradução de Gráficos 2D para Gráficos Táteis, focando na impressão 3D como método de produção. A autora baseou-se no *framework* de Engelhardt (2002) para organizar seu modelo, o qual engloba 3 níveis para o projeto dos GT, explicados a seguir.

1. **Representação gráfica:** características sobre como o gráfico é apresentado e o tipo de representação. São incluídas informações sobre impressão 3D e elementos gráficos a serem traduzidos;
2. **Objetos gráficos:** funções e características de componentes do gráfico. Esta fase contém recomendações sobre a simplificação de objetos e sobre o uso de elementos gráficos elementares (ponto, linha, texturas, etc.);
3. **Estrutura espacial:** relações objeto-objeto e relações objeto-espaço. Inclui recomendações sobre localização dos elementos, medidas e pós-processamento do gráfico tátil. Além disso, contém uma lista de verificação que auxilia a revisar aspectos essenciais do gráfico.

Esses níveis referem-se a diferentes elementos na etapa de criação de GT, sendo efetuados consecutivamente pelos projetistas. O *framework* é estruturado como um formulário que

apresenta questões de múltipla escolha, sendo algumas delas abertas e acompanhadas de exemplos, as quais guiam os projetistas na construção do GT. A Figura 49 apresenta o primeiro nível do Modelo de Tradução de Sanches (2018), servindo como uma amostra do modelo.

Figura 49 – Primeiro nível do Modelo de Tradução de Gráficos 2D para Gráficos Táteis 3D.

Nível 1 - Representação Gráfica

Fonte:		Série escolar:	
Tipo de representação gráfica: <i>Selecione uma opção.</i>			
Primário	<input type="radio"/> Mapa	<input type="radio"/> Gráfico de tempo	<input type="radio"/> Tabela
	<input type="radio"/> Figura	<input type="radio"/> Diagrama de ligações	<input type="radio"/> Símbolo
	<input type="radio"/> Gráfico estatístico	<input type="radio"/> Diagrama de agrupamento	<input type="radio"/> Texto
Híbrido	<input type="radio"/> Mapa estatístico	<input type="radio"/> Gráfico estatístico de tempo	
	<input type="radio"/> Mapa de rotas	<input type="radio"/> Diagrama estatístico de ligações	
	<input type="radio"/> Mapa estatístico de rotas	<input type="radio"/> Diagrama de ligações cronológico	
Quantos assuntos são abordados na imagem estática 2D? <i>Selecione uma opção.</i>			<i>Exemplo: mapa apresenta população e altitude em uma mesma imagem (2 assuntos)</i>
<input type="radio"/> 1	Recomenda-se a produção de 1 imagem tátil.		
<input type="radio"/> 2	Recomenda-se a divisão em 2 ou mais imagens táteis.		
<input type="radio"/> 3 ou mais	Recomenda-se a divisão em 2 ou mais imagens táteis.		
Se necessário, uma imagem com muitas informações, mesmo que do mesmo assunto, pode ser dividida em 2 ou mais imagens táteis.			
Dentre os recursos necessários, quais são os disponíveis? <i>Selecione quantas opções forem necessárias.</i>			
<input type="radio"/> Verba	<input type="radio"/> Local para uso das imagens táteis	<input type="radio"/> Computador	
<input type="radio"/> Impressora 3D	<input type="radio"/> Local para armazenamento do modelo digital	<input type="radio"/> Outros. Quais? _____	
<input type="radio"/> Modeladores digitais	<input type="radio"/> Local para armazenamento do modelo físico	_____	
A impressora 3D que será utilizada possui limitações? <i>Selecione quantas opções forem necessárias.</i>			
<input type="radio"/> Tamanho máximo de impressão: _____	<input type="radio"/> Outras. Quais? _____		
<input type="radio"/> Material disponível para uso: _____	_____		
<input type="radio"/> Necessidade de pós-processamento			
Quais os elementos da imagem estática a serem traduzidos? <i>Selecione quantas opções forem necessárias.</i>			
Considere o objetivo educacional da imagem. Caso necessite, busque ajuda de um especialista.			
<input type="radio"/> Pontos	<input type="radio"/> Símbolos	<input type="radio"/> Título	
<input type="radio"/> Linhas	<input type="radio"/> Flechas	<input type="radio"/> Escala	
<input type="radio"/> Áreas	<input type="radio"/> Rótulos (nomes)	<input type="radio"/> Norte geográfico	
<input type="radio"/> Frases	<input type="radio"/> Outros. Quais? _____		
Qual será o estilo da imagem tátil?			
<input type="radio"/> Fixo, a partir de uma base	<input type="radio"/> Quebra-cabeça	<input type="radio"/> Globo	
<input type="radio"/> Outro. Qual? _____			

Fonte: adaptado de Sanches (2018).

Além das questões, o modelo apresenta um apêndice contendo ferramentas, exemplos e explicações que suplementam o processo guiado: exemplos de texturas e linhas; a apresentação do código braille com um *link* para *download* da fonte em braille; um glossário com termos fundamentais; e exemplos de gráficos táteis.

2.3.3 FABRICAÇÃO DIGITAL COMO MEIO DE PRODUÇÃO

Os gráficos táteis podem ser construídos a partir de uma grande variedade de métodos de produção. Edman (1992) aponta 16 possibilidades⁴⁵, abrangendo métodos manuais com o auxílio de ferramentas, métodos auxiliados por máquinas e métodos via computador – cada um diferindo nos procedimentos utilizados, critérios observados na criação do gráfico e nos resultados obtidos com a aplicação do método.

Levi (1996) divide os métodos de produção de GT mais comumente utilizados em dois grupos:

- Métodos que criam o relevo deformando o papel ou a base plástica, os quais incluem: a) métodos derivados da impressão em braille, em que utilizam-se moldes de metal ou impressoras computacionais para fazer pontos e linhas em uma base de papel; b) termoformagem, em que a figura é impressa em uma superfície de polímero, a qual é derretida em um molde; c) estampagem, em que uma folha de papel é pressionada entre um molde macho e um molde fêmea feito de fibra sintética (uma espécie de borracha); c) termofusão (ou papel microcapsulado), em que o relevo é produzido através do inchaço de microcápsulas termosensíveis de um tipo de papel especial – as células que são cobertas por tinta preta, utilizadas para desenhar a figura, absorvem o calor ao serem expostas aos raios infravermelhos e incham para formar o relevo.
- Métodos que criam o relevo através do depósito de tintas especiais no papel. Esses tipos de métodos empregam impressoras especiais de jato-de-tinta ou impressão em serigrafia.

A classificação de Levi (1996), porém, deixa de fora métodos mais atuais que utilizam a fabricação digital como meio de produção. Os métodos acima citados geralmente envolvem a criação de uma página mestra, que serve como molde para a produção das cópias. A criação desta página pode ser feita utilizando diferentes métodos de produção,

⁴⁵ Oito tipos de gráficos são feitos sem o auxílio de máquinas: desenhos de linhas elevadas; gráficos de experiência tátil; gráficos não-figurativos; *displays* de papel sobre papel; *displays* usando materiais adicionais; mapas e gráficos de papel e fita; *displays* de papel em relevo; e *displays* com partes móveis. Seis gráficos são construídos com o auxílio de máquinas e tem saída como polímero em relevo: termoformagem; cartões-resposta e folhas pressionáveis; mestres de fio e metal; processo de papel microcapsulado; processo de eletroformagem; e *nyloprint*. Além destes existe o método de serigrafia que pode ser utilizado para produzir diferentes tipos de gráfico. Finalmente, os gráficos criados computador e produzidos por máquinas (EDMAN, 1992).

como através de métodos manuais auxiliados por ferramentas, colagem e ornamentos feitos em figura braille. Nesses casos, os *softwares* gráficos são utilizados somente como meio de planejar o tamanho e posicionamento dos elementos na criação da página mestra (EDMAN, 1992).

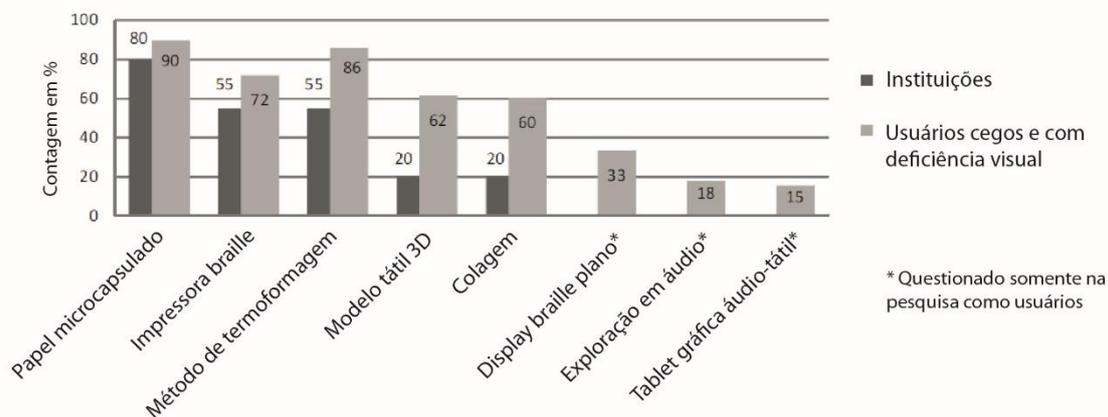
No caso da fabricação digital, ocorre justamente o oposto. A integração dos sistemas CAD e CAM, traz o computador para um papel central no processo de criação e produção, fazendo com que os gráficos originais sejam criados e enviados diretamente para a produção, eliminando a necessidade de uma página mestra. A fabricação digital se refere ao processo de produção controlado por computador, o qual possibilita projetar e produzir artefatos sob demanda, onde e quando forem necessários (GERSHENFELD, 2012). Isso pode ser considerado uma vantagem em relação aos métodos manuais, pois segundo Edman (1992), os sistemas CAD facilitam a produção de GT através de agilidade e facilidades na criação, edição, recuperação e produção.

A fabricação digital pode se realizar por meio de dois sistemas de produção: através da manufatura aditiva, ou prototipagem rápida; e a manufatura restritiva, ou usinagem via CNC. O primeiro se refere a artefatos produzidos através da adição de camadas de materiais para construir o objeto projetado. A manufatura restritiva se dá através da remoção progressiva de material até se obter o objeto desejado. Em ambos os casos, primeiramente se produz um modelo virtual desenvolvido em *softwares* CAD, os quais permitem a criação, visualização e manipulação de formas tridimensionais complexas. Posteriormente, os objetos projetados são produzidos pelas máquinas passando antes pelos *softwares* CAM, que cuidam de detalhes técnicos de produção e realizam uma tradução desses modelos digitais para uma linguagem que as máquinas possam compreender (ESPINOZA; SCHAEFFER, 2004).

Apesar da grande variedade de métodos existentes para a produção de GT, os mais utilizados em instituições são os seguintes: 80% das instituições utilizam papel microcapsulado; 55% utilizam impressora braille e termoformagem; e 20% utilizam modelos táteis 3D e colagem. Os métodos mais familiares às PCDV são: 90% de familiaridade com o papel microcapsulado; 86% com materiais produzidos via termoformagem; 72% via impressora braille; 62% com modelos 3D; e 60% com colagem (PRESCHER; BORNSCHEIN; WEBER, 2014) (Figura 50, p. 114).

Ao observar a Figura 50, percebe-se uma compatibilidade em relação aos métodos mais utilizados nas instituições e a familiaridade destes entre as PCDV – papel microcapsulado, impressão em braille e termoformagem. Entretanto, existe uma discrepância entre o baixo índice no uso de modelos 3D e colagens com relação ao alto índice de familiaridade dos mesmos entre as PCDV.

Figura 50 – Principais métodos de produção utilizados e sua familiaridade entre PCDV.



Fonte: adaptado de Prescher, Bornschein e Weber (2014).

A taxonomia de Reichinger et. al (2012) engloba as tecnologias de fabricação digital, estabelecendo uma interrelação entre os diferentes níveis de dimensionalidade dos GT e as possibilidades de automatizar⁴⁶ o processo de tradução. Não é interesse desta pesquisa trabalhar com a automação no processo de projeto de GIT, porém o Quadro 13 apresenta os principais desafios de cada quadrante, os quais representam operações fundamentais sobre critérios projetuais que devem ser realizadas pelo projetista durante o processo de adaptação.

Quadro 13 – Taxonomia de automação de gráficos táteis.

de \ para	Saída 2D	Saída 2.1D/2.5D	Saída 3D
Entrada 2D	Abstração, encontrar linhas semanticamente importantes.	Necessita interpretação de profundidade e superfície.	Necessita interpretação de profundidade, superfície e partes invisíveis.
Entrada 2.5D	Como acima, mas o mapa de profundidade pode ajudar a encontrar os limites.	Comprimir a profundidade.	Necessita interpretação de partes invisíveis.
Entrada 3D	Como acima. Possibilidade de vistas múltiplas.	Como acima. Possibilidade de vistas múltiplas.	Diretamente utilizável na escala apropriada.
	Automação possível em grande medida.		
	Necessária a interação do projetista para abstração/geração de profundidade.		
	Frequentemente difícil. Requer a interação do projetista para a criação do conteúdo (imaginação de partes invisíveis). Exceção: entrada com vistas múltiplas.		

Fonte: adaptado de Reichinger et. al (2012).

⁴⁶ A automação no processo de adaptação de GT é possível através do uso de *softwares* gráficos especializados ou de algoritmos que geram profundidade através de entradas do usuário ou indícios de profundidade diretamente extraídos do gráfico original. A automação completa neste processo de adaptação é ainda sujeita a erros e limitada (REICHINGER *et al.*, 2012).

Observa-se no Quadro 13, que de uma forma geral, adaptações de níveis mais complexos para menos complexos tem maiores possibilidades de automação e podem ser adaptadas com menos dificuldade. Operações que aparecem nos quadrantes verdes são consideradas mais fáceis, nos amarelos são intermediárias e, nos vermelhos, mais difíceis. O foco desta pesquisa está no quadrante que prevê a entrada de gráficos 2D e a saída 2.1D/2.5D, destacado em amarelo. Neste caso, o projetista deve ser capaz de interpretar informações de profundidade e superfície em gráficos bidimensionais (REICHINGER *et al.*, 2012):

- Para gerar informações de profundidade o projetista interpreta o gráfico a partir das técnicas de composição utilizadas, tais como oclusão, sombreamento e foco, gerando assim o diagrama de profundidade.
- A superfície do gráfico original é transformada em um relevo texturizado a partir da extração de informações de texturas simuladas no gráfico original.

Também se verifica nessa taxonomia que as operações destacadas por Reichinger *et al.* (2012) estão relacionadas principalmente aos aspectos técnicos do processo de adaptação, tais como a segmentação de planos, altura dos níveis, posicionamento dos elementos da composição e texturas. Aspectos relacionados à simplificação do conteúdo, um dos principais requisitos na adaptação de GT (ERIKSSON, 2003; LOOMIS; KLATZKY; GIUDICE, 2012; O'MODHRAIN *et al.*, 2015), não são abordados na taxonomia de automação. Esse é um dos motivos pelo qual a automação completa é ainda, segundo Reichinger *et al.* (2012), muito restrita.

Levi (1996) alerta sobre a importância de se ter consciência dos aspectos técnicos relacionados à produção dos GT na hora de projetar, bem como, sobre utilizar os métodos de produção apropriados para se obter os resultados adequados. Segundo o autor, a escolha do método de produção deve observar as necessidades particulares envolvidas em cada projeto. Os critérios que devem ser avaliados têm relação com: a altura de relevo possibilitada pela técnica, já que existe uma altura mínima para ser percebida pelo tato; a agudeza do relevo produzido, a qual depende de quão bruscamente o relevo eleva-se da base; resistência ao toque, o quão duro ou macio o relevo deve ser; aderência à base, o que indica a facilidade em que o material se descola da base de papel ou outro material utilizado como suporte; durabilidade; prazer ao toque; número de cópias que a técnica pode produzir, considerando que algumas técnicas não são adequadas para grandes ou pequenas tiragens; se a técnica é capaz de produzir desenhos em ambos os lados do papel; se a técnica é capaz de imprimir em cores ou somente preto e branco no topo do relevo; se requer um maquinário complexo ou um operador habilidoso; custos de produção; tempo necessário para imprimir um cópia (LEVI, 1996).

2.3.3.1 Métodos para a produção de gráficos táteis

Este tópico apresenta os métodos utilizados na produção de gráficos táteis, abrangendo os métodos mais utilizados para este propósito (PRESCHER; BORNSCHEIN; WEBER, 2014), bem como, a delimitação determinada nesta pesquisa. No primeiro caso, fazem parte os métodos de termoformagem, papel microcapsulado e figura braille. Os métodos delimitados nesta pesquisa são aqueles relacionados à fabricação digital, mais especificamente impressão 3D e corte a laser, apresentados a seguir. Apesar dos métodos mais utilizados não serem os métodos primários a serem utilizados nesta pesquisa, o seu uso comum em insituições, incluindo as IFES, os torna relevantes para serem estudados e considerados como métodos complementares aos métodos de fabricação digital que são o foco desta pesquisa.

a) Papel microcapsulado

O papel microcapsulado é uma ótima opção devido ao seu baixo custo⁴⁷, baixo tempo de produção e a da possibilidade de se produzir diversas cópias a partir de um gráfico original (Figura 51). Cegos e pessoas com baixa visão se beneficiam com esta técnica devido ao relevo resultante do processo e ao alto contraste proporcionado pelos desenhos em preto e branco. Os gráficos podem ser criados desenhando-se diretamente no papel com tinta preta ou utilizando impressoras (EDMAN, 1992).

Figura 51 – Página mestra para uso no papel microcapsulado.



Fonte: Edman (1992, p. 82).

O papel microcapsulado é formado por uma folha de papel coberto com uma emulsão, composta de milhões de microcápsulas de polímero que, ao entrarem em contato com o calor incham e criam superfícies e linhas em relevo. As partes impressas em tinta preta absorvem mais calor do que as partes não impressas e incham de forma a criar os relevos. Deve-se ter em mente que escalas de cinza não funcionam tão bem na criação de relevos nítidos e que a tinta utilizada, tanto da impressora quanto à mão, deve ser feita à base de

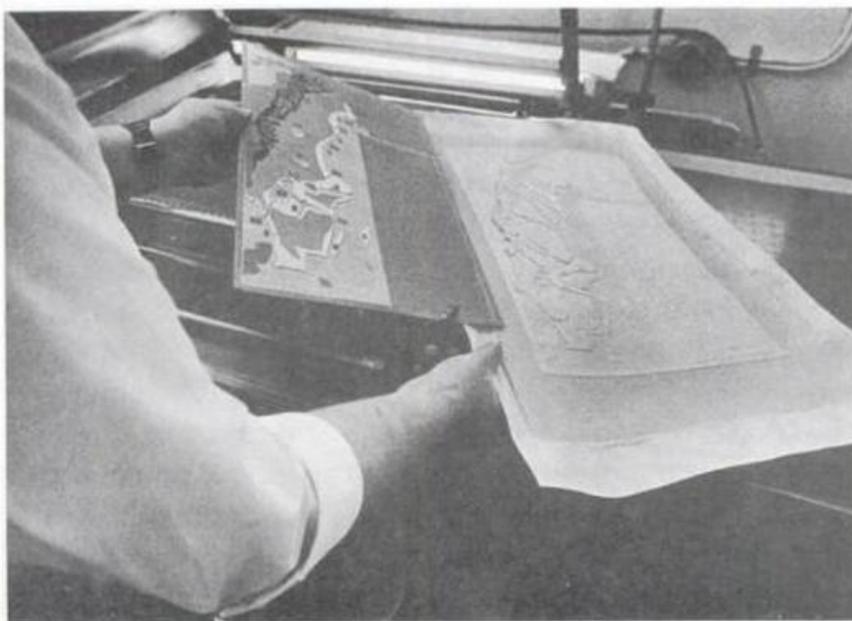
⁴⁷ Por ser um papel importado, o custo do papel microcapsulado pode ser mais elevado no Brasil. <https://www.tecassistiva.com.br/produto/papel-a4-fusora/>.

carbono para gerar o relevo. Uma vantagem do uso desta técnica está na possibilidade de se adicionar novas informações posteriormente à criação do gráfico e aquecer novamente o papel para se criar os novos relevos. Além disso, podem-se unir diversas páginas de papel microcapsulado para serem criados gráficos de grande formato (EDMAN, 1992; BANA, 2010; ERIKSSON, 2013).

b) Termoformagem

A termoformagem⁴⁸ é provavelmente o método mais amplamente utilizado na produção de cópias em polímero a partir de uma página mestra. A página mestra pode ser confeccionada a partir de técnicas mistas como colagem, impressão em braille e outras técnicas manuais com o auxílio de ferramentas. O material utilizado como fundo da página mestra deve ser estável o suficiente para permitir com que os elementos sejam colados sem perder a sua forma. A Figura 52 apresenta uma página mestra e o gráfico tátil produzido pelo processo de termoformagem (EDMAN, 1992; BANA, 2010).

Figura 52 – Página mestra (E) e gráfico tátil (D) saindo da máquina de *vacuum-forming*.



Fonte: Edman (1992, p. 82).

Este método produz gráficos táteis com alta durabilidade e resistência. Existe uma variedade de polímeros que pode ser empregada na produção e sua escolha depende do propósito do gráfico. Polímeros mais grossos, por exemplo, podem ser aplicados para capas de livros, mapas de orientação, planilhas de figuras geométricas, entre outros, fornecendo gráficos com maior durabilidade, possibilidade do uso de cores, porém com menor clareza nos detalhes (EDMAN, 1992).

⁴⁸ Termoformagem é um termo empregado amplamente para se referir aos processos de produção de cópias plásticas a partir de uma página mestra. O tipo de máquina mais utilizado nesse processo é o de *vacuum-forming* (EDMAN, 1992).

c) Figura braille

O processo de produção da figura braille pode ser realizado através de impressoras braille comuns, que geralmente têm suporte ao modo gráfico, ou impressoras braille especializadas para a produção de gráficos táteis. As primeiras possuem baixa resolução para a produção dos gráficos, até no máximo 18 ppi (pontos por polegada), enquanto que as segundas possuem entre 18 e 50 ppi. Impressoras braille para a produção de gráficos táteis são capazes de produzir pontos menores, mais próximos, e em uma *grid* menor do que as impressoras braille padrão, as quais não possuem variações em relação às células braille padronizadas (HASTY, 2018).

Gráficos braille são produzidos no computador, podendo ser criados diretamente nos *softwares* gráficos ou importados de outras fontes. Os gráficos importados provavelmente necessitam passar por um processo de simplificação antes de serem produzidos. Embora os gráficos táteis possam ser produzidos rapidamente, eles carecem de legibilidade, pois têm variação limitada de altura (nenhuma ou pouca), dificuldade em discernir os símbolos e pouca variação de texturas possíveis. Devido à essa dificuldade em atingir a legibilidade nos gráficos é necessário utilizar-se de princípios de design, sendo uma opção também, adicionar outros elementos como colagens e diferentes texturas. Evoluções observadas nos *hardwares* têm trazido cada vez mais *softwares* que alavancam a qualidade dos gráficos táteis gerados através deste processo (BANA, 2010).

d) CNC a laser

Embora o termo prototipagem rápida seja empregado para processos aditivos de fabricação digital, os métodos via CNC também são meios rápidos para a produção de objetos via manufatura restritiva. Nesse processo, inicia-se com uma peça sólida de material, que é cortada ou esculpida até que a forma final seja obtida. Existem processos CNC que utilizam fresa ou laser para remover o material - o primeiro faz isso através de uma fresa que esculpe o bloco de material, enquanto que o segundo utiliza um laser para cortar ou queimar o material. A seguir algumas vantagens deste tipo de processo (HALLGRIMSSON, 2012):

- A gama de materiais que podem ser utilizados é alta, incluindo polímeros, metais, espumas, placa de modelagem e madeira;
- O custo do material pode ser muito menor do que o custos envolvidos na prototipagem rápida;
- A qualidade da superfície pode ser extremamente alta;
- Precisão pode ser extremamente alta;

Como limitação a ser observada, existe a necessidade de um treinamento específico para a operação das máquinas. Esta tecnologia tem sido bastante utilizada tanto na manufatura como na prototipagem. Embora as cortadoras a laser utilizadas em escala industrial sejam

grandes e complexas, cortadoras menores baseadas em CO₂ são cada vez mais frequentes em instituições de ensino (HALLGRIMSSON, 2012).

O processo de CNC de corte a laser tem um papel fundamental nos livros de aplicação, um formato utilizado para estimular o interesse⁴⁹ em gráficos táteis entre crianças. Os livros de aplicação combinam os processos de serigrafia, corte a laser e colagem. Chapas grandes são impressas em serigrafia com tinta colorida e transparente para obter linhas e superfícies em relevo. As figuras são projetadas e cortadas em uma máquina CNC a laser. Podendo-se cortar diversas camadas ao mesmo tempo, é possível produzir diversas edições do material ao mesmo tempo. O projetista então monta o gráfico tátil colando as diferentes partes em uma lâmina base e encaderna o livro com um fio (ERIKSSON, 2013).

e) Impressão 3D

A impressão 3D é um processo de produção que objetiva a materialização de objetos tridimensionais a partir de modelos computacionais. Esses modelos podem ser construídos inteiramente em *softwares* gráficos ou importados de fontes externas como bancos de dados virtuais ou escaneamento 3D. Originalmente criada para a produção de protótipos, este método de produção tem sido aplicado em uma variedade de áreas como medicina, educação, design, engenharia, arquitetura, etc. (CARVALHO; VOLPATO, 2006).

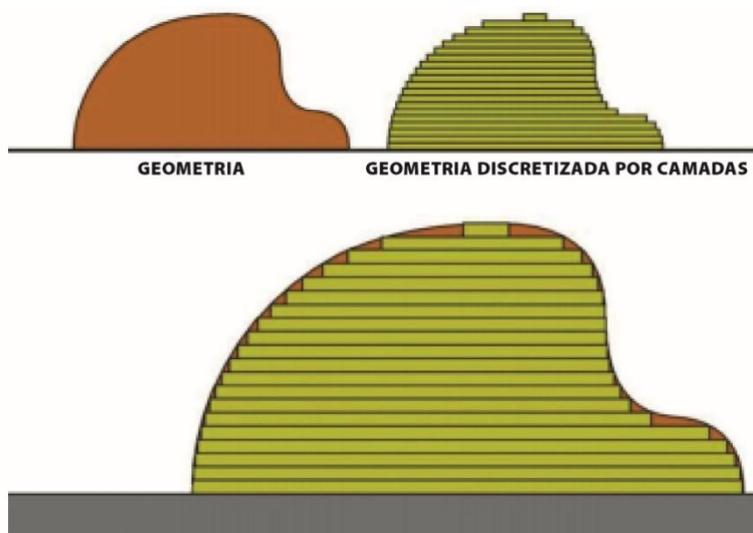
Atualmente, este processo produtivo tem sido bastante aplicado na impressão de gráficos táteis devido à possibilidade de impressão em todos os tipos de níveis de dimensionalidade mencionados anteriormente na taxonomia de Reichinger et. al (2012) – do nível 2.1D ao 3D, produzindo pequenos relevos até peças inteiramente tridimensionais (GUAL; PUYUELO; LLOVERAS, 2014). Além disso, observam-se pesquisas que investigam o uso da impressão 3D como meio para tornar a produção de GT mais ágil e acessível, dependendo menos de mão-de-obra especializada, e visando contribuir para a qualidade dos gráficos produzidos (GUAL; PUYUELO; LLOVERAS, 2015; HE *et al.* , 2017; MCDONALD *et al.* , 2014; SANCHES; DE MACEDO; BUENO, 2018; SHI *et al.* , 2016).

Considerando o fato de que os primeiros usos do processo de impressão 3D foram realizados visando produzir rapidamente protótipos iniciais, sem grandes exigências em termos de resistência e precisão, este processo também passou a ser conhecido como prototipagem rápida. Ele se dá através da manufatura por camadas, na qual camadas planas sucessivas de material vão sendo adicionadas, a partir de informações obtidas diretamente nos modelos CAD, até formarem os componentes desejados (Figura 53, p. 120). Os processos de impressão 3D podem ser agrupados de acordo com o estado inicial da matéria-prima utilizada na fabricação: i) baseados em líquido, utilizando uma resina líquida e luz ultravioleta; ii) baseados em sólido, utilizando filamentos ou lâminas e fusão

⁴⁹ A Biblioteca Sueca de Livros Falados e Braille optou por dar prioridade aos livros de aplicação como meio de estimular o interesse de gráficos táteis entre crianças (ERIKSSON, 2013).

para a deposição do material; e iii) baseados em pó, utilizando-se de laser ou aglutinante (CARVALHO; VOLPATO, 2006).

Figura 53 – Processo de manufatura por camadas.



Fonte: adaptado de Ortí, Mira e Pitarch (2015).

Devem-se observar algumas limitações no processo de impressão 3D, principalmente relacionadas ao tamanho máximo de impressão e à necessidade de tratamentos de pós-produção. Nesse sentido, é importante informar-se previamente sobre as restrições de cada impressora 3D para caso necessário, dividir o objeto final em componentes individuais (SANCHES; MACEDO; BUENO, 2018). Araujo e Santos (2015) e Sanches, Macedo e Bueno (2018) alertam sobre as más condições recorrentes observadas nas texturas de objetos impressos. Nesses casos o pós-processamento, através da aplicação do lixamento e aplicação de vernizes, torna o material mais agradável ao toque e elimina possíveis obstruções na exploração do objeto 3D.

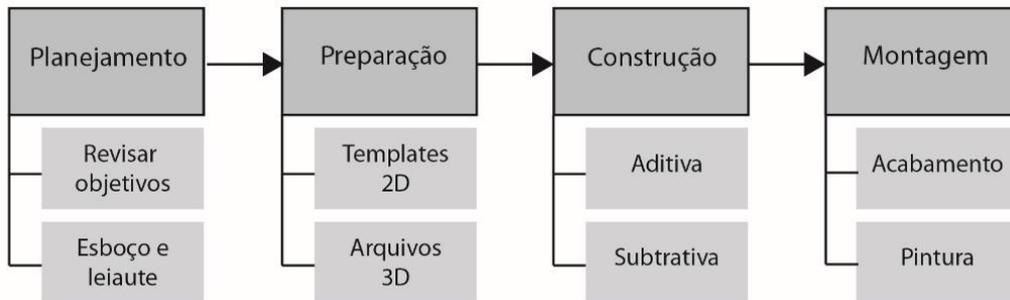
2.3.3.2 *Softwares* para a produção via fabricação digital

O uso de *softwares* gráficos é uma parte imprescindível do processo de fabricação digital. No mercado atual existem diversas opções disponíveis. No entanto, no caso do projeto de GT, recomenda-se o uso de *softwares* gráficos universais e confiáveis, tais como CorelDRAW e Adobe Illustrator, os quais que promovem a qualidade e o compartilhamento dos arquivos entre os centros de produção. Além destes, existem os *softwares* utilizados na produção de figuras braille, tais como o Tiger ViewPlus e o Monet. No caso de uma produção mais limitada, o Microsoft Office também pode ser uma opção (BANA, 2010).

Hallgrimson (2012) apresenta um fluxo de trabalho básico utilizado na fabricação de protótipos que pode ser aplicado na fabricação digital: planejamento, preparação, construção das partes, montagem (Figura 54, p. 121). Dependendo do tipo de processo –

aditivo ou subtrativo – ocorrem algumas variações que influenciam no fluxo de trabalho. A seguir, o processo é detalhado segundo Hallgrimson (2012).

Figura 54 – Processo de fabricação de protótipos.

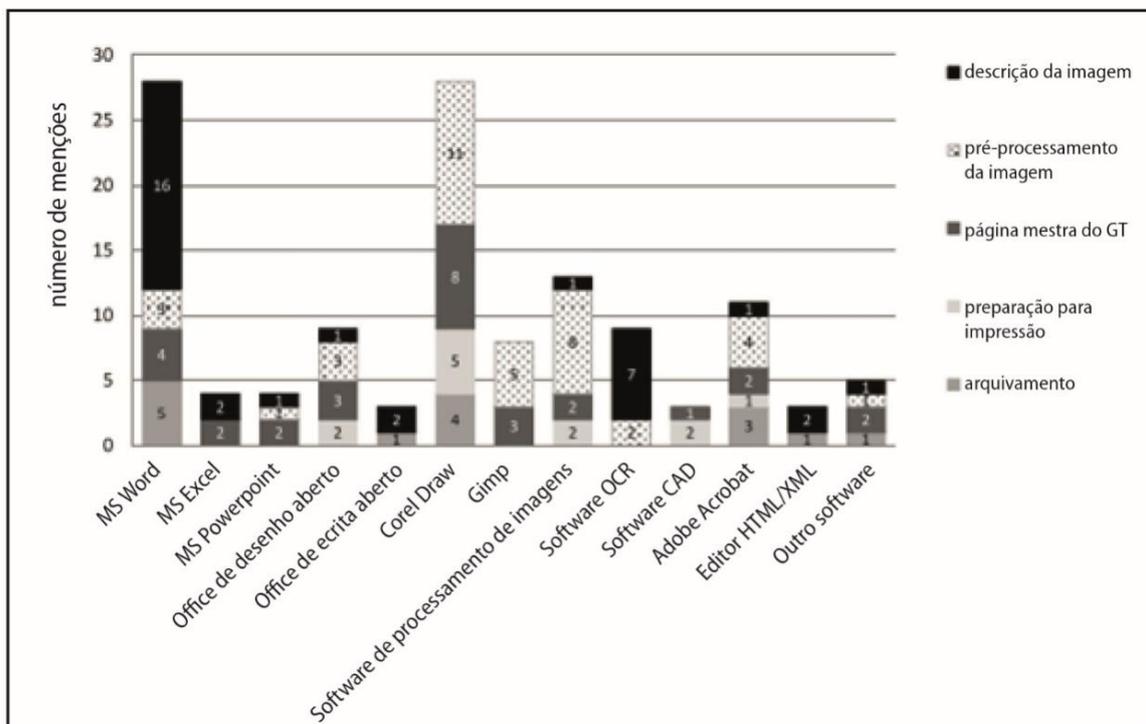


Fonte: adaptado de Hallgrimson (2012).

- **Planejamento:** parte de um esboço ou de um simples desenho feito no computador. Deve-se inicialmente definir os objetivos com a construção do protótipo. Isso auxilia nas decisões sobre materiais e processos de fabricação utilizados. Além disso, são tomadas decisões sobre quais peças serão produzidas e como. Modelos exploratórios terão um processo mais simples e despreocupado, possibilitando criar em cima enquanto o mesmo é construído. Modelos mais detalhados e de maior fidelidade exigem desenhos mais detalhados e precisos, garantindo proporções e encaixes corretos. Deve-se utilizar escala, para ambos desenhos em 2D e 3D. Os *softwares* mais típicos para desenhos em 2D são o Adobe Illustrator e o CorelDRAW. Programas CAD como o AutoCAD, Rhinoceros ou SolidWorks possibilitam leiautes 2D e 3D.
- **Preparação:** envolve a criação dos desenhos 2D ou 3D que serão usados na fabricação. No caso da fabricação digital, os arquivos são criados utilizando os *softwares* gráficos citados anteriormente e posteriormente exportados para formatos compatíveis como STL e DXF.
- **Construção das partes:** é a fabricação das peças via processos aditivos ou subtrativos. Considerando que muitas vezes os modelos são construídos em partes separadas que depois serão unidas em um modelo final sólido, uma das habilidades fundamentais na fabricação de modelos é criar partes essenciais que serão unidas posteriormente na forma requerida.
- **Montagem:** envolve a finalização e montagem do objeto final. Anteriormente à união das peças, deve-se pensar nos requisitos de acabamento como pintura e texturas. No caso de pinturas, é melhor pintar as peças separadamente para evitar trabalhos extras e piores resultados. Modelos de baixa fidelidade podem ser mais despreocupados em relação a acabamentos. A fixação das partes também depende dos objetivos do protótipo – modelos mais robustos exigem fixações compatíveis e modelos de aparência podem ser simplesmente colados.

Em pesquisas realizadas em diversas instituições em países de fala alemã, Prescher, Bornschein e Weber (2014) constataram que cada instituição utiliza em média 4 *softwares* diferentes durante a produção de gráficos táteis. Os *softwares* mais utilizados nesse estudo são o MS Word para realizar a descrição do gráfico e o CorelDRAW para o pré-processamento do gráfico e a produção da página mestra (Figura 55).

Figura 55 – *Softwares* utilizados na produção de gráficos táteis.

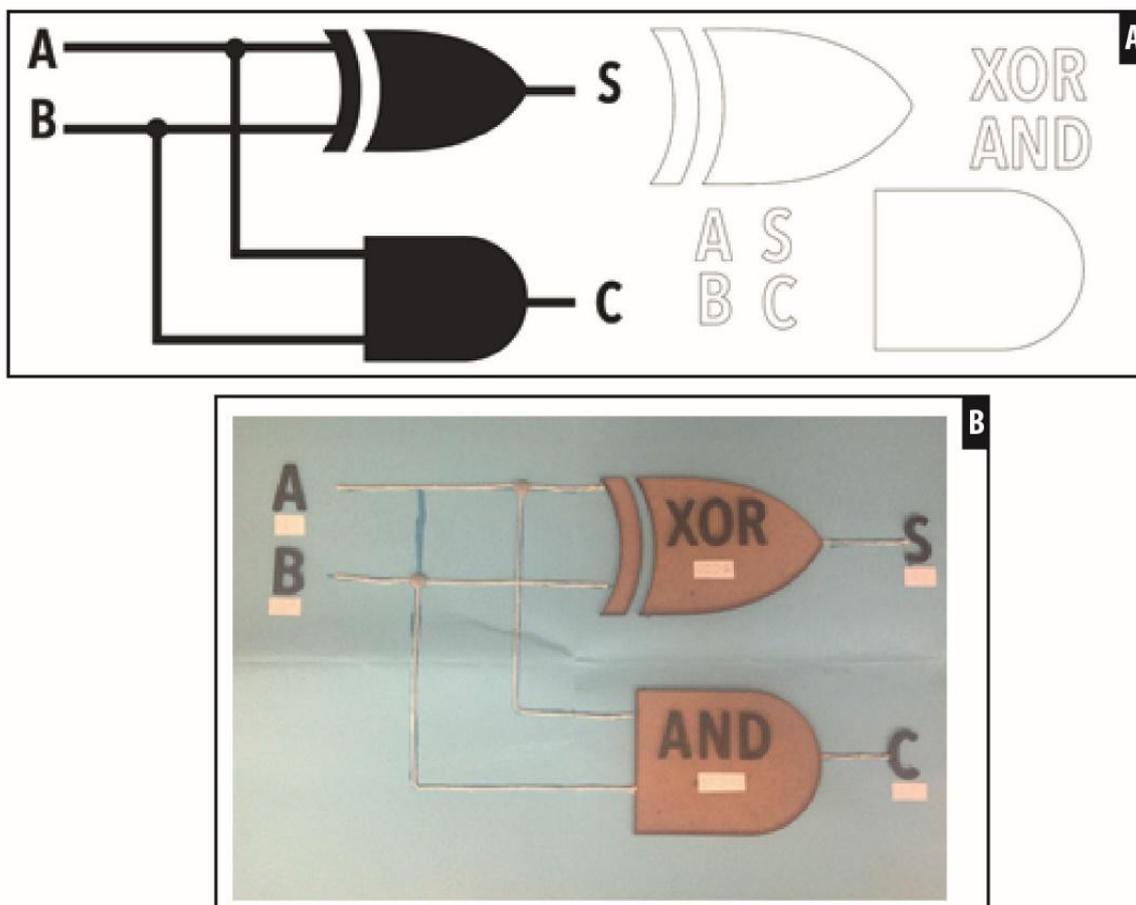


Fonte: adaptado de Prescher, Bornschein e Weber (2014).

Softwares gráficos vetoriais, como o Adobe Illustrator e CorelDRAW, produzem gráficos bidimensionais capazes de criar gráficos táteis para serem produzidos via métodos de papel microcapsulado e CNC de corte à laser. Gráficos vetoriais referem-se às formas criadas mediante pontos no espaço de desenho, os quais são matematicamente interpretados e exibidos na forma de objetos gráficos. Devido a esses processos, esses gráficos possuem arestas bem delimitadas e podem ser redimensionados sem perda de qualidade em relação à clareza e aos detalhes do desenho (MACARIO, 2009).

Os gráficos nesses *softwares* são criados por meio de ferramentas de criação e edição de formas envolvendo elementos como forma, tipografia e cor. Posteriormente os gráficos podem ser finalizados para impressão e corte, de acordo com o planejamento prévio previsto no processo de fabricação digital, conforme visto em Hallgrimson (2012) (MACARIO, 2009). A Figura 56 (p. 123) apresenta o processo de planejamento e preparação de um gráfico tátil foi criado no Adobe Illustrator, levando em conta como seria montado. Observa-se a que finalização do arquivo, realizada através de formas em contorno posicionadas próximas na página, visa a sua compatibilidade com a leitura da máquina de corte a laser e o aproveitamento do material.

Figura 56 – Planejamento, preparação e gráfico instrucional tátil finalizado.



Fonte: o autor.

Softwares de modelagem 3D, como o Rhinoceros e o AutoCAD, possibilitam a construção de modelos tridimensionais que podem ser utilizados na produção de gráficos táteis via impressão 3D. De forma geral, esses *softwares* 3D são equipados com uma série de ferramentas que permitem obter resultados variados, desde a produção de modelos 3D, cenários completos renderizados e filmes de animações. O processo básico na modelagem 3D envolve a construção do modelo 3D, a renderização e a exibição da imagem finalizada (MCCONNELL, 2006).

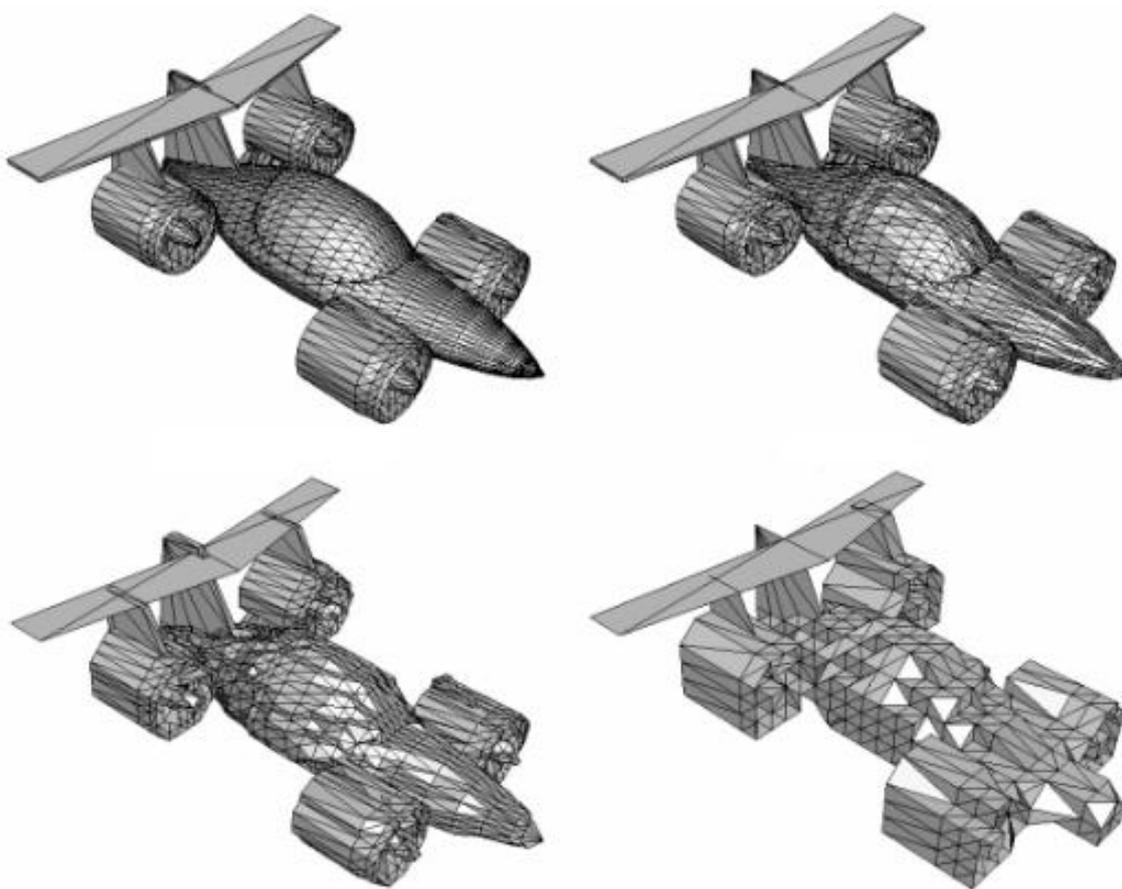
No caso da modelagem para a produção de gráficos táteis, a etapa de construção do modelo 3D é a mais importante, já que é a partir deste que será gerado o arquivo interpretado pela impressora 3D; a construção de cenário, aplicação de materiais e renderização da imagem são aplicados em situações onde a exibição do modelo virtual é um pré-requisito.

Na etapa de modelagem cria-se uma representação tridimensional dos objetos em uma cena, incluindo especificações de forma e materiais que influenciarão na aparência do objeto exibido. As especificações da forma de objetos tridimensionais depende de sua complexidade; formas simples como uma esfera necessitam de valores de raio e posição

somente, enquanto que formas mais complexas como um bule de chá necessitam de diversos outros parâmetros para ser descrito (MCCONNELL, 2006).

Relacionado ao processo de produção por camadas na impressão 3D, mencionado anteriormente a partir de Carvalho e Volpato (2006), está o processo de discretização pelo qual os modelos em formato STL são submetidos. A discretização diz respeito ao nível de simplificação aplicado a um modelo 3D, visando obter controle sobre o grau de fidelidade de um modelo em relação ao original e ao seu tempo de produção – baixa discretização implica em menor detalhamento e tempo de produção e alta discretização implica em maior fidelidade ao modelo original e maior tempo de produção (ORTÍ; MIRA; PITARCH, 2015). A Figura 57 apresenta um modelo 3D em um contínuo de discretização.

Figura 57 – Modelo com diferentes níveis de discretização.



Fonte: Ortí, Mira e Pitarch (2015, p. 11).

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, considerando a confiabilidade e o rigor científico (BARRETO; HONORATO, 1998). O que se busca nesta pesquisa é contribuir para o desenvolvimento de GIT nas IFES por meio do estabelecimento de um *framework* que sustente o processo de produção desses gráficos. Para atingir este objetivo, são utilizados quatro procedimentos metodológicos, sintetizados a seguir. Após a apresentação desta síntese, ocorre uma explicação mais detalhada sobre o desenvolvimento desses procedimentos.

1. **Conhecimento do contexto de projeto:** conhecer e analisar os processos projetuais de GIT, a partir de um levantamento nas IFES do RS, buscando identificar os elementos, procedimentos e recursos utilizados, para poder estabelecer critérios de referência para a elaboração do *framework*.
2. **Sistematização do *framework*:** propor o *framework* preliminar para auxiliar no projeto de GIT, embasando-se em critérios definidos no conhecimento do contexto de projeto, bem como, nas abordagens projetuais estudadas e nos métodos, técnicas e ferramentas levantados com base na literatura.
3. **Desenvolvimento de GIT e observação:** desenvolver dois GIT utilizando o processo de desenvolvimento vigente no Incluir/UFRGS, bem como, o *framework* preliminar sistematizado. O desenvolvimento de ambos os processos gera dados coletados através de uma observação sistemática indireta.
4. **Verificação e revisão:** verificar a aplicabilidade do *framework* proposto através da análise e interpretação dos dados obtidos durante o processo de projeto de GIT. Realizar ajustes no *framework* de acordo com as necessidades e problemas identificados.

A Figura 58 (p. 126) apresenta uma síntese da metodologia da pesquisa, relacionando os procedimentos metodológicos, os resultados obtidos e os recursos utilizados como sujeitos, locais e técnicas de pesquisa. Além disso, a Figura 58 estabelece a relação entre os objetivos específicos e os procedimentos metodológicos.

Figura 58 – Objetivos específicos e Metodologia da pesquisa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROCEDIMENTOS	RESULTADOS	SUJEITOS, LOCAIS, TÉCNICAS
1. Conceituar GIT e determinar parâmetros de qualidade	1. Conhecimento do contexto de projeto	Critérios para a elaboração do FW	<i>Quem?</i> IFES do RS; Equipe de projeto <i>Onde?</i> IFES do RS <i>Como?</i> Fotografias e grupo focal
2. Compreender a interação entre usuário e GIT, considerando aspectos de legibilidade e leiturabilidade	2. Sistematização do Framework	Framework preliminar	<i>Quem?</i> Métodos, técnicas e ferramentas <i>Onde?</i> Scopus; Web of Science; Eric <i>Como?</i> Revisão Bibliográfica
3. Levantar abordagens de projeto, frameworks e elementos de projeto	3. Desenvolvimento de GIT e observação	GIT e dados coletados da observação	<i>Quem?</i> Incluir/UFRGS <i>Onde?</i> Incluir/UFRGS <i>Como?</i> Aplicação e observação sistemática
4. Propor o framework preliminar	4. Verificação e revisão	Framework revisado	<i>Quem?</i> Alunos com deficiência visual <i>Onde?</i> UFRGS <i>Como?</i> Manipulação e questionário
5. Avaliar o framework proposto por meio da aplicação no desenvolvimento de GIT			

Fonte: o autor.

A fase de **Conhecimento do contexto de projeto** tem relação com os objetivos específicos 1, 2 e 3, os quais envolvem a conceituação dos GIT, o conhecimento dos usuários (ADV) e sua relação com os GIT, bem como, elementos e processos de projeto. O principal resultado desta fase são os critérios que servirão para a elaboração do *framework*, a qual subdivide-se em cinco etapas:

- I. Mapear os recursos físicos, incluindo espaços físicos, máquinas e tecnologias, utilizados pelas equipes de projeto de GIT nos núcleos de acessibilidade nas IFES do RS, a fim de estabelecer um cenário de projeto. Os recursos físicos são coletados através de visitas nas IFES delimitadas, sendo registrados através de documentação fotográfica e anotações realizadas no local. Como referência para esta etapa utilizam-se dos itens: 2.3.2 que trata dos espaços físicos utilizados em abordagens de projeto que lidam com *frameworks*; bem como, do tópico 2.3.3, o qual aborda os meios e tecnologias utilizados na produção de gráficos táteis. A população de IFES e seus respectivos núcleos de acessibilidade estudados inclui a UFRGS (Incluir) e o IFRS (Centro Tecnológico de Acessibilidade - CTA). Os núcleos foram contactados inicialmente através de e-mail e ligações telefônicas, conforme o modelo apresentado no Apêndice D.
- II. Mapear aspectos inseridos no processo de projeto, tais como, processos projetuais, métodos e ferramentas, bem como, papéis e os fluxos de trabalho utilizados pelas equipes de projeto analisadas a fim de compreender os elementos e dinâmicas projetuais. Esta etapa é realizada através de um grupo focal com 5 participantes de cada equipe de projeto de GIT, integrantes dos núcleos de acessibilidade das IFES do RS. O mapeamento dos processos

projetuais utilizam como base de referência principalmente processos de desenvolvimento de GT, como aqueles descritos por Prescher, Bornschein e Weber (2014) e BANA (2010). O mapeamento de métodos e ferramentas utiliza como base o item 2.3.1.1 que apresenta ferramentas de apoio ao projeto de GT. Questões específicas de gestão da qualidade e dinâmicas da equipe de projeto usam principalmente como base o item 2.3.1.2 que trata dos aspectos da qualidade no processo de GIT. Os grupos focais foram desenvolvidos utilizando como base o instrumento de pesquisa Guia de Orientação para Grupo Focal com Equipe de Projeto de GIT, localizado no Apêndice A desta pesquisa. Os participantes selecionados para esta entrevista têm como critério de inclusão o fato de já terem participado do desenvolvimento de GIT.

- III. Compreender aspectos do uso dos GIT por seus usuários intermediários – professores – que influenciam no processo de projeto, tais como a demanda de produção de GIT, a colaboração dos professores no processo de projeto e as atividades de aprendizagem nos quais são utilizados. Os dados em relação a esses aspectos são obtidos através de entrevistas com 3 professores de ADV, que já utilizaram GIT, preferencialmente associados às IFES em estudo nesta pesquisa. Estes aspectos são analisados sob a ótica dos tópicos 2.2.2 que trata da acessibilidade nas IFES; do 2.1.1 que trata do uso de materiais instrucionais em atividades de aprendizagem; e do tópico 2.2.2 que caracteriza a deficiência visual e suas principais questões. As entrevistas são desenvolvidas utilizando como base o instrumento de pesquisa Guia de Entrevista para Professores de ADV, localizado Apêndice B desta pesquisa. Os professores entrevistados foram selecionados com base no critério de terem lecionado a ADV. Os entrevistados foram contactados via e-mail utilizando o modelo incluído no Apêndice E.
- IV. Estabelecer critérios para a elaboração do *framework*. A partir da organização, análise e interpretação dos dados coletados nas etapas anteriores são determinados os critérios que apoiarão a elaboração do *framework*, bem como, a busca por métodos, técnicas e ferramentas de projeto. Para a elaboração dos critérios, levam-se em consideração principalmente aspectos do cenário de projeto, os quais incluem recursos físicos, processos e os papéis presentes na equipe de projeto, bem como, aspectos relacionados à utilidade e facilidade de uso dos métodos, técnicas e ferramentas de projeto. Os seguintes itens da fundamentação teórica apoiam o processo de análise e interpretação dos resultados anteriores que leva ao estabelecimento dos critérios referidos: 2.3.1 que discorre sobre o projeto de GIT; e o item 2.3.2 que discorre sobre a abordagem de *framework* no projeto de GIT.

A fase de **Sistematização do *framework* preliminar** tem relação com o terceiro e quarto objetivos específicos desta pesquisa, os quais visam levantar e identificar os recursos que compõem o *framework*, bem como, propor o *framework* que irá possibilitar o

desenvolvimento de GITs. Como resultado deste procedimento metodológico é gerado o *framework* preliminar, desenvolvido em três etapas, conforme descritas a seguir:

- I. Levantar métodos, técnicas, ferramentas, heurísticas e estratégias projetuais provenientes das áreas de Gráficos Táteis, Design Inclusivo, Design Thinking, Design de Informação a partir de pesquisa na bibliografia e em sites. A pesquisa é realizada nas bases de dados Scopus, Web of Science e Eric, bem como, em livros relacionados às áreas mencionadas e sites de organizações ligadas ao fomento da produção de GT e empresas de Design Thinking. Em relação à área específica de gráficos táteis, realizada-se uma revisão bibliográfica nas bases de dados citadas aplicando a seguinte *string* de busca: (design OR process OR method OR production OR fabrication) AND (tactile AND (diagram OR representation OR graphic OR picture)) AND (blind OR (visually AND (impaired OR disabled))).
- II. Definir a estrutura do *framework* preliminar. A estrutura diz respeito às fases necessárias para o desenvolvimento do processo projetual, de forma a apoiar e organizar a equipe na criação dos GIT. Esta etapa foi desenvolvida tomando como base os itens 2.3.1 e 2.3.2 da fundamentação teórica, bem como, os resultados obtidos a partir do conhecimento do contexto de projeto, no primeiro procedimento metodológico.
- III. Relacionar os métodos, ferramentas e técnicas organizadas anteriormente com a estrutura definida, de forma a sistematizar o *framework* preliminar. A relação e seleção dos métodos, técnicas e ferramentas, ocorreu com base em sua relevância às necessidades identificadas no contexto de projeto e sua adequação à estrutura definida para o *framework* preliminar.
- IV. Definir o formato do *framework* preliminar. O formato está relacionado à representação e entrega que esta estrutura irá tomar para atender as necessidades da equipe de projeto. Como exemplos podem-se citar um canvas impresso que possa ser preenchido com *post-its* e um diagrama ilustrando as fases distintas do processo ou outro formato. Esta etapa se desenvolve tomando como base os itens 2.3.1 e 2.3.2 da fundamentação teórica, bem como, os resultados obtidos a partir do conhecimento do contexto de projeto, no primeiro procedimento metodológico.

A fase de **Desenvolvimento de GIT e observação** está relacionada ao quinto objetivo específico, o qual visa avaliar o *framework* em proposição através de sua aplicação no desenvolvimento de GIT e da análise dos resultados alcançados. Esta fase cobre a primeira parte desse objetivo e tem como resultados principais os GIT gerados e os dados coletados através de uma observação sistemática indireta, desdobrando-se nas seguintes etapas:

- I. Desenvolver dois GIT, bem como, observar o processo de desenvolvimento realizado pelo Incluir/UFRGS. A criação deste GIT é realizada por meio do processo de desenvolvimento atual empregado pelo Núcleo. Nesta etapa, o autor da pesquisa realizou uma observação sistemática indireta do processo de desenvolvimento, a fim de coletar dados relevantes sobre o processo,

considerando o desenvolvimento das diferentes etapas do projeto de GIT, bem como, os principais desafios no desenvolvimento dos gráficos táteis, identificados por diversos autores (BANA, 2010; HASTY, 2018; BORNSCHEIN; PRESCHER; WEBER, 2015; EDMAN, 1992; ERIKSSON, 2003; KARDOULIAS, 2003; O'MODHRAIN *et al.*, 2015; PRESCHER; BORNSCHEIN; WEBER, 2014; CARFAGNI *et al.*, 2012).

- II. Aplicar o *framework* preliminar através da simulação do desenvolvimento de GIT em uma situação de projeto. A simulação ocorre por meio da ferramenta mapa de serviço, utilizando como base o desenvolvimento realizado na etapa anterior.

A fase de **Verificação e revisão** cobre a segunda parte do quinto objetivo específico, a qual visa avaliar o *framework* através de sua aplicação e análise. Duas etapas ocorrem para obter os resultados desta fase – a avaliação dos GIT e *framework* revisado:

- I. Organizar, analisar e interpretar os resultados obtidos durante o desenvolvimento dos GIT pelo Incluir/UFRGS, bem como, através do desenvolvimento simulado utilizando o *framework* preliminar.
- II. Avaliar e revisar o *framework* de acordo com os resultados da etapa anterior, realizando ajustes nos aspectos necessários.

4 Desenvolvimento da Pesquisa

4.1 Contexto de projeto

O conhecimento do contexto de projeto ocorreu através de 4 etapas, apresentadas neste tópico - o mapeamento dos recursos físicos; o dos aspectos inseridos no processo projetual; a compreensão de aspectos do uso dos GIT por professores; e o estabelecimento de critérios para a criação do *framework*. As primeiras duas etapas ocorreram através de grupos focais realizados nas instituições pesquisadas. A compressão do uso de GIT por professores ocorreu através de entrevistas realizadas *online* com professores de ADV. Por fim, o estabelecimento de critérios para o *framework* ocorreu a partir da análise e síntese dos resultados obtidos nesta etapa.

Os três Núcleos de Acessibilidade selecionados previamente na delimitação da pesquisa foram convidados a participar dos grupos focais via e-mail. Destes, os Núcleos Incluir/UFRGS e o CTA/IFRS aceitaram o convite, enquanto que o Núcleo de Acessibilidade da UFSM recusou, alegando não ter condições de contribuir para o desenvolvimento desta pesquisa devido à pouca experiência na produção de gráficos táteis. Dessa maneira, foram realizados dois grupos focais com as equipes de projeto desses núcleos, nos dias 18 e 19 de dezembro de 2019, os quais forneceram dados sobre seus contextos de projeto.

Os grupos focais ocorreram em salas com projetor de slides, no qual foi apresentado a proposta desta pesquisa, bem como, as questões e atividades que direcionaram a realização do grupo focal. O documento que orientou o grupo focal consta no Apêndice A desta pesquisa.

Em linhas gerais, o grupo focal ocorreu da seguinte forma. Após a apresentação dos participantes do grupo, o pesquisador apresentou a proposta da pesquisa e iniciaram-se as atividades. A primeira parte do grupo focal consistiu em 11 questões e atividades relacionadas a temas gerais sobre o processo de projeto - algumas questões envolviam respostas simples e diretas, enquanto as atividades em grupo exigiam cooperação e coordenação da equipe para se chegar aos resultados. A explicitação do processo de projeto e a identificação dos principais desafios projetuais são exemplos de atividades que exigiriam este tipo de colaboração. A segunda parte do grupo focal consistia em questões mais específicas sobre temas e desafios no projeto de GIT, demandando respostas simples por parte dos participantes, ou então sua opinião pessoal sobre a possibilidade de implementar determinadas ferramentas projetuais no processo da equipe.

Foram utilizados lousas, folhas em branco, marcadores, post-its e documentos com escalas de lickert para registrar as respostas. Considerando que em ambos os grupos focais participaram PCDV (pessoas com cegueira e baixa visão), nas questões que envolviam

gráficos o pesquisador descreveu os mesmos e, quando necessário, algum membro da equipe auxiliava na descrição e preenchimento dos documentos. Também utilizou-se um tablet contendo todos os gráficos e textos pertinentes ao grupo focal, permitindo às pessoas com baixa visão ampliar e acessar os mesmos.

Os itens a seguir 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3 e 4.1.4 tratam da coleta de dados, análises e sínteses realizadas a partir dos grupos focais realizados.

4.1.1 INCLUIR/UFRGS

O grupo focal realizado com a equipe do Incluir/UFRGS ocorreu no dia 18 de dezembro de 2019, entre as 14 e 16 horas. Participaram 4 membros das equipe de projeto: duas pessoas envolvidas diretamente na criação dos gráficos táteis e duas PCDV envolvidas mais diretamente com a revisão dos gráficos. Das duas PCDV, uma é cega, especialista em revisão braille, e outra possui baixa visão, especialista em casos onde há resíduo visual envolvido na leitura do gráfico.

A) Espaço físico e estrutura

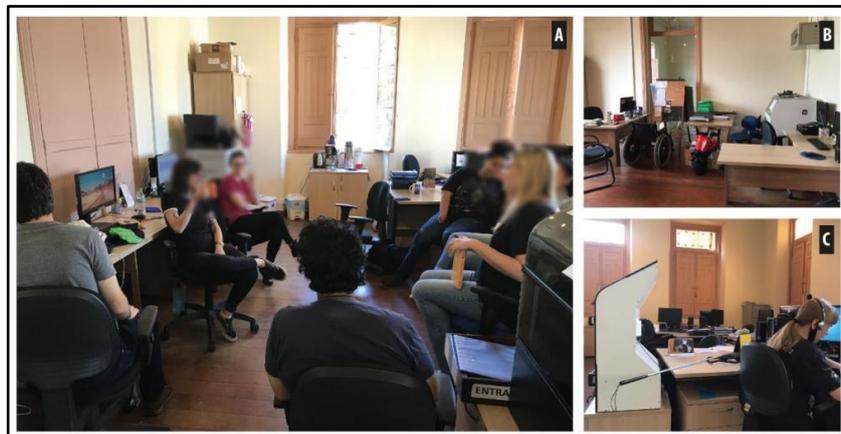
O espaço físico do Incluir é composto de duas salas - uma sala ampla que abrange espaço administrativo e espaço de projeto, e uma segunda sala localizada no campus do Vale, que apoia as atividades ali realizadas. Todos os membros do Incluir trabalham regularmente na primeira sala, sendo a segunda sala utilizada de acordo com a necessidade.

- A sala principal, no campus central, é equipada com 11 computadores, 1 impressora a laser, 2 impressoras braille, 1 termofusora, 1 máquina para encadernar. Atualmente existe 1 computador equipado com o software Monet, utilizado no projeto de figuras braille.
- A sala principal contém um espaço reservado para materiais táteis e GIT desenvolvidos no passado, que servem como material de referência para a equipe de projeto desenvolver novos materiais.
- A segunda sala está localizada no campus do Vale, devido à necessidade de bolsistas acompanharem os ADV nas aulas ali realizadas. Equipada com computador e impressora braille, é possível produzir alguns materiais táteis nesta sala.

A Figura 59 (p. 132) apresenta a sala principal do Incluir. Na Figura 59A a equipe aparece reunida discutindo um briefing de projeto. Observa-se que a reunião ocorre no mesmo local das mesas de trabalho, apenas deslocando-se as cadeiras até ficarem uns de frente para os outros. A Figura 59B exhibe um dos cantos da sala, no qual aparecem uma estação de trabalho (direita), a impressora braille do lado da mesa de montagem dos materiais (fundo) e, ao lado, um pequeno quadro de avisos e outra estação de trabalho (esquerda).

Abaixo da mesa de montagem de materiais, estão localizados os materiais táteis que já foram produzidos pela equipe. A Figura 59C apresenta o outro lado da sala, à direita trabalhando a revisora cega e uma mesa que divide com outra revisora com baixa visão e outro funcionário do Incluir e, ao fundo, fica o setor administrativo do Incluir.

Figura 59 - Sala de projeto do Incluir/UFRGS.



Fonte: O autor.

A Figura 60 apresenta o maquinário e o espaço de produção de materiais da equipe do Incluir. A Figura 60A mostra a impressora braille Juliette, mais antiga dentre as duas disponíveis na sala. A Figura 60B mostra a termofusora que, segundo a equipe, é pouco utilizada em projetos. A Figura 60C mostra o espaço dedicado para a mesa de montagem, que também suporta uma encadernadora e outros materiais. Abaixo desta mesa estão caixas com os materiais táteis - principalmente materiais em braille com alguns gráficos táteis incluídos. A Figura 60D apresenta a impressora braille Everest, mais moderna, com maior velocidade e mais recursos técnicos.

Figura 60 - Maquinário do Incluir.

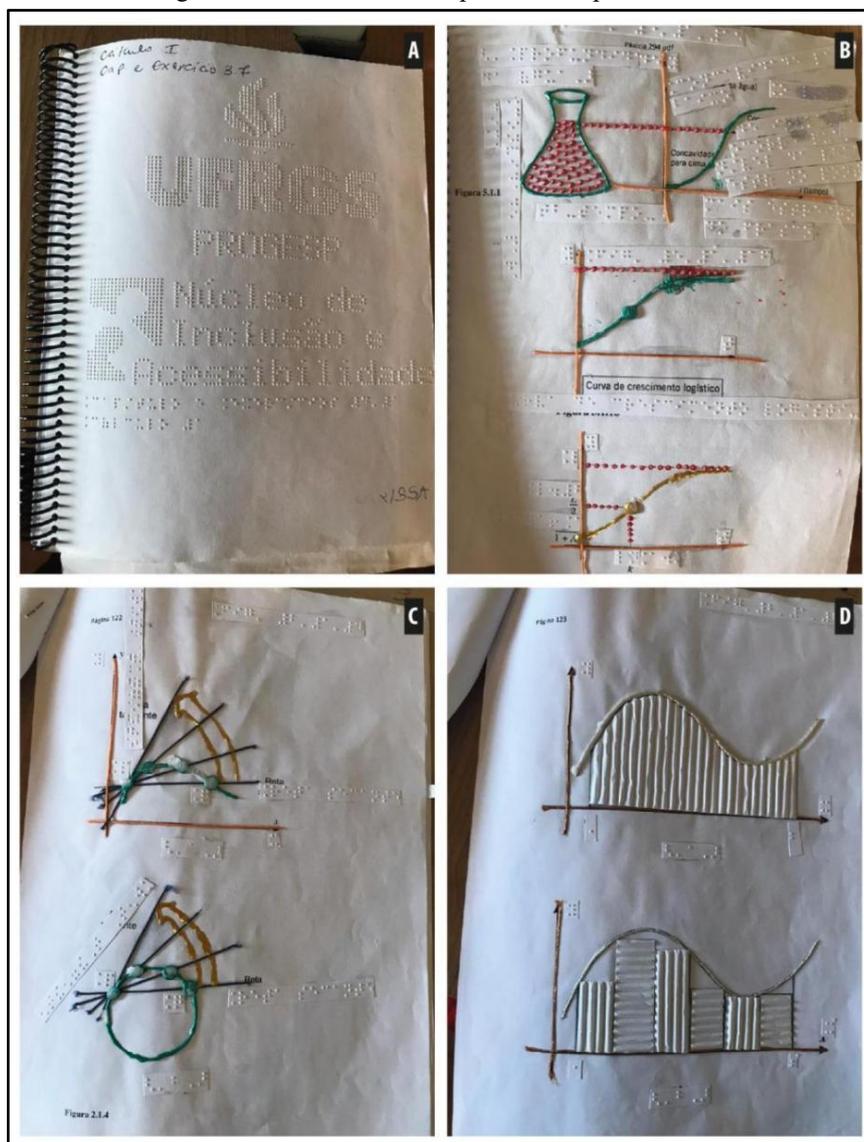


Fonte: O autor.

A equipe do Incluir não conta com outras tecnologias que podem ser utilizadas na produção de gráficos táteis, como termoformagem, impressão 3D e máquina de corte a laser. No caso de produção de materiais que utilizam este tipo de tecnologia, os mesmos podem fabricá-los através de parcerias com outros setores da UFRGS.

A Figura 61 apresenta GIT produzidos pelo Incluir. A Figura 61A mostra um capítulo de livro de Cálculo I, encomendado para esta disciplina. A capa apresenta o logo da UFRGS e do Incluir e alguns textos em braille. Este material é um exemplo dos materiais guardados no repositório do Incluir - normalmente um volume de texto em braille, com gráficos táteis incluídos em partes específicas dos volumes, podendo ser no meio dos textos, mas, geralmente, aparecem nas últimas páginas dos volumes. As Figura 61B, Figura 61C e Figura 61D apresentam gráficos contidos em diferentes volumes, mostrando graus distintos de quantidade de informação, nível de abstração e materiais utilizados.

Figura 61 - Gráficos táteis produzidos pelo Incluir.



Fonte: Incluir/UFRGS.

B) Aspectos gerais do processo de projeto

No Incluir, a demanda é realizada pelo ADV, não sendo necessariamente visando a produção de gráficos táteis. Geralmente pede-se pela adaptação de um conteúdo específico - livro, capítulo de livro - e, analisando este conteúdo, se identifica a necessidade ou não da criação de gráficos táteis. Muitas vezes a descrição em braille ou audiodescrição pode ser o suficiente. Embora atualmente exista o formulário recentemente implementado no site do Incluir, a maior parte dos pedidos chega por e-mail. Como parte da demanda, está incluído o Leiamе do aluno, que é um perfil pessoal na forma de documento que inclui as habilidades e limitações do aluno, suas preferências pessoais como suporte preferido e tamanho de fonte, podendo ser conferido no Anexo E da pesquisa.

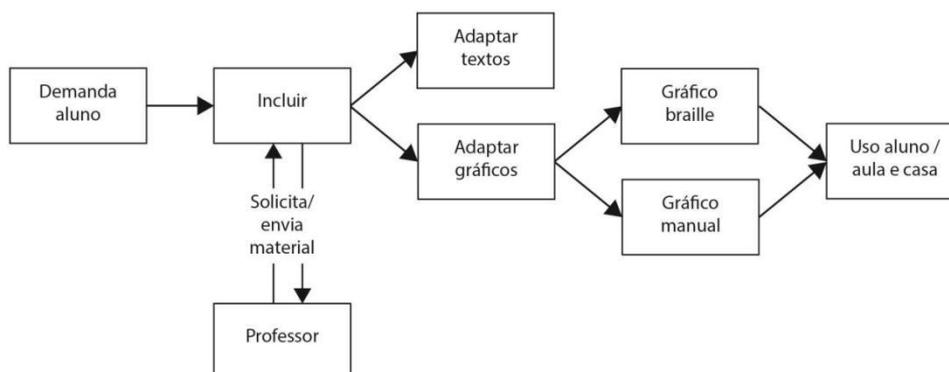
Os GIT normalmente são produzidos de forma individualizada, considerando as necessidades específicas do aluno que efetua a demanda. No entanto, quando questionados sobre o reuso - uso de materiais por mais de um aluno em momentos diferentes -, a equipe do Incluir vê isso como uma possibilidade. Já houve um caso em que readaptou um material, fazendo uma cópia de um material existente. Também relatou que alguns materiais como gráficos de cálculo e estatística seriam úteis como sendo partes de um banco de GIT.

O processo de desenvolvimento de materiais instrucionais para PCDV foi descrito em 5 etapas gerais (Figura 62, p. 135), e a criação de um GIT, especificamente, desdobrada em mais 6 etapas (Figura 63, p. 135). O processo geral parte de uma demanda do aluno, que após recebida, o Incluir solicita o material ao professor responsável. A partir daí, toma-se a decisão sobre adaptar textos e gráficos. A adaptação de gráficos pode ser feita através da criação de gráficos braille, com o uso do software Monet. O outro método de adaptação se dá através da criação manual dos gráficos, que pode envolver uma combinação de métodos artesanais, e processos de termofusão, termoformagem e etiquetagem braille. Gráficos criados via método braille demoram em média 2 dias, enquanto que gráficos manuais podem demorar de 7 a 14 dias dependendo da quantidade e complexidade da demanda. Quando os gráficos e demais materiais estão prontos, são utilizados pelos alunos em sala de aula e em casa.

A Figura 63 (p.135) apresenta o processo de criação do gráfico tátil via método manual. O processo em questão é descrito pensando em um GIT genérico de cálculo, um dos tipos de GIT mais requisitados no Incluir. A partir da definição de produção de um gráfico tátil, decide-se sobre o tipo de gráfico (gráfico de seno, cosseno, de coluna). Na etapa de planejamento realiza-se uma análise do conteúdo a fim de determinar como fazer uma cópia fiel do conteúdo; realiza-se uma reunião para definir os métodos de produção utilizados, levando em conta os recursos materiais disponíveis; ocorre uma reunião informal entre os bolsistas que produzem os materiais e os alunos para compreender melhor as preferências dos alunos; e são definidos os prazos levando em consideração o

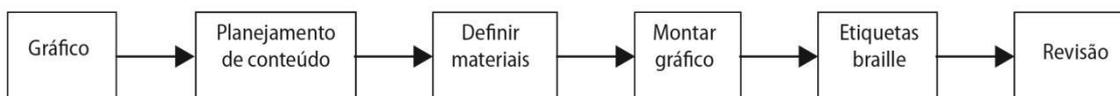
cronograma de aula onde os materiais serão utilizados. A seguir, são definidos os materiais usados na produção do GIT - um material para eixos e outro material para curvas. Na etapa de montagem do gráfico, ocorre a impressão do gráfico ampliado junto do texto ampliado, e o gráfico tátil é criado e colado no material ampliado, sobrepondo o gráfico ampliado. Criado e posicionado o gráfico, são coladas as etiquetas braille, atentando para o seu posicionamento, à proximidade dos itens a que se referem e à clareza do material. Por fim, o gráfico é revisado pelos especialistas ou pelo aluno a fim de verificar a qualidade do gráfico gerado.

Figura 62 - Processo de desenvolvimento de materiais instrucionais para PCDV.



Fonte: O autor.

Figura 63 - Processo de criação de GIT.



Fonte: o autor.

Algumas questões podem ser apontadas em relação à entrega e implementação do GIT. Normalmente os GIT são materiais que acompanham, mas que estão separados do texto (em braille ou ampliado), sendo indicados nos capítulos em que aparecem. Os materiais criados envolvem uma capa e contracapa contendo o logo do Incluir e uma ficha catalográfica. Caso o aluno devolva o material, o mesmo fica disponível na biblioteca para reuso de outros ADV. A implementação do material pode ocorrer com o acompanhamento de um monitor que auxilia o aluno em sala de aula ou após a aula.

Em relação ao processo de produção do gráfico de matemática descrito acima, os pontos críticos indicados pela equipe do Incluir foram: em primeiro lugar, o planejamento do conteúdo no que se refere a estabelecer uma cópia fiel ao conteúdo; em segundo lugar, a escolha dos materiais para o gráfico; e em terceiro lugar, com mesma importância os processos de colar as etiquetas braille, assim como, a etapa de revisão, onde se busca verificar a fidelidade do conteúdo do GIT em relação ao conteúdo original.

A formação da equipe de projeto de GIT não varia muito, exceto pelos bolsistas especialistas de conteúdo que fazem parte do núcleo, que são incluídos na equipe de

acordo com seus conhecimentos específicos. Aqui destaca-se a participação de uma bolsista graduanda em design que, geralmente cria materiais de comunicação e divulgação utilizando softwares instalados em computador pessoal ou encontrados em outros laboratórios.

O usuário colabora no processo de GIT desde o começo do processo, onde além de pedir pelo material o mesmo participa de uma reunião inicial para saber de suas preferências e expectativas em relação ao GIT. O usuário também pode participar de etapas de verificação e revisão do protótipo.

Dois momentos são usados para verificar a qualidade dos GIT, uma revisão do protótipo e uma revisão final do GIT. A revisão do protótipo é feita por membros da equipe de projeto, considerando dois casos distintos: gráficos braille ou primordialmente táteis; e gráficos ampliados ou que contém aspectos visuais (forma, cor). Em ambos os casos um dos principais critérios utilizados é a fidelidade atingida pelo conteúdo final em relação ao conteúdo original.

No caso de gráficos braille ou primordialmente táteis, uma revisora cega utiliza um processo próprio, no qual busca verificar a clareza, a textura dos materiais, as etiquetas braille quanto a sua distância e outras características, o contorno e outros elementos do gráfico; neste caso as normas técnicas para a produção de textos em braille (BRASIL, 2018) devem ser levadas em consideração durante o processo de revisão. Nos gráficos ampliados ou gráficos que podem ser percebidos com resíduo visual outra revisora com baixa visão verifica aspectos relevantes, como forma e contraste, de acordo com seu processo próprio. Segundo as revisoras, as mesmas não tem competência para revisar o conteúdo, tarefa que deve ser feita com auxílio de um especialista do conteúdo.

Quando questionados sobre o espaço físico e a estrutura do local, os membros da equipe relatam que tudo ocorre em uma mesa grande, desde as reuniões até a montagem dos materiais. Os mesmos sentem falta de um lugar específico e adequado para realizar a montagem (colar, secar) e a exposição do material. Eles também acreditam que um quadro poderia ajudar na organização e uma impressora 3D também seria de grande utilidade para a confecção dos materiais. Embora verificou-se a existência de um local de montagem e de um quadro, ambos são utilizados de forma improvisada, pois são pequenos e servem também a outras tarefas.

Sobre os fatores que contribuem para um processo projetual de qualidade, os membros responderam que todas as etapas sendo bem realizadas contam para esse quesito, ressaltando que o estabelecimento de prazos corretos logo no início do projeto são de grande auxílio. Um exemplo bem sucedido na questões dos prazos foi o de um professor de cálculo que encomendou os capítulos do livro e enviou uma relação do cronograma com os conteúdos, permitindo que a equipe se organizasse e entregasse tudo no prazo correto.

As ferramentas utilizadas na gestão do processo projetual são: cronograma de projeto; registros dos e-mails enviados por professores, alunos e colaboradores; pastas com documentos importantes como conteúdos, capítulos de livro, etc; tarefas; e pastas dos alunos com suas demandas.

C) Aspectos específicos do processo de projeto

O objetivo do gráfico não é definido explicitamente, e busca-se adaptar o gráfico de forma que o ADV entenda o mesmo. A decisão de adaptar ou não um gráfico também é tomada a partir da experiência da equipe de projeto, sem o auxílio de ferramentas. Segundo os membros da equipe de projeto, gráficos tridimensionais como figuras planas são mais complexos e difíceis de serem produzidos - a equipe já decidiu por não adaptar esses gráficos devido à sua complexidade. Ao ser apresentada ao mapa de profundidade, uma ferramenta que auxilia a planejar a profundidade dos elementos de um gráfico tátil antes de sua produção, a equipe do Incluir relatou que esta poderia ser uma ferramenta útil na produção destes gráficos tridimensionais, como por exemplo, um cubo de matemática.

O método de produção é escolhido de acordo com o que seria mais apropriado ao gráfico em questão. Também consideram-se os materiais disponíveis no momento da produção.

Quando questionados sobre a retirada de conteúdo do gráfico, que pode acontecer durante o processo de simplificação, os mesmos disseram que somente limpam, mas não retiram conteúdos. O Leiam do aluno neste caso é uma ferramenta que pode apoiar esse processo. Quando exibido um caso de simplificação radical à equipe de projeto, eles estranharam o gráfico e explicitaram que esta não seria uma solução usualmente pensada pela equipe.

A escolha de padrões e texturas é realizada visando a diferenciação e a busca de clareza. Em gráficos táteis que utilizam métodos artesanais são utilizados materiais de acordo com a disponibilidade e considerando aspectos de conforto, contraste por cor, e odor. Materiais como lixas, cola tátil e cordões são usuais.

Sobre o uso de diretrizes, a equipe relata que utiliza somente as diretrizes apontadas pelas normas técnicas concernentes ao uso do braille. Em relação aos demais gráficos táteis a experiência da equipe de projeto é utilizada.

4.1.2 IFRS BENTO

O grupo focal realizado com a equipe do CTA/IFRS ocorreu no dia 19 de dezembro de 2019, entre as 13:00 e 17:30 horas. Participaram 5 membros das equipe de projeto: três pessoas envolvidas diretamente na criação dos gráficos táteis e duas PCDV envolvidas mais diretamente com a revisão dos gráficos. Das duas PCDV, uma é cega, especialista em

revisão braille, e outra possui baixa visão, especialista em casos onde há resíduo visual envolvido na leitura do gráfico.

A) Espaço físico e estrutura

A estrutura do núcleo é constituída de uma instalação com sala administrativa, 4 escritórios/salas de projeto, uma oficina e uma sala de reuniões, além de cozinha e sanitários. Destacam-se o seguintes pontos do espaço físico:

- Os escritórios/salas de projeto estão equipados com computadores e tem capacidade para 2 ou mais pessoas cada. Os escritórios são ocupados tanto por pessoas que tem relação direta com o projeto dos GIT assim como como pessoas que não trabalham diretamente com GIT.
- A sala de reuniões está equipada com duas mesas de espaço ampla, lousa e projetor de slides. Também contém escaninhos contendo materiais acessíveis, recursos de tecnologia assistiva e gráficos táteis produzidos previamente pelo núcleo.
- A oficina é composta de duas salas: um laboratório de projeto e microeletrônica, contendo computadores que são utilizados para projetar materiais e controlar as máquinas, assim como, uma bancada de montagem para os materiais microeletrônicos; e uma sala de máquinas, contendo impressoras 3D, máquinas de corte a laser, máquina CNC Router e uma bancada de montagem e reparos de materiais.

A Figura 64 apresenta a sala de reuniões do CTA/IFRS, local onde aconteceu o grupo focal. A Figura 64A mostra as diversas tecnologias assistivas, insumos e materiais desenvolvidos pelo CTA/IFRS, com fácil acesso à equipe de projeto. A Figura 64B mostra a equipe de projeto desenvolvendo a atividade de grupo focal. Observa-se que o amplo espaço das mesas e a estrutura de lousa, monitor e escaninhos fornece boas possibilidades de trabalho em equipe.

Figura 64 - Sala de reuniões CTA/IFRS.



Fonte: o autor.

A Figura 65 apresenta a Oficina do CTA/IFRS, composta de duas partes. A Figura 65A mostra a bancada de montagem na sala de microeletrônica. As Figura 65B e Figura 65C mostram as máquinas de corte a laser e máquinas de impressão 3D, respectivamente. Nota-se que o CTA está equipado com três máquinas de impressão 3D - dois exemplares de um modelo que suporta tamanhos maiores de objetos impressos e outra máquina que suporta a impressão de objetos menores. A Figura 65D apresenta a bancada de montagem, um amplo espaço para montar e reparar os materiais desenvolvidos, dispondo de todas as ferramentas e materiais próximos.

Figura 65 - Oficina CTA/IFRS.



Fonte: o autor.

A Figura 66 apresenta os escritórios e salas de projeto do CTA/IFRS. As Figura 66A e Figura 66B apresentam escritórios onde trabalham membros da equipe de projeto - observa-se que na primeira sala são 3 pessoas trabalhando lado a lado e na segunda sala são 2 pessoas. As Figura 66C e Figura 66D mostram as salas onde são feitos os atendimentos aos alunos PCD do campus.

Figura 66 - Escritórios/salas de projeto CTA/IFRS.



Fonte: o autor.

A Figura 67 (p. 141) apresenta GITs produzidos pelo CTA/IFRS. A Figura 67A mostra o mesmo mapa tátil, produzido segundo métodos artesanais (acima) e métodos de fabricação digital (abaixo). Observa-se que o mapa artesanal apresenta maior variedade de cores e texturas em relação ao outro mapa. Por outro lado, o mapa artesanal apresenta irregularidades em relação ao tamanho e à forma dos elementos; também observam-se irregularidades nos encaixes entre elementos colados em níveis superiores do mapa; outro destaque negativo em relação ao material artesanal é a sua durabilidade, já que os insumos utilizados não possuem alta durabilidade e já apresentam sinais de deformação com o tempo.

A Figura 67B apresenta o mesmo mapa em detalhe de sua versão em fabricação digital. Aqui observa-se que apesar da menor variação de cores, todos as formas, tamanhos e encaixes estão regulares, apresentando maior clareza e simplicidade no mapa tátil. O material utilizado também adiciona ao aspecto de durabilidade do material. A Figura 67C apresenta materiais desenvolvidos segundo a técnica de termoformagem, com impresso colorido anexado abaixo do material plástico. A Figura 67D apresenta diversos GIT produzidos segundo métodos artesanais, com os mais variados materiais empregados. Esses gráficos artesanais podem ser classificados como gráficos 2.1D, com exceção ao gráfico da célula vegetal, que devido ao seu volume mais saliente, pode ser considerado um gráfico 2.5D (REICHINGER *et al.*, 2012).

Figura 67 - GITs desenvolvidos pelo CTA/IFRS.



Fonte: o autor.

B) Aspectos gerais do processo de projeto

Em relação à demanda de GIT, estes são encomendados pelos professores de diversas formas - e-mail, formulário via site, telefone ou solicitação presencial. Idealmente, a demanda vem acompanhada do Plano Educacional Individualizado (PEI). O PEI é um documento que mostra por um lado o histórico, habilidades, dificuldades e preferências do ADV; e por outro lado as adaptações curriculares e metodológicas propostas em cada disciplina para atender este aluno. Com base nisso, os professores obtêm uma visão mais completa do perfil do aluno e podem decidir como melhor atender às necessidades de cada ADV. Os conteúdos adaptados que irão se transformar em GIT, devem constar na parte dedicada aos conteúdos programáticos. O PEI pode ser conferido no Anexo D.

Devido à notoriedade alcançada pelo CTA/IFRS na produção de materiais acessíveis, o mesmo atende demandas provenientes de diversos campi do Instituto Federal em nível nacional. Materiais instrucionais mais simples como gráficos ampliados podem ser realizados nos próprios campi com equipamentos adequados. Porém, demandas mais complexas são encaminhadas ao CTA via PEI. Também é importante destacar o papel dos Núcleos de Atendimento às Pessoas com Necessidades Educacionais Específicas (NAPNE), instaladas em cada campus do IFRS, que auxiliam a captar e encaminhar demandas de GIT ao CTA.

O PEI é um documento colaborativo que inicia com o preenchimento do CTA acerca das características do aluno, seguindo com sugestões de uso de TAs e de adaptações na metodologia e nos materiais utilizados em sala de aula. Os professores das disciplinas específicas também preenchem com sua parte acerca de objetivos instrucionais e como desenvolverão a metodologia de acordo com as sugestões do CTA. Por fim, os professores redigem sobre avaliações realizadas, fornecendo um parecer final. O PEI inclui no fim do documento pareceres avaliativos de diferentes disciplinas, fornecendo uma visão geral do desempenho do aluno.

Em relação aos prazos, foi comentado que para dar tempo de organizar e produzir GIT sem comprometer o fluxo de trabalho da equipe do CTA, os GIT deveriam ser encomendados com antecedência, idealmente antes do começo do semestre. Porém, na prática, o mais comum é acontecer demandas urgentes que podem atrapalhar o fluxo de trabalho da equipe e comprometer a qualidade final dos GIT desenvolvidos.

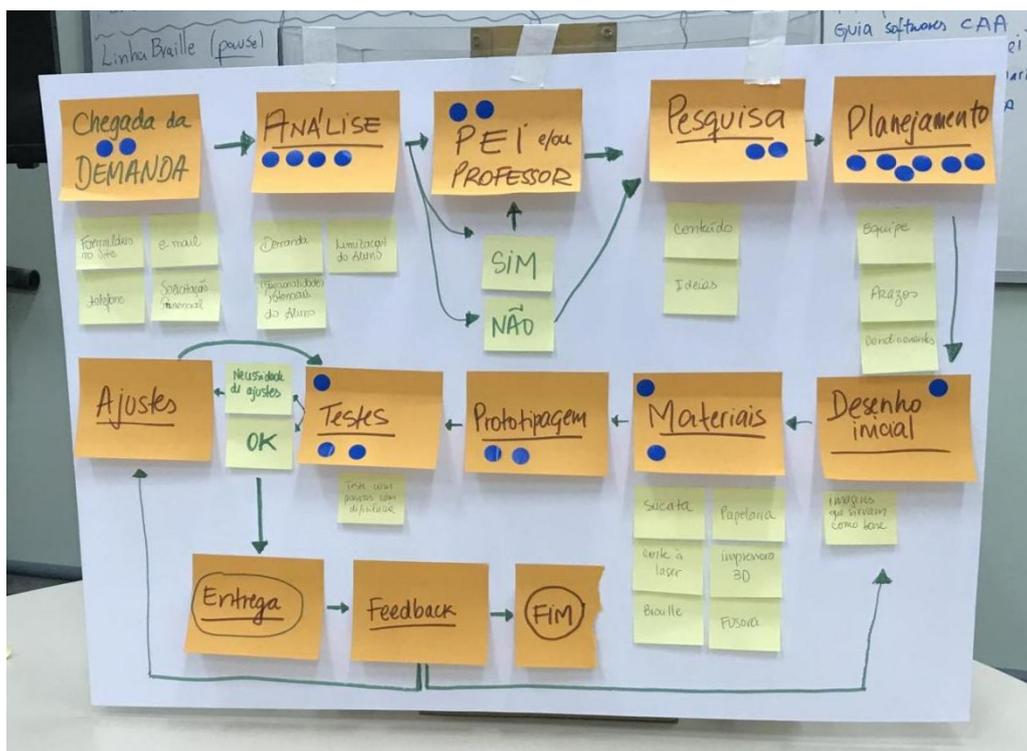
Quando questionados se um mesmo gráfico costuma ser produzido e utilizado por apenas um aluno específico ou para uma gama de usuários (alunos cegos e com baixa visão por exemplo), a equipe de projeto respondeu que a demanda é geralmente individualizada - para um aluno. Mesmo com uma demanda individualizada eles se baseiam nos princípios do design universal para a produção dos gráficos.

Outro aspecto relacionado ao uso do gráfico por mais de um usuário é o reaproveitamento do gráfico que, produzido considerando este propósito pode ser utilizado por mais usuários ao longo do tempo. Os membros da equipe observaram que com o tempo e a especialização crescente dos processos de produção de GIT, a tendência é ir em direção à produção de materiais mais duráveis, que possibilitem a produção de um banco de gráficos reutilizáveis. Os mesmos citaram o exemplo da disciplina de informática, a qual já demanda GIT com frequência a ponto de existir uma necessidade de materiais mais robustos e duráveis.

A Figura 68 (p. 143) apresenta um modelo do processo de projeto de GIT do CTA, o qual pode ser resumido em 10 etapas, descritas a seguir - i) demanda; ii) análise; iii) pesquisa; iv) planejamento; v) desenho inicial; vi) protótipo; vii) testes; viii) revisão; ix) entrega; e x) feedback.

A partir da demanda feita pelo professor, realiza-se uma análise dos aspectos envolvidos, tais como conteúdo, capacidades e limitações dos alunos. Nesta etapa de análise podem ser consultados o PEI e o próprio professor que efetuou a demanda. Compreendendo o perfil do público e o conteúdo a ser projetado, realiza-se uma busca por materiais compatíveis e similares que podem atender às necessidades identificadas, e são geradas ideias para a solução do problema. A etapa de planejamento define a equipe de projeto, os prazos e demais condicionantes do projeto.

Figura 68 - Processo de projeto do CTA.



Fonte: o autor.

A seguir são escolhidos os materiais e métodos de produção, seguidos pela produção e montagem dos materiais. Os gráficos são então testados com membros da equipe de projeto especializados (um membro cego e outro com baixa visão), os quais sugerem as adaptações necessárias. Os testes são realizados com protótipos dos gráficos e ocorrem de maneira empírica, de acordo com a experiência dos membros da equipe.

Eles relatam confiar em suas habilidades para tal fim, pois não encontraram protocolos de testes sistematizados e acessíveis. Realizados os testes e revisões, os materiais são entregues para os campi solicitantes, onde são implementados. A fornecimento do *feedback* por parte dos usuários encerra o processo projetual.

Questionada sobre os pontos críticos do processo projetual, a equipe de projeto apontou a etapa de planejamento em primeiro lugar com 6 votos; seguida das etapas de análise e testes, com 4 e 3 votos; depois empatadas as etapas de demanda, consulta PEI ou professor, escolha dos materiais e prototipagem. O planejamento se refere à primeira etapa de síntese no processo projetual, onde ocorrem tomadas de decisão sobre prazos, equipe de projeto, e métodos de produção; aqui, todos os aspectos da demanda, incluindo perfil do usuário e conteúdo a ser produzido, além do tempo e recursos disponíveis, e ideias possíveis para solucionar o problema devem ser considerados de modo a elaborar a estratégia de projeto; pode-se dizer que esta etapa é o coração do processo projetual, pois já foram realizadas todas as análises iniciais, geradas ideias iniciais de solução e tem como resultado toda a estratégia de desenvolvimento do processo de projeto.

A etapa de análise mostra-se crítica também devido à importância em obter os dados sobre o usuário (habilidades e limitações) e conteúdo, e realizar a sua interpretação correta de forma a auxiliar no processo projetual. Por fim, a etapa de testes, identificada como uma das mais críticas dentro do processo, é realizada de acordo com a experiência dos membros da equipe de projeto.

A equipe de projeto é formada de acordo com as habilidades exigidas para cada projeto específico. No caso de materiais em braille, por exemplo, o membro cego da equipe de projeto entra também na parte de criação do gráfico além da etapa de testes; em gráficos que usam o método de corte a laser, são necessários especialistas para modelar o gráfico e operar as máquinas. Cinco membros formam a base da equipe de projeto. Normalmente nas etapas iniciais de análise e planejamento, participam um dos membros da equipe acompanhado de um ou dois outros membros.

Em relação à colaboração de membros do público-alvo e de professores no processo de projeto, os primeiros não têm envolvimento direto no processo projetual, a não ser pelos membros da equipe de projeto que possuem deficiência visual e podem ser considerados representantes do público. Foi relatado que alguns professores chegam a se envolver no processo, não sabendo exatamente o que pedir, mas explicitam a situação-problema.

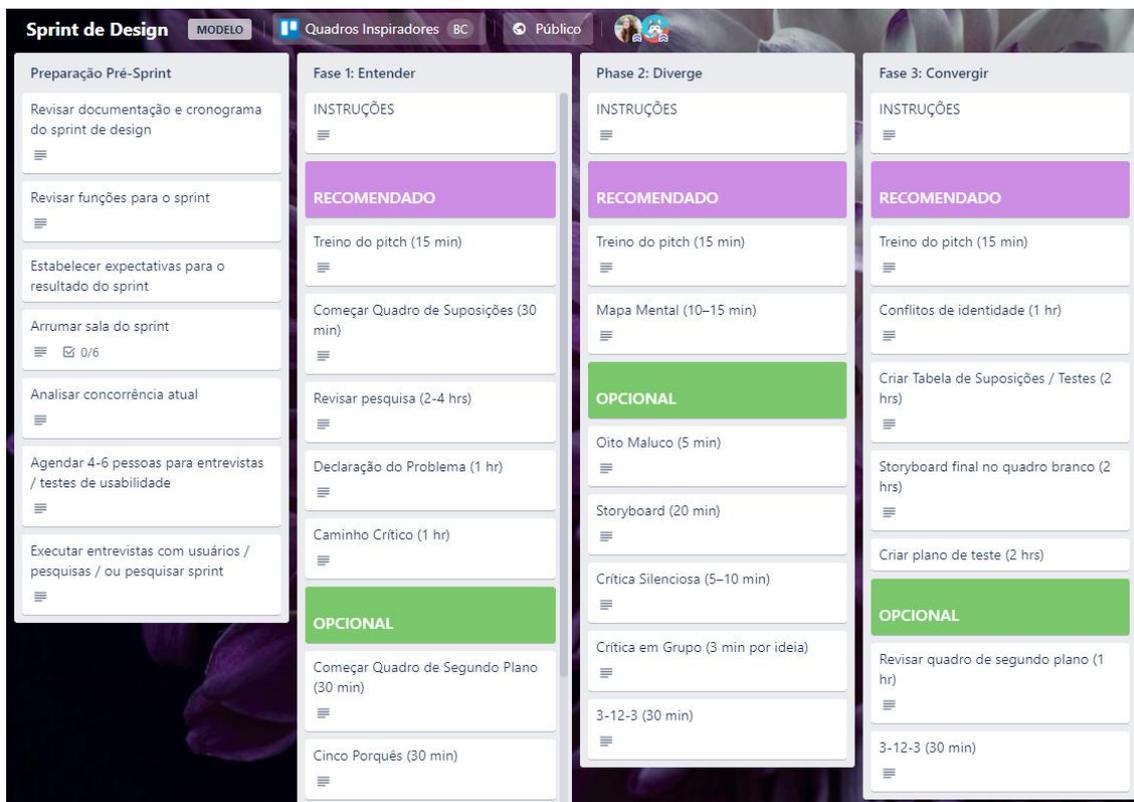
A equipe de projeto relatou estar satisfeita com a estrutura física que dispõe para a realização dos projetos. Na maior parte do tempo cada um trabalha individualmente na sua parte, e existem alguns momentos de interação entre um mais membros da equipe. A mesa grande da sala de reuniões é utilizada em algumas ocasiões para compartilhar ideias. Em uma situação ideal os membros da equipe supõem que poderiam utilizar mais espaços compartilhados, tal como a sala de reuniões do CTA, porém, admitem que na realidade do não planejamento e dos prazos curtos provenientes de demandas urgentes, o processo acaba sendo executado da forma mais prática possível, abreviando algumas etapas.

Os indicadores de qualidade no processo projetual, segundo a equipe do CTA são: a entrega do material e o aproveitamento deste material pelo ADV; quando todos os envolvidos no projeto executam sua parte com eficácia (por exemplo, quando a demanda é bem feita pelos professores); existe uma sensação de orientação e a comunicação durante o processo de forma a manter todos atualizados sobre as informações relevantes; as decisões tomadas no processo são embasadas.

O CTA utiliza algumas ferramentas digitais para apoiar a organização do processo e a comunicação da equipe. O aplicativo Trello (Figura 69, p. 145) é utilizado como uma ferramenta centralizadora para acompanhar o processo projetual e compartilhar arquivos essenciais. Essa ferramenta permite alocar tarefas separadas por temas e cores e estabelecer responsáveis e prazos para sua realização. Alguns recursos internos da instituição como *site* e protocolos de solicitação de pedidos também fazem parte do processo. Os fluxos da instituição também são considerados junto aos processos de GIT -

como por exemplo a submissão de projetos para editais tende a ocupar boa parte dos recursos da equipe, diminuindo a sua capacidade para realizar projetos paralelos. O Whatsapp é a ferramenta de comunicação via *chat* utilizada comumente entre a equipe de projeto. O Hangout é uma ferramenta de webconferência utilizada para se comunicar com eventuais parcerias de professores, profissionais da área da saúde e outros colaboradores.

Figura 69 - Trello, ferramenta de gestão do processo projetual.



Fonte: TRELLO (2020).

C) Aspectos específicos do processo de projeto

A equipe do CTA não considera o objetivo e as tarefas envolvidas no uso do gráfico de forma explícita, mas busca criar os GIT de forma a atender as demandas encaminhadas. Em alguns casos, os professores solicitantes sugerem indicações de uso do gráfico ou mudanças na apresentação do conteúdo para melhor atenderem aos objetivos instrucionais. As tarefas do usuário são pensadas de forma empírica durante a construção do GIT, seguindo o princípio de que a exploração do material por PCDV se dá das partes para o todo, diferentemente das pessoas normovisuais que fazem o contrário, do todo às partes.

Para decidir sobre a adaptação ou não do gráfico 2D em gráfico tátil, inicialmente verificam-se as habilidades do aluno e avalia-se empiricamente a complexidade do gráfico. São feitas perguntas como - o aluno usa leitor de telas? Ele se adapta ao braille? Então, dependendo da complexidade do gráfico original podem-se criar materiais complementares como GIT e textos de apoio em braille. O tempo hábil é outro fator

relevante neste processo decisório. Quando se decide por adaptar um gráfico se buscam todas as maneiras possíveis de realizar a tarefa e consultam-se especialistas que possam auxiliar no processo.

Sobre a escolha do método de produção, pensa-se primeiro sobre o que seria o melhor considerando o gráfico em questão; considera-se o tempo, recursos e materiais disponíveis; e por fim, questiona-se sobre o reaproveitamento do material, a robustez necessária para um uso único ou continuado, e sobre a especificidade do uso. Neste quesito particular, a equipe sinalizou que faltam na equipe de projeto profissionais qualificados como designers e engenheiros de produto, os quais poderiam contribuir significativamente.

Em relação ao processo de simplificação dos gráficos, a equipe sempre visa adaptar os gráficos de modo a torná-los mais simples, mas assume que não removem partes dos gráficos e ficaram surpresos com a possibilidade de eliminar partes dos gráficos originais para atingir maior simplicidade. Os professores podem ser consultados para auxiliar a hierarquizar a informação dos gráficos. As informações são inseridas pensando-se se vão agregar para a compreensão do gráfico ou somente trazer mais informações desnecessárias.

A escolha de padrões e texturas se dá a partir do contraste proporcionado pelos materiais e de acordo com a disponibilidade no momento da confecção do gráfico. O conforto tátil é considerado, evitando-se materiais como lixas e metais. Os estilos de linhas são usados buscando a facilidade de diferenciação e evitar a confusão.

Em relação ao uso de diretrizes de projeto, a equipe do CTA informou que se guia pelos princípios do design universal e, ao entrarem em contato com algumas ferramentas e diretrizes de projeto de GIT, expressaram que uma *checklist* ao fim do projeto do gráfico poderia ser útil; e que diretrizes deveriam ser concisas, aplicáveis e seguir um roteiro, além de identificarem o que é mais importante dentro do processo projetual.

4.1.3 POTENCIAL DE IMPLEMENTAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE PROJETO

Este item apresenta as respostas de ambos os núcleos, Incluir/UFRGS e CTA, sobre o potencial de implementação das ferramentas de projeto levantadas na pesquisa. O objetivo foi verificar a aceitação geral de alguns métodos, técnicas e ferramentas projetuais relacionados a desafios comuns no projeto de GIT, considerando as dinâmicas atuais das equipes de projeto.

A Tabela 1 reúne a resposta de 5 representantes do CTA e 4 representantes do Incluir sobre uma escala de Lickert, considerando sua aceitação em relação a 4 itens - a árvore de decisão, a planilha de planejamento, o banco de padrões e texturas, e as diretrizes e

padrões para gráficos táteis. A escala de Lickert acompanha as seguintes gradações de aceitação: muito provavelmente sim (MP); provavelmente sim (PS); possivelmente (P); provavelmente não (PN); muito provavelmente não (MPN). Ao fim de cada item, assim como de toda a tabela, é apresentado o total de aceitação.

Tabela 1 - Aceitação às ferramentas projetuais.

		MP	PS	P	PN	MPN
1. Árvore de decisão	CTA	-	2	3	-	-
	Incluir	-	1	3	-	-
	<i>Total</i>	-	3 (33%)	6 (67%)	-	-
2. Planilha de planeamento	CTA	1	3	-	-	1
	Incluir	-	3	1	-	-
	<i>Total</i>	1 (11%)	6 (67%)	1 (11%)	-	1 (11%)
3. Banco de padrões e texturas	CTA	2	3	-	-	-
	Incluir	-	4	-	-	-
	<i>Total</i>	2 (22%)	7 (78%)	-	-	-
4. Diretrizes	CTA	3	2	-	-	-
	Incluir	-	2	2	-	-
	<i>Total</i>	3 (33%)	4 (44%)	2 (22%)	-	-
TOTAL	CTA	6	10	3	0	1
	Incluir	0	10	6	0	0
	<i>Total</i>	6 (17%)	20 (56%)	9 (25%)	0	1 (3%)

Fonte: o autor.

Em relação à aceitação dos itens pesquisados, o banco de padrões e texturas apresentou a maior aceitação dos participantes da pesquisa, somando 22% dos votos para MP e 78% para PS. Em segundo lugar, as diretrizes de BANA somam 33% de votos para MP, 44% de PS e 22% de P; aqui destacam-se os 3 votos, da equipe do CTA para MP, significando que a maioria da equipe concorda com uma alta probabilidade de aplicação das diretrizes. Em terceiro lugar a planilha de planeamento aparece com 11% de votos para MP, 67% de PS, 11% P e 11% MPN; aqui destacam-se o alto nível de votos para PS - sendo 6 dos 9 votos -, bem como um voto que acredita muito pouco provável a implementação da ferramenta.

Considerando a aceitação geral dos itens no processo projetual, o resultado foi majoritariamente positivo. Dos 36 votos dados, 20 votos (56%) afirmam que as ferramentas apresentadas provavelmente (PS) seriam implementadas no processo projetual, enquanto que 9 votos (25%) afirmam que as ferramentas possivelmente seriam implementadas.

4.1.4 GENERALIZAÇÕES A PARTIR DE PESQUISA NOS NÚCLEOS DE ACESSIBILIDADE

Este item apresenta as principais generalizações extraídas dos grupos focais realizados. Aqui são apresentadas as informações que mais se destacaram em relação à estrutura física e processos das equipes, bem como às expectativas para a implementação do *framework*.

Estas informações são utilizadas posteriormente para o estabelecimento do cenário do projeto e dos critérios para a elaboração do framework.

Em relação à estrutura e espaço físico dos núcleos, pode-se observar que os membros da equipe de projeto trabalham em locais próximos, podendo reunir-se para discutir aspectos do projeto com facilidade. A estrutura do IFRS é mais completa em relação ao maquinário, dispondo de uma oficina dedicada para a fabricação e montagem de materiais. Já o Incluir, para usar máquinas como a impressora 3D e CNC de corte a laser tem que buscar outros laboratórios dentro da universidade.

A demanda é realizada de maneira diferente em ambos os casos - no Incluir o aluno encomenda o material e, no CTA, o professor é quem encomenda. Em ambos os casos existe um documento que armazena informações sobre o perfil do aluno e é encaminhado junto com a demanda por material. Ao analisar o Leiamé do Incluir e o PEI do CTA, o primeiro mostra-se mais focado em diretrizes específicas para o projeto dos gráficos, enquanto o segundo traz uma visão mais ampla, abrangendo histórico, preferências, habilidades e limitações dos alunos, metodologia e avaliações. Nesse sentido, um documento mais completo como o PEI fornece uma compreensão melhor do perfil do aluno, podendo trazer informações relevantes na hora de criar os gráficos táteis.

Na maior parte dos casos, os materiais são produzidos para demandas pontuais e com pouco prazo, o que não favorece o planejamento mais cuidadoso e acarreta no desenvolvimento mais apressado do gráfico. Um dos fatores que geram este tipo de demanda é o fato de que o tempo de produção dos GIT é geralmente subestimado por quem realiza a demanda, pois julgam ser um processo muito simples.

Em ambos os casos os GIT são produzidos de maneira individualizada, ou seja, para atender as necessidades específicas do usuário a quem o mesmo se destina. O CTA assume utilizar princípios de design universal buscando a maior acessibilidade possível no gráfico. Mesmo produzindo para uma demanda específica, ambos os núcleos não descartam o reuso como uma possibilidade.

Embora os processos de produção de GIT dos dois núcleos sejam similares, podem-se destacar alguns pontos. O processo do CTA mostrou-se mais estruturado e a equipe apontou com maior precisão as etapas, tarefas e os fluxos entre estas. Isso demonstra maior dependência no processo e menos nas pessoas, um dos critérios que busca-se alcançar com a realização desta pesquisa. Ambos os núcleos contém processos de revisão similares: 2 revisores, um cego e um com baixa visão, revisando os GIT de maneira empírica. Embora no CTA verificou-se que também exista o acompanhamento em sala de aula de ADV por monitores, o núcleo não inclui esta etapa no seu processo de produção. No lugar desta, está a etapa de feedback do aluno sobre o material entregue.

Ambas as equipes apontaram como etapas críticas no processo projetual o planejamento e a revisão dos GIT. Porém, nota-se uma diferença na estrutura dos processos projetuais, sendo a etapa de planejamento mais abrangente para o Incluir do que para o CTA - ambas etapas incluem a definição da equipe, de prazos e métodos de produção; no entanto, o Incluir também considera a análise do conteúdo, do perfil do usuário e a geração de ideias nesta etapa. Considerando que o CTA também inclui a análise do conteúdo como uma etapa crítica no processo, pode-se considerar esta às etapas críticas gerais: análise, planejamento e revisão.

Em relação à colaboração, verificou-se que no Incluir existe uma participação maior do usuário final que pode se envolver em etapas iniciais, no meio e também no fim do projeto.

Em relação às ferramentas de apoio à gestão do projeto, o CTA apontou ferramentas mais modernas baseadas em webapps, como Trello, Whatsapp e Google meet, enquanto o Incluir apontou ferramentas mais tradicionais como cronogramas, pastas de computador e e-mails.

Em ambos os casos verificou-se que os objetivos dos gráficos e as tarefas dos usuários não são determinados explicitamente. As equipes se empenham em desenvolver gráficos compreensíveis e claros. Outro ponto que verificou-se em ambos os casos, foi a sensação de estranheza em relação à simplificação do conteúdo dos gráficos, principalmente em simplificações mais radicais. Ambas as equipes relatam sempre tentar fazer o mais similar possível dos gráficos originais.

Em relação aos membros das equipes de projeto, verificou-se que as equipes realizam seus trabalhos com profissionais versáteis, pois as mesmas não possuem todos os profissionais idealmente necessários para uma equipe completa: para exemplificar isso, o Incluir conta com um designer, que atualmente trabalha mais com comunicação, mas que poderia auxiliar na criação de gráficos táteis; no CTA quem cria os vetores utilizados em máquinas de corte a laser é um arquiteto que cumpre também outras funções na equipe.

4.1.5 ENTREVISTAS COM PROFESSORES DE ADV

Foram realizadas 3 entrevistas com professores de ADV, empregados nas IFES que fazem parte da amostra desta pesquisa. As entrevistas foram desenvolvidas com base no guia de entrevista que encontra-se no Apêndice B desta pesquisa. Todas as entrevistas ocorreram *online*, com duração entre 30 minutos à 1 hora, nos dias 26 de novembro, 2 de dezembro e 8 de dezembro de 2020. Foram abordados quatro eixos temáticos durante as entrevistas semi-estruturadas, nas quais desenvolveram-se temas complementares de acordo com as informações fornecidas pelo entrevistado.

a) Professor de matemática IFRS Rio Grande

Este professor começou a dar aula para cegos em uma escola de educação especial em 2006, onde começou a fabricar gráficos táteis artesanais com cola tátil, lixa e outros materiais sobre gráficos ampliados. Depois, ingressou como docente na IFRS, deu cursos de capacitação sobre a produção de material tátil para alunos cegos e fez seus projetos de mestrado e doutorado sobre o ensino de matemática para cegos. Atualmente, coordena um projeto de extensão no instituto que produz materiais táteis para ADV.

O professor realiza a produção de gráficos táteis sob uma demanda semanal, tendo grande experiência na área e dedicando boa parte de sua carreira profissional a esta atividade. Inicialmente ele criava gráficos de maneira artesanal e, há 7 anos atrás, começou a trabalhar com o *software* Monet e impressora braille, que permitem criar gráficos braille de maneira semi-automatizada. Salvo os casos em que o professor cria gráficos táteis tridimensionais com esferas de isopor e palitinhos de churrasco, ele afirma não criar mais gráficos táteis artesanais, com materiais como lixas, lã e cola. Segundo o professor, a qualidade desses gráficos braille é boa, solucionando a maior parte das demandas de gráficos de matemática; em alguns casos ele complementa os gráficos com textos ou tabelas.

Uma coisa que ajudou muito o professor em sala de aula foi o uso do Multiplano⁵⁰. Assim ele pôde dar para os alunos montarem, auxiliar ou pedir para alguém auxiliá-los a montar o gráfico explicado em sala de aula. Antes o professor tinha “medo” de levar o gráfico pronto e simplesmente entregar aos alunos.

Segundo o professor os alunos conseguem explorar os gráficos táteis de maneira autônoma, mas claro que, como qualquer conteúdo novo (e gráfico de matemática especificamente), o professor deve mostrar como o aluno deve lê-lo primeiro. Assim, utiliza a seguinte estratégia: enquanto os alunos copiam o conteúdo recém explicado, o professor auxilia o aluno cego a ler o gráfico. Outra estratégia de aprendizagem que é importante, segundo o professor, é o comparecimento às salas de recursos multifuncionais, que ocorrem atendimentos de 1 hora e 1 hora e meia semanais, em média.

Alunos com baixa visão e alunos cegos têm padrões de exploração diferentes pois de maneira geral, alunos com baixa visão não leem braille e alunos cegos usam o braille. Na opinião do professor, um gráfico que visa acomodar os dois públicos pode ficar confuso devido à necessidade de ampliar letras e sobrepor elementos.

Sobre o uso de GIT em atividades de aprendizagem, o professor relata que os gráficos sempre ajudam. Um exemplo é sobre um gráfico de matemática, que existindo somente como uma descrição em braille e não possuindo uma representação em GIT, deixa o ADV

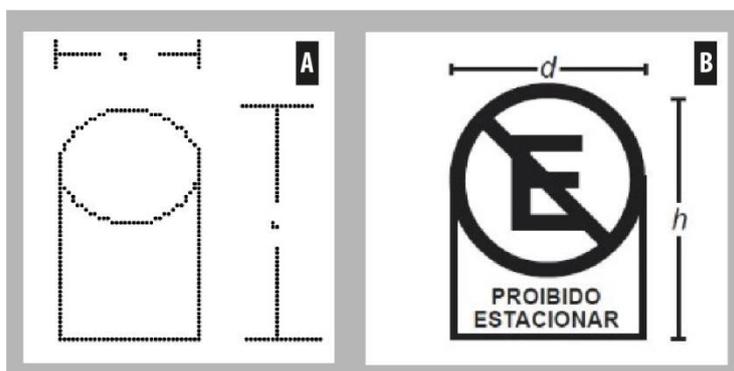
⁵⁰ O multiplano consiste em um kit didático utilizado para montar gráficos e figuras geométricas táteis com o propósito de auxiliar no aprendizado da matemática e estatística.

em desvantagem em relação ao aluno normovisual. Isso ocorre porque o ADV perde o acesso rápido ao conteúdo, tendo que ler toda a descrição verbal para construir o gráfico que, em versão tátil, seria feito com maior rapidez e menor custo cognitivo. Outro relato é que existem benefícios para ADV e alunos normovisuais com o uso de gráficos tridimensionais por exemplo, a diferença é que, para os primeiros, os gráficos são essenciais para a aprendizagem.

O professor comentou sobre questões relativas à simplificação dos gráficos. Segundo ele, no caso de uma prova, por exemplo, os alunos cegos demoram mais tempo para realizá-la; portanto, tudo o que puder ser eliminado sem perder conteúdo importante, deve ser feito - alguns gráficos ou partes de gráficos podem ser eliminados. Assim, evita-se a produção de gráficos sem necessidade e se auxilia o aluno a obter somente informações relevantes. Nesse sentido, os professores devem participar e auxiliar na produção do gráfico, identificando quais conteúdos são importantes para serem reproduzidos. Um método comumente utilizado por este professor é resolver a questão e verificar quais conteúdos do gráfico são os mais importantes para a sua solução. Algumas opções utilizadas na adaptação e simplificação são alterar algo no gráfico, colocar algumas informações na forma de legenda, e utilizar um gráfico com apoio de uma tabela.

A Figura 70A apresenta o gráfico em braille simplificado em relação ao gráfico original (Figura 70B). O professor retirou os elementos que não eram necessários para a compreensão da figura geométrica tratada no exercício em questão e que poderiam atrapalhar a boa leitura do gráfico.

Figura 70 - Gráfico braille simplificado.



Fonte: o autor, com base em entrevista.

Quando questionado sobre como melhorar os gráficos já criados, o professor relatou sobre adicionar descrição aos gráficos, um recurso que tem utilizado recentemente.

Em relação à colaboração, o professor acredita que uma colaboração em nível institucional deve ocorrer, principalmente devido ao alto custos dos maquinários utilizados na produção de gráficos táteis. Uma logística funcional seria instrumentalizar as escolas especiais e fazer com que estas trabalhem em conjunto com as demais instituições de ensino na produção de gráficos táteis. O próprio professor disse que utiliza esse fluxo em Rio Grande, já que a

instituição onde atua como docente não possui uma impressora braille ou outras máquinas utilizadas na produção de gráficos táteis.

b) Professora de matemática IFRS Caxias do Sul

Esta professora iniciou sua experiência em educação inclusiva ao ingressar como docente em uma escola de ensino médio em Caxias do Sul, onde deu aula para um aluno cego. Segundo a professora, ainda sem experiência na época, este aluno era bem maduro e lhe explicou como utilizar a estrutura da escola e a abordagem didática para poder ensinar os conteúdos, aplicar provas e produzir os materiais instrucionais. Ao longo do período na escola, ela sempre teve ADV em suas classes. Como materiais instrucionais utilizava sólidos para geometria espacial, geoplano para geometria analítica e, somente quando deu aula de física, teve que criar uma caixinha e setas com massa de modelar para ensinar vetores. A professora seguiu seus estudos em mestrado e doutorado e depois ingressou no IFRS, onde novamente teve contato com ADV. Atualmente faz parte do Núcleo de Acessibilidade do IFRS Caxias do Sul, e coordena o Laboratório de Inclusão Matemática, onde produz projetos, pesquisas e materiais instrucionais para auxiliar na educação inclusiva.

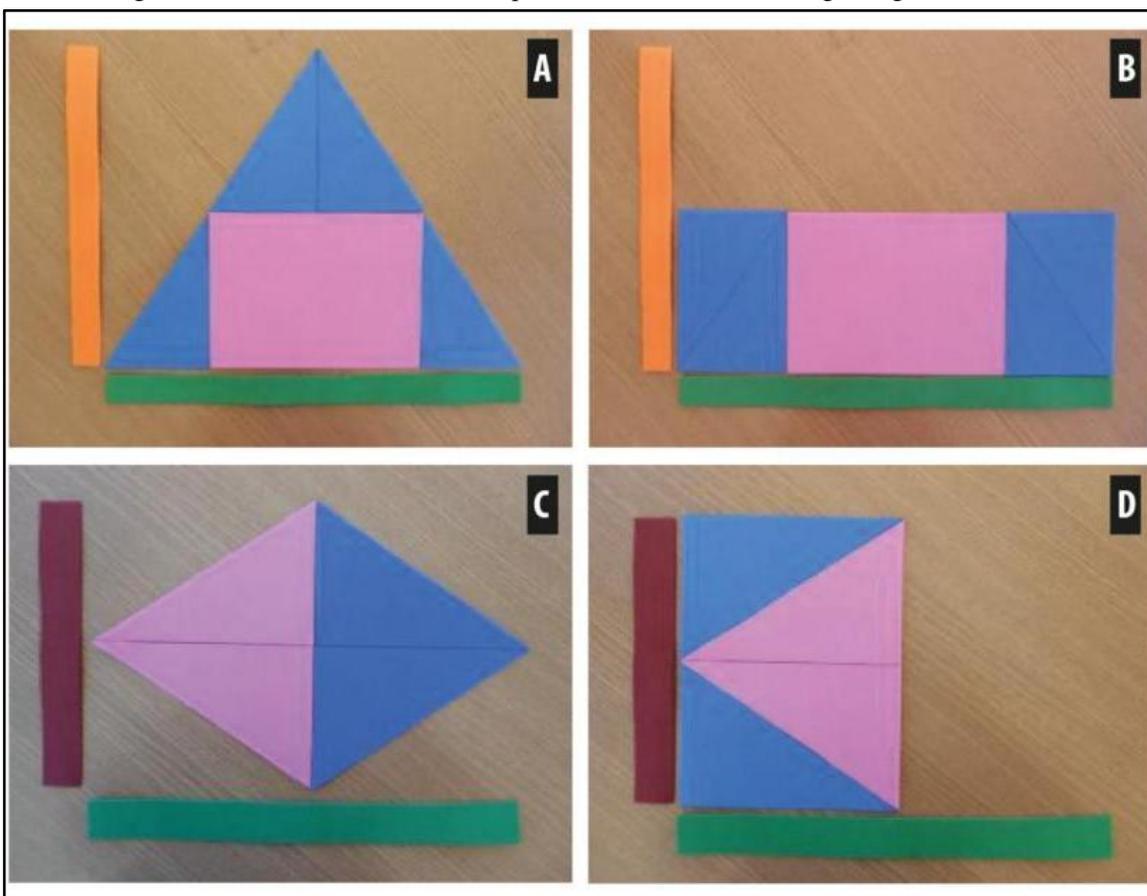
O Núcleo de Inclusão do campus Caxias do Sul possui uma estrutura mais enxuta em relação ao do campus Bento Gonçalves, bem como um funcionamento diferente considerando a demanda e produção de gráficos táteis. O Núcleo de Acessibilidade não tem servidores contratados especificamente para as funções, nem maquinário dedicado para produzir os materiais táteis; os funcionários trabalham voluntariamente e diferentes laboratórios são utilizados para produzir os materiais.

A demanda por materiais surge normalmente a partir de uma necessidade de um professor de produzir materiais adaptados, e estes conversam informalmente sobre suas necessidades com outros professores e/ou integrantes do Núcleo de Acessibilidade, os quais, juntos, decidem sobre como produzir, onde produzir e quais materiais utilizar em sua confecção. Tudo é decidido e desenvolvido colaborativamente, com base nas experiências prévias dos envolvidos. A segunda maneira que gera a produção de materiais inclusivos e gráficos táteis é através da realização de pesquisas e de projetos. Os materiais gerados costumam ficar disponíveis nos laboratórios das diferentes áreas para uso comum no futuro. Outro destino possível dos materiais táteis é o Instituto da Audiovisão (INAV), parceiro do IFRS na inclusão e recuperação de PCDV.

Como os materiais produzidos costumam ser reutilizados pelos professores nas suas disciplinas para o ensino de conteúdos específicos, alguns materiais vêm acompanhados de roteiros ou guias de aplicação. Os roteiros orientam os professores sobre possibilidades instrucionais de aplicar os materiais em sala de aula. Segundo a professora, não existe regra para a criação dos guias, porém materiais mais complexos ou resultados de pesquisa científica e projetos tem maior chance de virem acompanhados desses guias.

O material apresentado na Figura 71 é um exemplo de sucesso de material instrucional tátil reutilizável usado no ensino do conteúdo de áreas de figuras geométricas. Este material é um gráfico em EVA, com peças modulares coloridas que, ao serem manipuladas e colocadas em determinadas disposições em relação às peças que servem como réguas, dão indicações espaciais sobre as fórmulas matemáticas. As Figura 71A e Figura 71B apresentam um triângulo e, o mesmo triângulo desconstruído em um retângulo, para demonstrar a fórmula da área do triângulo ($A = b.h/2$). As Figura 71C e Figura 71D apresentam um losango e, o mesmo desconstruído em um retângulo para demonstrar a fórmula de sua área ($A = D.d/2$).

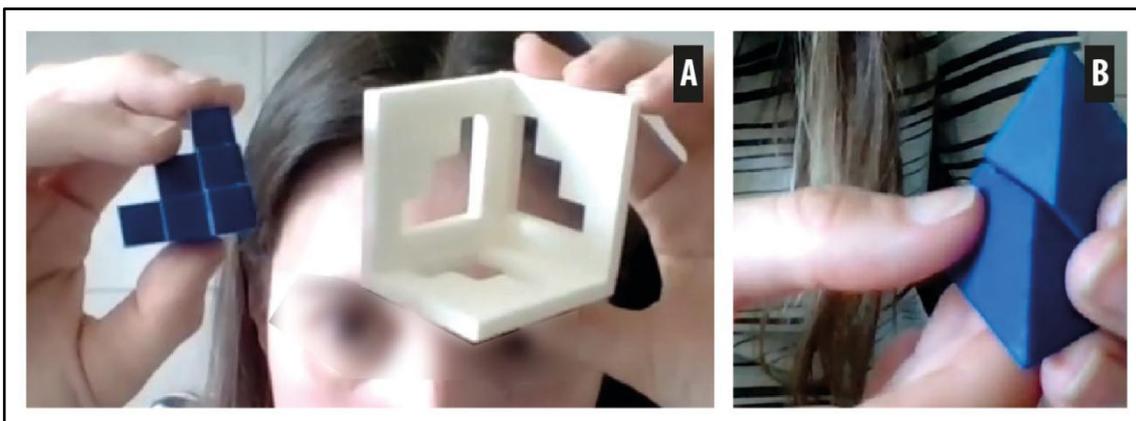
Figura 71 - Materiais instrucionais para o ensino de áreas de figuras geométricas.



Fonte: adaptado de SCOPEL *et al.* (2014).

A Figura 72 apresenta gráficos táteis produzidos mais recentemente pelo Laboratório de Inclusão Matemática. A Figura 72A apresenta um sólido geométrico acompanhado de um outro objeto representado suas projeções ortogonais. A Figura 72B apresenta um gráfico modular composto de 2 pirâmides que, ao serem encaixadas da maneira correta, formam uma terceira pirâmide. Este último gráfico vem acompanhado de um roteiro de uso, que explica ao professor como aplicá-lo instrucionalmente.

Figura 72 - Gráficos tridimensionais IFRS Caxias.



Fonte: o autor, com base em entrevista.

Os gráficos são sempre criados visando trazer o máximo de autonomia na exploração dos ADV. Porém ao usar em sala de aula, por tratar-se de um conteúdo novo, é comum o professor ou um monitor prestar auxílio ao ADV na exploração do gráfico. A melhor maneira de fazer isso é pegar a mão do aluno e guiar pelo gráfico enquanto o explica.

Esta professora trabalha sempre com gráficos que possam ser utilizados por ambos alunos cegos e com baixa visão. Dessa maneira, o contraste de cores é um elemento sempre explorado em seus gráficos. Segundo a professora, o aprendizado do braille é uma atividade custosa - às vezes se deixa a escola por 1 ano apenas para estudar e aprender a nova linguagem -, por esse motivo alunos com baixa visão acabam não aprendendo o braille. O material concreto auxilia todos os alunos, videntes e ADV.

Segundo a professora, gráficos em braille podem auxiliar alunos cegos em alguns conteúdos que utilizam gráficos de funções por exemplo, como trigonometria. Nesse sentido os gráficos braille cumprem a sua função, porém não funcionam tão bem para alunos com baixa visão, conforme foi explicado acima. Segundo a mesma, ela atende desde 2011 de 6 a 8 ADV por ano, em uma proporção de 7 alunos com baixa visão para 1 aluno cego.

Em relação à integração dos ADV nas atividades instrucionais, a professora relatou que teve experiências boas nesse sentido e afirma que os GIT auxiliam nesse processo de inclusão. Segundo ela, isto também depende muito do perfil do aluno. No seu caso, os alunos participaram de forma ativa, realizando atividades em grupo quando necessário, demonstrando proatividade ao pedir para outros alunos auxiliá-los em atividades e, se isolando de maneira saudável quando necessitavam se concentrar. Quando a deficiência visual também vem acompanhada de deficiência cognitiva, a integração pode ser dificultada por conta de o aluno poder ter problemas em acompanhar a turma.

A professora disse que trabalhar com a motivação do aluno em sala de aula é sempre um fator que gera interesse e pode agregar no aprendizado. Citou determinados exercícios em que dispõe a sala em formato não usual e que isto já é um diferencial que é percebido na

atuação dos alunos nas atividades. Segundo ela, os GIT sempre são objetos que atraem os alunos e colaboram para essa motivação.

Quando questionada sobre a qualidade dos GIT, a professora apontou as seguintes características: o GIT não pode ser maior do que as mãos dos alunos; o contraste de cores, sempre que possível, deve ser utilizado; explorar diferentes texturas, porém cuidar com texturas como lixas por exemplo; utilizar materiais duráveis, diferente de uma cola em relevo por exemplo que, com pouco uso, se desintegra; ter uma base estável.

Em relação à colaboração no processo de GIT, a professora relatou que é imprescindível o professor estar presente durante a conceituação e desenvolvimento do gráfico para um resultado de qualidade.

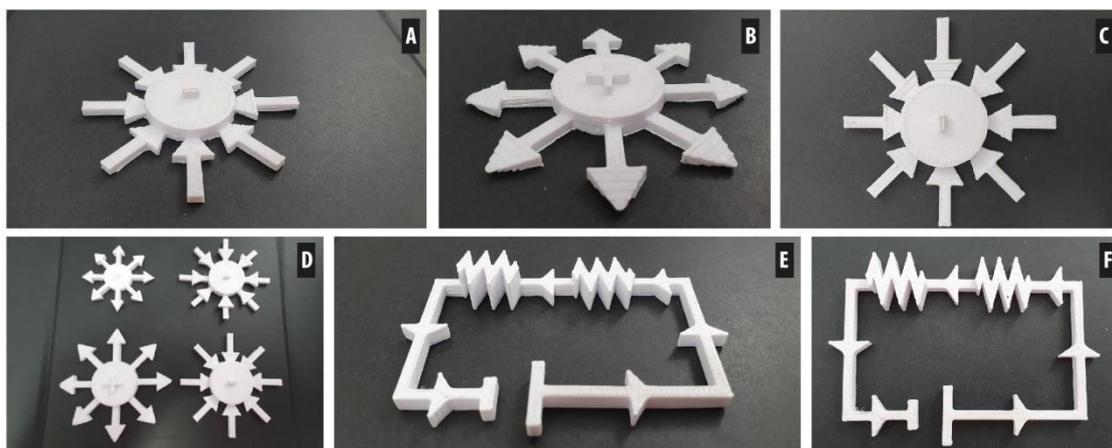
c) Professor de física IFRS Osório

O professor de física possui mestrado profissional e doutorado acadêmico e atualmente leciona na IFRS de Osório, além de ser professor colaborador na UFRGS, no Campus do litoral norte. Sua experiência com a educação inclusiva iniciou-se em 2019, quando teve 3 ADV, sendo 2 com baixa visão e 1 aluno cego. O professor relata que não teve nenhuma formação ou treinamento específico sobre inclusão, apenas apontou algumas ações realizadas pelo Núcleo de Atendimento às Pessoas com Necessidades Educacionais Específicas (NAPNE), tais como o fornecimento de orientações gerais e o fornecimento do PEI, que chega ao professor no início de cada semestre.

Em relação à demanda de gráficos, o professor solicitou a fabricação de dois GIT sobre circuitos elétricos (um circuito em série e um circuito em paralelo) e outro gráfico sobre campo elétrico para auxiliar o seu aluno cego. Entretanto, esta demanda não foi realizada através do meio convencional do NAPNE. O professor encomendou a produção para o laboratório do qual faz parte, que conta com alunos bolsistas e máquinas de fabricação digital, tais como impressora 3D e máquina de corte a laser. Os GIT foram produzidos por dois alunos segundo orientação inicial do professor que, posteriormente, realizou a revisão dos gráficos. A Figura 73A (p. 156), Figura 73B, Figura 73C e Figura 73D mostra GIT de campo elétrico, enquanto a Figura 73E e Figura 73F mostra um GIT de circuito elétrico.

O professor apontou alguns obstáculos que o levaram a solucionar a demanda por meios próprios e não através do Núcleo de Acessibilidade: o Campus de Osório da IFRS não lida com a fabricação de GIT e o Campus de Bento Gonçalves está muito distante; bem como, o grande volume de trabalho dos professores somado à burocracia necessária para criar os gráficos via núcleo de acessibilidade. Nesse sentido o professor complementou, considerando inclusive o modo independente que realizou a produção dos GIT, que quaisquer materiais que auxiliem o professor na produção, fornecendo orientações básicas sobre a criação de GIT já seria de grande auxílio.

Figura 73 - GIT para o ensino de física.



Fonte: Professor entrevistado.

Os GIT produzidos foram considerados de sucesso parcial, pois foram a primeira experiência do professor na produção e uso dos GIT em sala de aula e os mesmos facilitaram a dinâmica em sala de aula.

Quando questionado sobre a falta de GIT para ensinar outros conteúdos, ele apontou os seguintes: termodinâmica; ótica geométrica; campos elétricos; vetores; e a representação das peças de um motor. Segundo o professor, os conteúdos que mais necessitam de GIT são aqueles nos quais a representação visual é tão importante ou mais importante do que a representação verbal. Por exemplo, no conhecimento sobre circuitos elétricos a representação do esquema de circuitos elétricos é parte do conhecimento esperado do aluno - ele deve saber interpretar o que está representado, e também representar o conhecimento em um esquema apropriado. Outros materiais necessários também são os materiais de apoio utilizados como guias para as práticas de laboratório, tais como uma representação de um painel tátil simulado sobre um painel de circuitos elétricos. Esses tipos de materiais trariam maior autonomia ao ADV nas atividades de laboratório.

Segundo o professor, os ADV atingiram autonomia parcial na exploração dos GIT que foram projetados. Esses alunos conseguiram identificar os componentes individuais dos gráficos. No entanto, como não havia etiquetas braille, a informação estava incompleta nos gráficos. Assim como os alunos normovisuais necessitam de uma explicação inicial no primeiro momento da transmissão do conteúdo, o professor fazia isso guiando a mão do ADV com a própria mão durante esta exploração inicial. O professor ressaltou que, como os alunos normovisuais desenham os conteúdos visuais como uma técnica para auxiliar na assimilação do conteúdo, seria interessante algum formato ou técnica que possibilitasse um efeito similar, como o uso de gráficos montáveis.

O uso de GIT em sala de aula ocorreu mais durante as atividades expositivas. Quanto à integração do aluno cego com os demais alunos durante as atividades, o professor relatou que esse aluno era acima da média, tendo autonomia, facilidade de integração e

responsabilidade. Durante a realização de exercícios em grupo, os GIT nem sempre eram os materiais preferidos. Muitas vezes acontecia de os alunos normovisuais utilizarem o próprio gráfico impresso sem relevo, e guiavam o ADV na exploração deste mesmo gráfico. Mais uma vez o professor ressaltou que algum tipo de gráfico montável ou interativo poderia ajudar neste tipo de atividade.

Quando questionado sobre o que é um GIT de qualidade, o professor indicou os seguintes aspectos: i) gráficos que consideram a maneira que os alunos aprendem; ii) gráficos táteis que representam o que é realmente relevante e fundamental sobre o conteúdo a ser adaptado; iii) gráficos que proporcionem o maior grau de autonomia ao ADV.

Para melhorar os GIT desenvolvidos, o professor relatou que adicionaria legendas em braille e reavaliaria o conteúdo que foi representado no GIT. Outra possibilidade seria a de criar audiodescrição para os gráficos táteis e também gráficos impressos; segundo o professor, eles desenvolveram uma caneta em seu laboratório que interagia com as propriedades visuais dos gráficos, como forma e cor, e podia reproduzir áudios a partir da identificação destas.

4.1.6 DISCUSSÃO E *INSIGHTS* A PARTIR DO CONHECIMENTO DO CONTEXTO DE PROJETO.

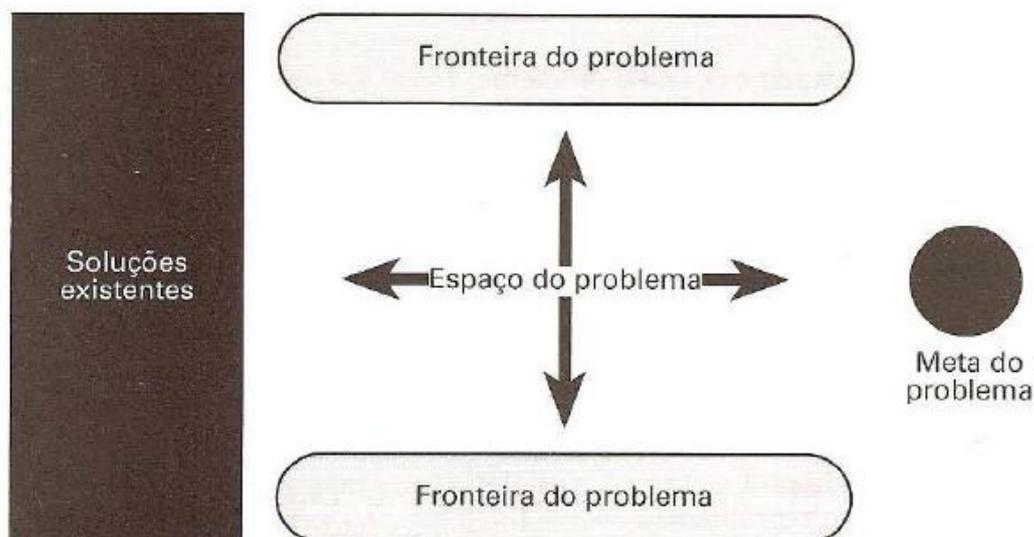
Neste tópico se discute sobre o contexto de projeto, incluindo também o papel dos professores que produzem e utilizam os GIT em sala de aula com os ADV. A partir desta discussão é possível obter *insights* sobre o cenário de projeto, tendo em vista o contexto multifacetado no qual se inserem as equipes de projeto dos Núcleos de Acessibilidades das IFES.

Os problemas observados e descritos na contextualização desta pesquisa estavam mais diretamente relacionados ao contexto do Incluir/UFRGS, tendo-se ainda pouco conhecimento sobre a relação dos professores com o Núcleo (ver item 1.1). As pesquisas de campo desenvolvidas neste capítulo possibilitaram obter uma visão geral sobre o contexto de projeto, o que possibilita estabelecer um *framework* adaptado a esse contexto. A discussão a seguir aponta às possibilidades e limitações que delimitam o escopo do *framework* e auxiliam na sua implementação bem-sucedida.

Para auxiliar nesta discussão, utiliza-se o mapa do problema de Baxter (2000), caracterizado pelo espaço entre as soluções existentes e a meta estabelecida para o problema, considerando suas fronteiras e limitações (Figura 74, p. 158). Esse espaço pode variar de acordo com as fronteiras estabelecidas e a meta pretendida - um simples redesenho de produto tem fronteiras e meta mais estreitas do que um produto inovador. As fronteiras tratam sobre os limites de aceitabilidade das propostas, determinando o nível de profundidade na busca de soluções. Questionamentos sobre aspectos do problema

auxiliam a definir essas fronteiras, tais como: até que ponto os processos atuais podem ser substituídos? Ou o quão disposta a equipe está em aceitar novas ferramentas? As fronteiras, por fim, possibilitam estabelecer os critérios para aceitação da solução (BAXTER, 2000).

Figura 74 - Definição do espaço do problema.



Fonte: Baxter (2000,p. 59).

Ao considerar o mapa do problema no contexto desta pesquisa, as soluções existentes são os processos projetuais que orientam as equipes dos núcleos de acessibilidade no desenvolvimento dos GIT, conforme já apresentados nos itens 4.1.1 e 4.1.2. Para conhecer melhor as fronteiras do problema, a seguir discutem-se questões relacionadas à estrutura física e tecnológica, à equipe de projeto, e aos processos internos às IFEs.

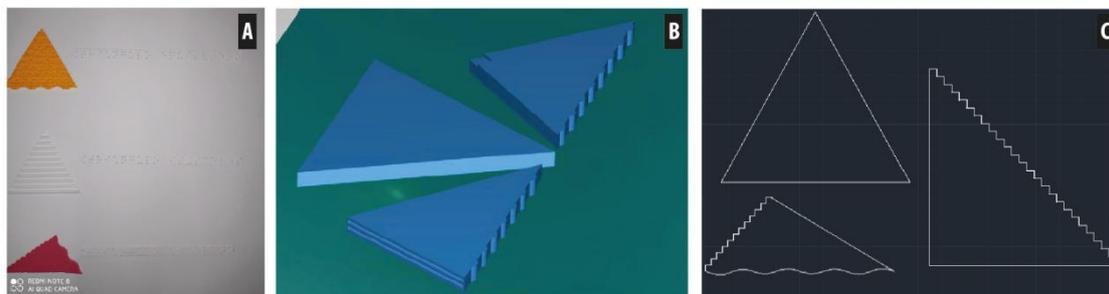
Questão 1) Até que ponto o framework deve favorecer a fabricação digital e como ele irá considerar Núcleos de Acessibilidade com diferentes estruturas de maquinário?

Foram observadas diferenças em relação às estruturas física e tecnológica dos núcleos pesquisados - o CTA é mais completo em relação a espaço físico, ferramentas e máquinas disponíveis; o Incluir possui uma estrutura física mais precária e as únicas máquinas disponíveis no núcleo são a impressora braille e a termofusora. Para utilizar outras máquinas de fabricação digital como impressora 3D e máquina de corte a laser, a equipe do Incluir faz parcerias eventuais com outros laboratórios da UFRGS, conforme visto em Brendler *et al.* (2014) (ver item 1.1).

Por um lado observa-se uma tendência para o aumento da produção de GIT via meios de fabricação digital em relação aos GIT artesanais. Gráficos que anteriormente eram produzidos de maneira totalmente artesanal foram substituídos por gráficos fabricados digitalmente (ver mapa do campus do IFRS na Figura 67). Pesquisas recentes do CTA também consideram alternativas de fabricação digital, além dos métodos artesanais, a fim

de mostrar as diferentes possibilidades no desenvolvimento de GIT; A Figura 75 apresenta a classificação de triângulos quanto aos lados em método artesanal e modelos para a impressão 3D e para o corte a laser (SILVEIRA *et al.*, 2020).

Figura 75 - GIT de lados do triângulo



Fonte: adaptado de Silveira *et al.* (2020).

A pesquisa de campo realizada com os professores, também apontou para esta tendência (ver item 4.1.5): GIT são produzidos a partir de parcerias entre professores e laboratórios que contém máquinas de fabricação digital; a impressão 3D vem sendo utilizada na produção de GIT para uso em sala de aula e em projetos de pesquisa; laboratórios de pesquisa estão sendo equipados com máquinas de fabricação digital.

Por outro lado, núcleos como o Incluir ainda produzem a maior parte dos GIT utilizando figura braille e métodos artesanais. No caso do Incluir a termofusora é um método pouco utilizado devido ao custo do papel microcapsulado e das limitações técnicas do GIT resultante. O fato de o Incluir não possuir as impressoras 3D, de corte a laser, e termoformadora dificulta a produção de GIT via fabricação digital. Porém, também consideram-se questões como o acesso aos laboratórios da instituição, o fato de que cada vez mais as impressoras 3D estão mais acessíveis, e de que projetos de construção de máquinas de baixo-custo tornam-se possíveis, conforme mostra o projeto de Salton *et al.* (2020), ao construírem uma termoformadora na oficina do CTA (Figura 76, p. 160).

Embora o Incluir não possua o maquinário completo, o núcleo ainda possui acesso a laboratórios que contém um maquinário mais preparado para a fabricação digital. Os preços mais competitivos de impressoras 3D e a existência de projetos de fabricação de termoformadora de baixo custo trazem possibilidades de melhorias na estrutura tecnológica do Incluir. O CTA, em consideração à sua estrutura física e tecnológica mais completa, é visto como o cenário ideal para esta pesquisa, estando assim pronto para implementar o *framework* em desenvolvimento. Nesse sentido, o *framework* é desenvolvido para o cenário encontrado no CTA, porém consideram-se possibilidades para casos como o do Incluir.

Figura 76 - Termoformadora de baixo custo.



Fonte: Salton *et al.* (2020, p. 63).

Questão 2) O quão especializada e completa é a equipe de projeto, considerando as funções específicas realizadas?

A resposta a esta questão auxilia a caracterizar a equipe de projeto em relação ao número de pessoas e ao nível de especialização dos seus membros. Assim é possível ser mais assertivo ao selecionar os métodos e ferramentas projetuais e determinar aspectos do formato do *framework*, como o estilo da linguagem usado na comunicação do *framework*.

As equipes de projeto dos núcleos pesquisados são compostas de aproximadamente 5 membros que cumprem múltiplas funções. No caso do CTA, os mesmos 5 membros participam dos diferentes projetos e, no caso de haver necessidade de operar máquinas, operadores especializados são acionados. Três membros da equipe são professores e os dois revisores táteis são funcionários do núcleo. Os membros da equipe de projeto vão alternando em pares ou trios trabalhando nas distintas fases do projeto.

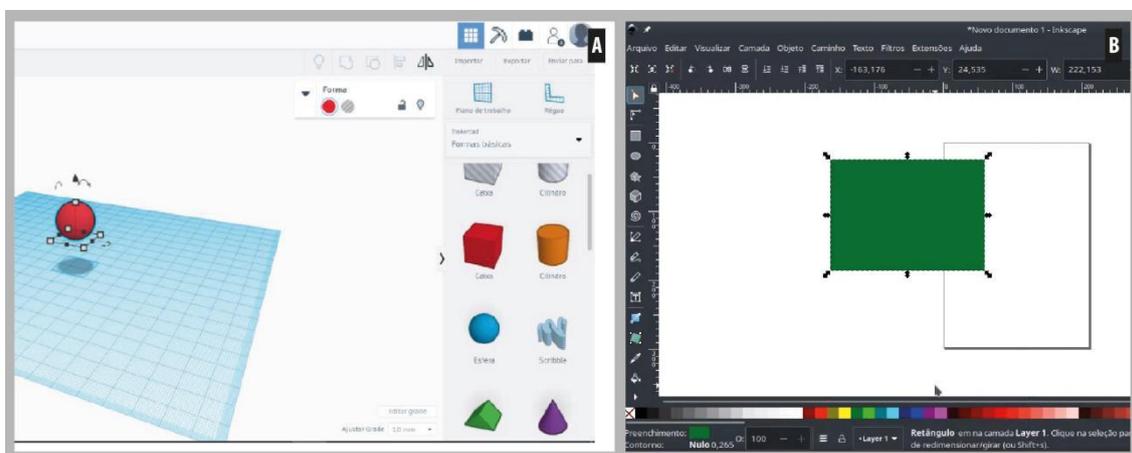
No Incluir a equipe segue a mesma lógica com um pouco mais de flexibilidade - 4 pessoas formam a base da equipe; um especialista de conteúdo é adicionado de acordo com o conteúdo trabalhado; uma designer pode ser solicitada de acordo com a necessidade; operadores de máquinas de outros laboratórios tem contato com a equipe no caso de parcerias na produção de GIT.

Em relação à operação de softwares durante o projeto dos gráficos, o CTA utiliza o Autocad para a máquina de corte à laser e softwares nativos à impressora 3D no uso deste método. O Incluir utiliza o Monet para a produção de gráficos braille e, como possui um bolsista designer, tem a possibilidade de utilizar softwares gráficos para a produção de vetores para a máquina de corte à laser.

Em relação às ferramentas de gestão e comunicação do projeto, já foi mencionando o uso de ferramentas gratuitas e mais modernas pelo CTA, o que não verificou-se no Incluir. Entretanto, assume-se que núcleos como o Incluir irão aderir a estas ferramentas na medida em que a comunicação *online* via *chats* e videoconferências, bem como, a necessidade de organizar os projetos de maneira remota se tornam mais evidentes.

Também observa-se que existem opções de softwares com licença de uso gratuita que podem ser utilizados, inclusive de forma colaborativa. Um exemplo disso é o Tinkercard (Figura 77A), uma ferramenta da Autodesk com banco de dados colaborativo com licença Creative Commons e que pode ser utilizada para desenvolver projetos fabricados na impressora 3D e máquina de corte a laser. Outra opção ao Adobe Illustrator no projeto gráfico vetorial é o Inkscape (Figura 77B), um software de código aberto desenvolvido por uma equipe de contribuidores e que também fomenta a comunidade de aprendizado colaborativa.

Figura 77 - Softwares alternativos para o projeto de GIT.



Fonte: Autodesk, Inkscape.

Considerando que as equipes de projeto são heterogêneas, contendo professores, funcionários, bolsistas e podendo vir a recrutar operadores de máquinas, entende-se que tanto a estrutura do *framework* como a linguagem utilizada na comunicação das etapas e ferramentas devem ser simples e acessíveis, sem perder o nível de detalhamento necessário para a sua aplicação correta.

Q3) *Quais atividades, fases ou etapas específicas do processo projetual devem-se prestar mais atenção?*

Neste caso, podem-se trazer aquelas etapas e atividades consideradas críticas por ambos os núcleos pesquisados, como: a análise do conteúdo e do perfil do aluno; o planejamento, que inclui a definição de prazos, equipe e métodos de produção; e a revisão do GIT.

Uma outra questão que merece atenção na formulação do *framework* e que está relacionada às etapas de análise do conteúdo e geração de ideias é a simplificação do conteúdo do gráfico. Ambas equipes se surpreenderam ao serem apresentadas aos GIT simplificados nos exemplos de Erikson (2003) e BANA (2010). O grande desafio da simplificação é transmitir a essência do conteúdo, o qual muitas vezes no caso de gráficos bidimensionais complexos, deve ser simplificado e, inclusive, reduzido. Portanto, esta é uma questão que merece ser enfatizada já que, conforme a equipe do Incluir, uma cópia fiel do conteúdo original é o que se almeja durante a geração de ideias e durante a verificação da qualidade do gráfico.

Atividades como a determinação dos objetivos do gráfico e a definição das tarefas dos usuários, foram identificadas na literatura como figurando entre os principais desafios e habilidades necessários no projeto de GIT. No entanto, essas duas questões não estão explicitadas nos processos de ambas as equipes, sendo tratadas de maneira implícita. O que ocorre é que ambas as equipes utilizam processos de Design Centrado no Usuário (DCU) para tratar dessas questões: a consulta aos professores verifica o alinhamento dos objetivos dos gráficos; e a consulta aos usuários finais ou aos revisores PCDV durante o processo verifica se as tarefas dos usuários estão sendo atingidas. Nesse sentido, pode-se considerar que estas questões já estão sendo ponderadas e é proveitoso continuar utilizando a mesma estrutura de DCU, que é um dos princípios nos quais se fundamenta o *framework* em proposição.

Q4) O quanto é possível influenciar positivamente em desafios relacionados às logísticas internas e às estruturas das IFES, tais como prazos, documentos orientadores e cultura da equipe?

Este questionamento serve especialmente para definir os limites do *framework* em consideração às variações nas estruturas das IFES e suas especificidades. Uma das questões mais importantes, apontada como aspecto negativo recorrente nos projetos de GIT, são as demandas urgentes com prazos apertados, o que acaba colocando a equipe em uma situação de tensão, com tempo reduzido para o desenvolvimento do trabalho. Entende-se que essas demandas urgentes são resultado de uma cultura organizacional e só poderiam ser minimizadas com ações de conscientização neste nível. Portanto, a solução dessa questão extrapola o escopo do *framework*, ficando a cargo das IFES.

O *framework* é formulado considerando uma situação de projeto ideal, em que os prazos são estabelecidos de maneira realista levando em conta a execução de todas as etapas e atividades necessárias para o desenvolvimento de um gráfico de qualidade. Entretanto,

considerando que essas demandas urgentes continuarão acontecendo até que sejam solucionadas, o *framework* deve abordar este ponto de alguma maneira.

Outra questão observada, principalmente através das pesquisas com os professores de ADV, foi a descentralização na produção de GIT em relação aos Núcleos de Acessibilidade. Segundo alguns professores, o nível de burocracia envolvido na produção de GIT, as distâncias físicas dos Núcleos de Acessibilidade, bem como, o aumento ao acesso de ferramentas como impressoras 3D, os levam a fabricar os GIT que utilizam em sala de aula por conta própria. Além disso, percebeu-se que muitas vezes os professores possuem pouco conhecimento sobre o que os núcleos podem fazer para auxiliá-los em sua atividade instrucional. Relatos como - o núcleo nos deu uma palestra orientando sobre como deveríamos agir e quais materiais poderíamos utilizar - são comuns. Dessa maneira, constata-se que existe uma lacuna na comunicação dos Núcleos com os professores e algumas barreiras físicas de logísticas podem estar dificultando o desenvolvimento de GIT pelos Núcleos. Também entende-se que estas são questões de cunho organizacional que fogem do escopo de atuação do *framework*.

Ambos os Núcleos possuem documentos que sintetizam o perfil do aluno a fim de auxiliar no projeto de GIT - o PEI, no caso do IFRS e o Leiamé, para o Incluir. O PEI traz capacidades, limitações, interesses e preferências, histórico anterior e durante sua atuação na IFRS (Anexo D). O Leiamé trata mais de diretrizes específicas como o tamanho de fontes e decisões de leiaute sobre tamanho de tabelas e o que considerar ou não considerar em gráficos (Anexo E). O PEI é um documento mais completo, organizado e focado no aluno, trazendo inclusive aspectos da vida do aluno como contexto familiar e interesses pessoais. O Leiamé é mais pontual, menos estruturado e, embora traga questões relevantes do aluno, foca em aspectos específicos para o projeto dos materiais instrucionais.

Ao avaliar ambos os documentos orientadores, por um lado, entende-se que um documento como o PEI traz uma visão geral mais relevante ao projetista, já que fornece mais informações sobre o aluno e sobre o que funciona e não funciona com determinado aluno. Isso deve-se também ao fato de que as logísticas internas do CTA e do Incluir são diferentes, pois o CTA atende a campus de todo o estado do RS, inclusive, de fora do estado. Assim, o mesmo deve ser capaz de desenvolver os materiais sem a presença do aluno e um documento completo é capaz cumprir boa parte desta carência. Por outro lado, o Incluir utiliza um documento mais simples em consideração à totalidade do aluno, porém supre esta carência a partir do contato direto com o aluno, que ocorre no início do projeto e que pode acontecer no meio e no final do projeto.

Entende-se que estes documentos e decisões são tomados em nível institucional e também servem para o desenvolvimento de projetos e o acompanhamento de alunos com outros tipos de deficiência. Assim, também está fora do escopo do *framework* interferir nestes documentos. O que pode ser feito é tentar organizar a informação ali contida para que seja utilizada no projeto dos GIT.

A última questão que deve-se tratar é em relação à cultura das equipes de projeto, o que influencia em aspectos como o uso de métodos, ferramentas e tecnologias durante o processo projetual. Percebeu-se que a equipe do CTA tem uma visão mais clara do seu processo projetual, pois foi capaz de explicitar de maneira objetiva todo o fluxo de tarefas e atividades que ocorre durante o processo. Também constatou-se que esta equipe é mais avançada em relação ao uso de tecnologias de fabricação, comunicação e gestão do processo. Isso deve-se em parte à estrutura tecnológica deste Núcleo ser mais desenvolvida e também pelo fato de que os integrantes desta equipe são majoritariamente professores envolvidos com pesquisas e projetos acadêmicos. O Incluir, naturalmente compreende seu processo de desenvolvimento, porém tem menos experiência do que o CTA no desenvolvimento de GIT, e seus recursos humanos também diferem - na maior parte são bolsistas e funcionários contratados pelo o Núcleo. O fato de todos trabalharem em uma mesma sala facilita a sua comunicação pessoal, o que pode minimizar a necessidade de ferramentas de gestão e comunicação mais avançadas.

Não é intuito desta discussão apontar qual equipe é melhor ou pior, e sim, apontar que existem diferenças nas configurações das equipes de projeto que devem ser consideradas na formulação e implementação do *framework*. A equipe do CTA, por exemplo, mostrou-se mais aberta à implementação das ferramentas apresentadas nos grupos focais, conforme pode ser visto no item 4.1.3. Assim, infere-se que equipes que já estão acostumadas a trabalhar mais com pesquisas e tecnologias mais avançadas estão mais abertas ao uso de novas ferramentas. Mesmo assim, entende-se que alguns fatores contextuais influenciam também no uso de novas tecnologias e devem ser considerados no desenvolvimento do *framework*.

4.1.7 ESTABELECIMENTO DE CRITÉRIOS PARA A ELABORAÇÃO DO *FRAMEWORK*

Como resultado desta primeira fase metodológica são apresentados os critérios que auxiliam na elaboração do *framework*. Da mesma maneira que a sistematização do *framework* compreende as etapas de seleção de métodos, técnicas e ferramentas, assim como a definição da estrutura e formato do *framework*, os critérios levam em consideração esses mesmos aspectos. A seguir, apresentam-se os tipos de critérios, suas funções e as questões-chave, que servem para nortear a sua formulação:

- **Critérios de seleção:** selecionar os métodos, técnicas e ferramentas projetuais que devem fazer parte do *framework*. Estes critérios devem responder à seguinte questão-chave: *Quais características os métodos, técnicas e ferramentas devem ter para auxiliar a equipe a realizar as atividades projetuais?*
- **Critérios de estrutura:** auxiliam a definir a estrutura do *framework*, considerando as diferentes fases, etapas e atividades do processo projetual. Estes critérios respondem à

seguinte questão-chave: *Quais características deve ter a estrutura do framework, considerando suas principais fases e atividades, para auxiliar no projeto de GIT?*

- **Crítérios de formato:** auxiliam a definir o formato do *framework*, considerando sua apresentação visual, física e digital. A questão-chave a ser respondida é: *Quais são as características desejáveis para que o formato do framework auxilie na execução do processo projetual?*

A elaboração dos critérios foi desenvolvida em 3 etapas: i) levantamento; ii) análise; iii) e síntese. Durante o levantamento, buscou-se responder às questões-chave através de *insights* obtidos na revisão de literatura e nos resultados obtidos com a realização dos grupos focais, entrevistas e as análises e discussões. Os *insights*, apresentados na forma de extratos de textos, forneceram a base para a formulação de critérios preliminares. A etapa de levantamento está sintetizada no Quadro 14. As etapas posteriores envolvem a análise e processamento dos critérios preliminares, a fim de simplificá-los em uma lista organizada e prática. A etapa de síntese apresenta os resultados.

Quadro 14 - Estabelecimento de critérios para o framework (continua).

Tipo de critério e Questões-chave	Insights	Crítérios
<p>Crítérios de Seleção</p> <p>Quais características os métodos, técnicas e ferramentas devem ter para auxiliar a equipe a realizar as atividades projetuais?</p>	<p>O processo deve incluir ferramentas ou métodos de gestão da qualidade como o uso de diretrizes de projeto; utilização de <i>templates</i>, especialmente estilos de linha, padrões de preenchimento, etc; bem como, a possibilidade de verificar, modificar e anotar o gráfico desenvolvido por revisores com e sem deficiência visual. Prescher, Bornschein e Weber (2014). (p. 84)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tornam o processo mais ágil; - Diminuem a chance de erros; - Facilitam o processo de revisão; - Fornecem opções pré-definidas para os designers escolherem em vez de criarem do zero;
	<p>Algumas variáveis presentes no processo de projeto de GT trazem desafios para o desenvolvimento desses gráficos: a diversidade do grupo de usuários; as tecnologias envolvidas na utilização e produção dos gráficos; e a amplitude de tarefas a serem realizadas. Nesse sentido, os projetistas devem ser precisos ao adequarem a solução resultante aos requisitos do usuário, tendo em mente que cada combinação particular entre tarefas, usuários e tecnologias exigirá uma solução diferente (O'MODHRAIN <i>et al.</i>, 2015). (p. 85)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Consideram o uso de diferentes tecnologias de produção; (aqui em relação ao conjunto, não a uma ferramenta)

Quadro 14 - Estabelecimento de critérios para o framework (continuação).

Tipo de critério e Questões-chave	Insights	Critérios
	<p>Principais desafios identificados por diversos autores :</p> <p>Pesquisa com usuários: identificar necessidades dos usuários específicos ou mesmo considerando atender a um grupo variado de usuários PCDV; identificar as tarefas dos usuários na interação com o GIT;</p> <p>Criação do gráfico tátil: decisões sobre adaptar o gráfico original para uma versão tátil ou somente descrevê-lo; decisões sobre os métodos de produção utilizados; decisões sobre segmentar o gráfico tátil em um ou mais gráficos; decisões sobre a inclusão/exclusão de conteúdos durante o processo de simplificação do gráfico tátil; a edição do gráfico, envolvendo questões como o uso de ferramentas gráficas, e a adaptação de formas e cores para relevos e texturas; a aplicação das diretrizes de projeto; a verificação da qualidade do gráfico criado;</p> <p>Produção: a produção de protótipos e gráficos finalizados que envolvem questões como a facilidade e o tempo de operação das máquinas, e necessidades de pós-produção como montagem e acabamentos. (p. 85)</p>	<p>- Auxiliam a realizar os principais desafios de projeto, tais como identificar necessidades do usuário; decisão sobre adaptar o gráfico e escolha de métodos de produção; simplificação e edição gráfico; segmentação; aplicação de diretrizes; verificação da qualidade; produção e pós-produção.</p> <p>- É uma ferramenta prática que auxilia a equipe na tomada de decisões (padrões, estilos de linha).</p>
	<p>Bons métodos possibilitam que os indivíduos aprendam ou desempenhem uma determinada atividade ou atinjam objetivos mais eficaz e eficientemente do que sem os mesmos. Considerando o design como uma atividade humana com o propósito de mudar situações existentes em situações preferíveis (SIMON, 1981). (p. 92)</p>	<p>- Auxiliam a atingir objetivos e realizar atividades projetuais com maior eficiência ou eficácia.</p>
	<p>Foram observadas diferenças em relação às estruturas física e tecnológica dos núcleos pesquisados - o CTA é mais completo em relação a espaço físico, ferramentas e máquinas disponíveis; o Incluir possui uma estrutura física mais precária e as únicas máquinas disponíveis no núcleo são a impressora braille e a termofusora. Para utilizar outras máquinas de fabricação digital como impressora 3D e máquina de corte a laser, a equipe do Incluir faz parcerias eventuais com outros laboratórios da UFRGS, conforme visto em Brendler <i>et al.</i> (2014) (ver item 1.1). (p. 37)</p>	<p>- considera diferentes estruturas tecnológicas e métodos de produção.</p>

Quadro 14 - Estabelecimento de critérios para o framework (continuação).

Tipo de critério e Questões-chave	Insights	Critérios
	<p>Em relação à operação de softwares durante o projeto dos gráficos, o CTA utiliza o Autocad para a máquina de corte à laser e softwares nativos à impressora 3D no uso deste método. O Incluir utiliza o Monet para a produção de gráficos braille e, como possui um bolsista designer, tem a possibilidade de utilizar softwares gráficos para a produção de vetores para a máquina de corte à laser.</p> <p>...</p> <p>Também observa-se que existem opções de softwares com licença de uso gratuita que podem ser utilizados, inclusive de forma colaborativa. Um exemplo disso é o Tinkercard (Figura 76A), uma ferramenta da Autodesk com banco de dados colaborativo com licença Creative Commons e que pode ser utilizada para desenvolver projetos fabricados na impressora 3D e máquina de corte a laser. Outra opção ao Adobe Illustrator no projeto gráfico vetorial é o Inkscape (Figura 76B), um software de código aberto desenvolvido por uma equipe de contribuidores e que também fomenta a comunidade de aprendizado colaborativa. (p. 163)</p>	<p>- deve considerar o uso de diferentes aplicativos e softwares para criação de projetos e operação de máquinas.</p>
	<p>Neste caso, podem-se trazer aquelas etapas e atividades consideradas críticas por ambos os núcleos pesquisados, como: a análise do conteúdo e do perfil do aluno; o planejamento, que inclui a definição de prazos, equipe e métodos de produção; e a revisão do GIT. Uma outra questão que merece atenção na formulação do <i>framework</i> e que está relacionada às etapas de análise do conteúdo e geração de ideias é a simplificação do conteúdo do gráfico. Ambas equipes se surpreenderam ao serem apresentadas aos GIT simplificados nos exemplos de Erikson (2003) e BANA (2010). O grande desafio da simplificação é transmitir a essência do conteúdo, o qual muitas vezes no caso de gráficos bidimensionais complexos, deve ser simplificado e, inclusive, reduzido. Portanto, esta é uma questão que merece ser enfatizada já que, conforme a equipe do Incluir, uma cópia fiel do conteúdo original é o que se almeja durante a geração de ideias e durante a verificação da qualidade do gráfico. (p. 136)</p>	<p>- auxilie na análise do conteúdo e do perfil do aluno.</p> <p>- auxilie no planejamento do gráfico e processo.</p> <p>- auxilie na revisão no gráfico.</p> <p>- auxilie no processo de simplificação do gráfico.</p>

Quadro 14 - Estabelecimento de critérios para o framework (continuação).

Tipo de critério e Questões-chave	Insights	Critérios
	<p>Ambos os Núcleos possuem documentos que sintetizam o perfil do aluno a fim de auxiliar no projeto de GIT - o PEI, no caso do IFRS e o Leiname, para o Incluir. O PEI traz capacidades, limitações, interesses e preferências, histórico anterior e durante sua atuação na IFRS (Anexo D). O Leiname trata mais de diretrizes específicas como o tamanho de fontes e decisões de leiaute sobre tamanho de tabelas e o que incluir ou não incluir em gráficos (Anexo E). O PEI é um documento mais completo, organizado e focado no aluno, trazendo inclusive aspectos da vida do aluno como contexto familiar e interesses pessoais. O Leiname é mais pontual, menos estruturado e, embora traga questões relevantes do aluno, foca em aspectos específicos para o projeto dos materiais instrucionais. (p. 135)</p>	<p>- organizar as necessidades identificadas do ADV.</p>
<p>Critérios de estrutura</p> <p>Quais características deve ter a estrutura do <i>framework</i>, considerando suas principais fases e atividades, para auxiliar no projeto de GIT?</p>	<p>Considerando uma integração efetiva com os fluxos de trabalho existentes na criação de GT, Prescher, Bornschein e Weber (2014) sintetizaram um modelo de processo projetual de 10 etapas que dá conta de todas as atividades necessárias no desenvolvimento. (p. 84)</p> <p>Visando a produtividade e o alto desempenho do processo, é fundamental que o projeto seja desenvolvido dentro de um processo predeterminado, ou seja, de maneira sistematizada. Um processo sistematizado também proporciona outros benefícios: é possível controlar a qualidade de todo o sistema, se as mudanças ao longo do processo forem planejadas, monitoradas e controladas; este tipo de processo facilita a capacitação de membros da equipe de projeto (BACK <i>et al.</i>, 2008). De maneira similar, Howard, Culley e Dekoninck (2008) também concordam que o uso de modelos de processo mais lineares são eficazes para ensinar designers novatos e para gerenciar o processo de design, através da construção de procedimentos de verificação entre as fases do projeto – gates. (p. 100)</p> <p>Considerando que as equipes de projeto contém professores, funcionários dos núcleos, bolsistas e colaboram com operadores de máquinas, entende-se que a estrutura do <i>framework</i> e a linguagem utilizada devem ser simples e acessíveis, sem perder o nível de detalhamento necessário para a sua aplicação correta. (p. 163)</p>	<p>- levar em conta a realização de todas as atividades do processo de GIT, incluindo as logísticas internas das IFES</p> <p>- estrutura sistematizada, que facilite o aprendizado e aplicação do processo.</p> <p><i>Como?</i></p> <p><i>(com uso de estratégias mnemônicas; de nomes significativos; representativos dos desafios)</i></p> <p>- ser simples e acessível, considerando a heterogeneidade das equipes.</p>

Quadro 14 - Estabelecimento de critérios para o framework (continuação).

Tipo de critério e Questões-chave	Insights	Critérios
	<p>Uma das questões mais importantes, apontada como aspecto negativo recorrente nos projetos de GIT, são as demandas urgentes com prazos apertados, o que acaba colocando a equipe em uma situação de tensão, com tempo reduzido para o desenvolvimento do trabalho. Entende-se que essas demandas urgentes são resultado de uma cultura organizacional e só poderiam ser minimizadas com ações de conscientização neste nível. Portanto, a solução dessa questão extrapola o escopo do <i>framework</i>, ficando a cargo das IFES.</p> <p>O <i>framework</i> é formulado considerando uma situação de projeto ideal, em que os prazos são estabelecidos de maneira realista levando em conta a execução de todas as etapas e atividades necessárias para o desenvolvimento de um gráfico de qualidade. Entretanto, considerando que essas demandas urgentes continuarão acontecendo até que sejam solucionadas, o <i>framework</i> deve abordar este ponto de alguma maneira. (p. 164)</p>	<p>- considerar estrutura para demandas urgentes.</p>
<p>Critérios de Formato</p> <p>Quais são as características desejáveis para que o formato do <i>framework</i> auxilie na execução do processo projetual?</p>	<p>O uso de um processo de projeto sistematizado é uma estratégia utilizada para atingir eficiência e eficácia durante o desenvolvimento de produtos. Através de sua estruturação, conhecimentos, métodos e ferramentas incorporados, o mesmo organiza e auxilia a equipe projetual a saber o que fazer, para quem fazer, quando fazer, com que fazer e como fazer (BACK <i>et al.</i>, 2008). Frascara (2004) adiciona que as metodologias devem ser vistas não como rotinas a serem seguidas mecanicamente, mas sim como propostas para auxiliar a resolver uma variedade de problemas. São direcionadas a diminuir o tempo investido no processo projetual e gerar soluções mais eficientes e eficazes. (p. 100)</p>	<p>- conter formatos de apresentação que possibilitem compreender o processo como um todo, assim como, os seus detalhes e especificidades.</p> <p>- dar suporte à aplicação das atividades e ferramentas de apoio através de recursos físicos e/ou digitais.</p> <p>Como?</p> <p>- <i>visão geral + cards/detalhe ferramentas</i></p> <p>- <i>uso de canva, post its, painéis, etc.. considerando espaço, estrutura e cultura.</i></p> <p>- <i>pro treinamento usar vídeos, cards, slides para explicar ferramentas.</i></p>

Quadro 14 - Estabelecimento de critérios para o framework (conclusão).

Tipo de critério e Questões-chave	Insights	Critérios
	O gerenciamento de projetos é praticado através da aplicação de princípios, métodos e ferramentas que tomam parte nos processos ou funções de gerenciamento. A definição estabelece os trabalhos necessários, as responsabilidades, formas de comunicação entre os envolvidos e as regras do projeto. O planejamento visa estabelecer as metas do projeto em vistas das limitações identificadas, incluindo a quantidade de trabalho, a alocação de recursos, o tempo necessário, o cronograma e orçamento, bem como as ações diante dos riscos identificados. O controle serve para manter o projeto em andamento, visando atender às metas estabelecidas, considerando a medição do progresso, comunicações e intervenções corretivas (BACK <i>et al.</i> , 2008). (p. 101)	- estimular aspectos da gestão do processo projetual, tais como comunicação, cumprimento de prazos e eficácia. <i>Como?</i> - <i>Dicas em cards, relação com ferramentas externas como trello, dicas para fazer com colegas, etc.. ver IDEO</i>
	Considerando que as equipes de projeto contém professores, funcionários dos núcleos, bolsistas e colaboram com operadores de máquinas, entende-se que a estrutura do <i>framework</i> e a linguagem utilizada devem ser simples e acessíveis, sem perder o nível de detalhamento necessário para a sua aplicação correta. (p. 163)	- linguagem simples e acessível para descrever tópicos e explicar o uso de métodos e ferramentas.

Fonte: o autor.

Os insights da pesquisa deram origem aos critérios preliminares, organizados em critérios de seleção, critérios de estrutura e critérios de formato. Os critérios preliminares podem ser conferidos no Apêndice J da pesquisa.

A partir de uma análise na lista de critérios preliminares, observaram-se critérios duplicados que podem ser eliminados, tais como os critérios A3 (*facilitam o processo de revisão*) e A12 (*auxilie na revisão do gráfico*), além de critérios muito generalistas que não se mostram úteis para auxiliar na elaboração do *framework*. Portanto, realizou-se o processo de organização e simplificação dos critérios a fim de obter uma lista de critérios mais aprimorada. Este processo é apresentado no Apêndice K desta pesquisa. Critérios duplicados e critérios considerados abstratos, muito generalistas ou não-aplicáveis foram eliminados.

A partir da análise e simplificação dos critérios foi possível obter uma lista de critérios para a elaboração do *framework*, apresentada no Quadro 15 (p. 171).

Quadro 15 - Critérios para a elaboração do GIT+.

Critérios para a elaboração do Framework GIT+
Critérios de Seleção
Eficácia e eficiência <ul style="list-style-type: none"> • Torna o processo mais ágil; • Diminui a chance de erros; • Fornece opções pré-definidas para os designers escolherem em vez de criarem do zero; • Auxilia na tomada de decisões de forma prática.
Tecnologia <ul style="list-style-type: none"> • Considera diferentes estruturas tecnológicas e métodos de produção. • Considera o uso de diferentes aplicativos e softwares para criação de projetos e operação de máquinas.
Desafios de GIT <ul style="list-style-type: none"> • Auxilia a organizar as necessidades identificadas do ADV. • Auxilia na análise do conteúdo e do perfil do aluno. • Auxilia no planejamento do gráfico e do processo de projeto. • Auxilia no processo de simplificação do gráfico. • Auxilia na revisão no gráfico.
Critérios de estrutura
<ul style="list-style-type: none"> • Considera as atividades do processo de GIT, bem como as logísticas internas das IFES • É simples e acessível, favorecendo o aprendizado e aplicação do processo. • Possibilita lidar com demandas urgentes.
Critérios de formato
<ul style="list-style-type: none"> • Contém formatos de apresentação que possibilitem compreender o processo como um todo, assim como, os seus detalhes e especificidades. • Apoia a aplicação das atividades e ferramentas de apoio através de recursos físicos e/ou digitais. • Estimula aspectos da gestão do processo projetual, tais como comunicação, cumprimento de prazos e eficácia. • Usa linguagem simples e acessível para descrever tópicos e explicar o uso de métodos e ferramentas.

Fonte: o autor.

4.2 Sistematização do *Framework*

Este tópico apresenta a sistematização do *framework* preliminar, desenvolvido em três etapas: inicialmente, levantam-se os métodos, técnicas e ferramentas que compõem o *framework*; depois, elabora-se a estrutura, contendo os métodos, técnicas e ferramentas selecionadas; e finalmente, se estabelece o formato de entrega do *framework*, obtendo-se o *framework* preliminar. O processo de sistematização é apoiado pelos critérios sintetizados na primeira fase metodológica. A primeira etapa deste processo é apresentada no item 4.2.1 e as segunda e terceira etapas são apresentadas no item 4.2.2.

4.2.1 LEVANTAMENTO DE MÉTODOS, TÉCNICAS E FERRAMENTAS

Este item apresenta os métodos, técnicas e ferramentas projetuais selecionados que irão auxiliar os projetistas a realizarem as atividades durante o projeto de GIT. Este levantamento tomou como ponto de partida a revisão bibliográfica realizada, apresentada especificamente nos itens 2.3.1 e 2.3.1.1. Além da revisão bibliográfica, foram usadas como fontes de levantamento sites de organizações e livros relacionados ao tema. Os métodos, técnicas e ferramentas foram selecionados de acordo com os critérios de seleção sintetizados anteriormente.

Todos os métodos e ferramentas levantados são descritos a seguir considerando sua aplicação no processo projetual. Métodos, técnicas e ferramentas muito extensos, tais como conjuntos de diretrizes que contém 40 páginas, não são apresentados na íntegra, de modo a manter a fluidez do relatório.

O Quadro 16 apresenta métodos, técnicas e ferramentas já coletados na revisão bibliográfica, contendo suas funções e autores. Além disso, são traçados alguns comentários visando a implementação das ferramentas no *framework*.

Quadro 16 - Métodos, técnicas e ferramentas para o projeto de GIT (continua).

Métodos, técnicas e ferramentas	Funções e comentários	Autores
Simplificação do gráfico	- Ajustes realizados na forma e conteúdo do gráfico a fim de torná-lo o mais simples possível sem prejudicar sua compreensão. <i>* está mais para um princípio do que um método ou ferramenta.</i>	Eriksson (2003); Bornschein, Prescher e Weber (2015); O'Modhrain (2015); BANA (2010).
Questões-chave sobre a simplificação do gráfico	- Sequência de questões que auxiliam a realizar o processo de simplificação do GIT. <i>* presente no processo de projeto de GIT de BANA, como sendo a terceira etapa do processo, intitulada simplifique o gráfico.</i>	BANA (2010).
Segmentação do gráfico	- Técnica utilizada para segmentar gráficos complexos em uma sequência de gráfico que, ao serem todos lidos, transmitem o conteúdo completo.	Kardoulias (2003).

Quadro 16 - Métodos, técnicas e ferramentas para o projeto de GIT (conclusão).

Métodos, técnicas e ferramentas	Funções e comentários	Autores
Caixa de ferramentas Tangram	- Caixa de ferramentas presente no software para criação de GIT, que traz elementos como estilos de linha, estilos de padrões e ferramentas de espaçamento, textos e revisão. * <i>software desenvolvido especificamente para o projeto Tangram.</i>	Bornschein, Prescher e Weber (2015)
Banco de padrões e texturas de preenchimento	- banco de padrões e texturas que acompanham diretrizes de uso.	BANA (2010)
Mapa de profundidade	- modelo de referência que auxilia a ordenar e determinar os níveis de profundidade dos objetos no eixo z.	Carfagni <i>et al.</i> (2012)
Árvore de decisão	- fluxograma de perguntas e respostas que culminam na decisão de produzir ou não um GIT.	BANA (2010)
Planilha de planejamento	- sumariza aspectos importantes na produção do GIT como responsáveis, data de entrega, método de produção, conteúdos a incluir, simplificar, áreas do gráfico, entre outros.	BANA (2010); Hasty (2018) tb tem.(??)
Nota do transcritor	- Guia o leitor na exploração do GIT, podendo trazer explicações adicionais a este.	BANA (2010).
Revisão tátil em duas etapas	- Execução de duas provas de leitura do GIT para verificar a qualidade do gráfico: uma executada pelo projetista do GIT; outra pelo revisor braille certificado.	BANA (2010).
Diretrizes e padrões para Gráficos Táteis	- Conjunto de diretrizes e padrões para a criação de GIT. * conjunto extenso e abrangente de diretrizes, o qual inclui diversas técnicas e ferramentas levantadas nesta pesquisa.	BANA (2010).
Modelo de tradução de gráficos 2D para gráficos táteis 3D.	- <i>framework</i> para a adaptação de gráficos táteis, * Formato de formulário com questões que guiam o processo. Contém anexo com métodos, ferramentas e exemplos.	Sanches (2018).

Fonte: o autor.

4.2.2 DEFINIÇÃO DA ESTRUTURA E FORMATO DO *FRAMEWORK*

Neste item, realiza-se a definição da estrutura de fases e etapas que o *framework* irá assumir, assim como, o formato em que o mesmo será disponibilizado. Como ponto de partida, utilizam-se os processos projetuais pesquisados na literatura, que podem ser conferidos nos itens 2.3.1 e 2.3.2, assim com os processos dos Núcleos de Acessibilidade pesquisados nos itens 4.1.1 e 4.1.2.

O Quadro 17 (p. 175) apresenta lado a lado os processos de GIT de Prescher, Bornschein e Weber (2014), de BANA (2010), do Incluir/UFRGS e do CTA/IFRS. Além destes, faz parte do quadro comparativo o Modelo de Tradução de Imagens Estáticas 2D para Imagens Táteis 3D de Sanches, Macedo e Bueno (2018). Os processos são apresentados considerando suas principais etapas; abaixo, são realizados comentários sobre sua estrutura e formato. Esta análise dos principais processos de GIT encontrados na literatura e na amostra da pesquisa contribui para a criação do *framework* em desenvolvimento.

A partir da análise do Quadro 17 e levando em conta os critérios definidos para a elaboração do *framework*, teceram-se as seguintes considerações:

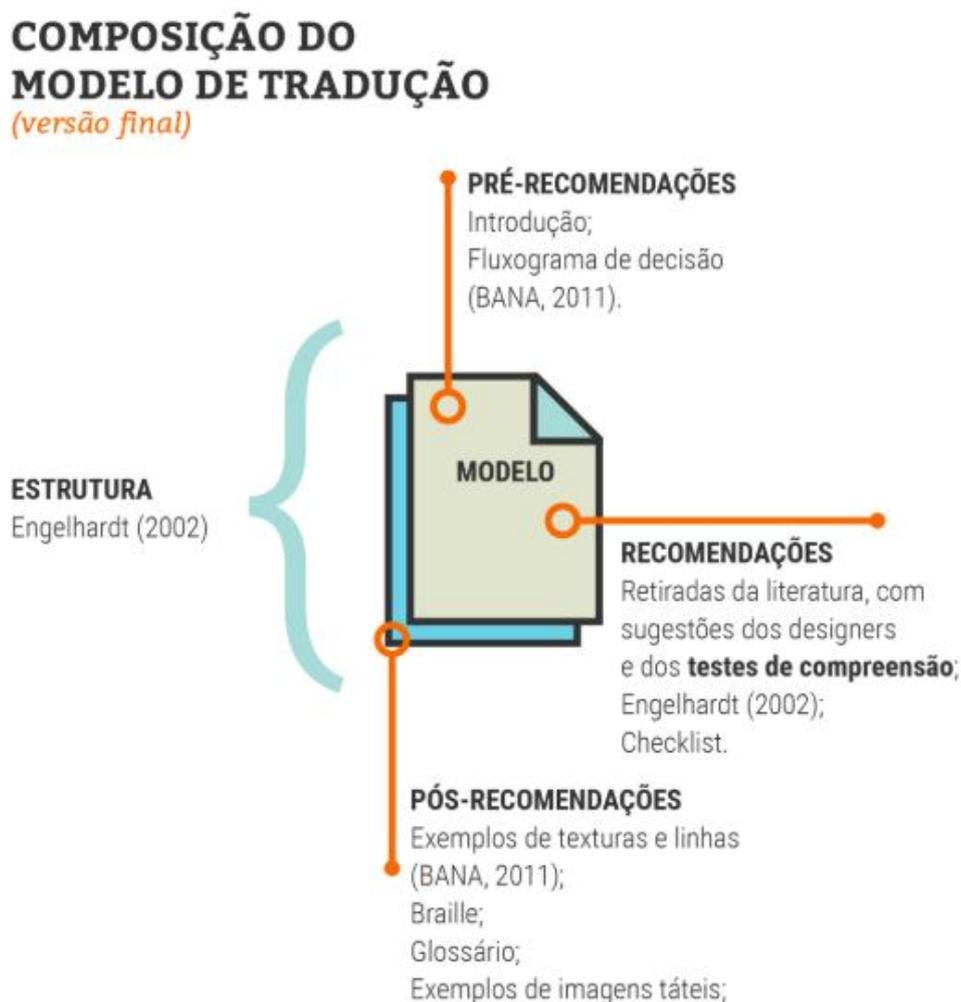
- Dentre as estruturas levantadas na literatura, a de Prescher, Bornschein e Weber (2014) é a mais completa em relação ao processo de GIT, detalhando em sua própria estrutura todas as atividades envolvidas da sua criação;
- As estruturas dos processos já existentes nos Núcleos de Acessibilidade servem como ponto de partida para a criação na estrutura do GIT+, pois incluem o contexto das IFES que não é considerado nas demais estruturas pesquisadas;
- O modelo de Sanches, Macedo e Bueno (2018) traz uma estrutura de alta complexidade que dificulta a sua compreensão. Porém, os questionamentos, ferramentas, diretrizes e exemplos presentes no modelo, trazem recursos que apoiam o projetista durante o processo.
- O formato de BANA (2010) utiliza uma linguagem com perguntas guiando o projetista, sendo assim considerado acessível e de fácil aprendizado. O mesmo é utilizado em Sanches, Macedo e Bueno (2018) e, próximo das perguntas são dadas opções que podem acompanhar diretrizes ou exemplos. Essas ideias podem ser utilizadas de maneira adaptada no GIT+.
- O modelo de Sanches, Macedo e Bueno (2018) traz uma macroestrutura composta de três partes: pré-recomendações; recomendações (estrutura geral); e pós-recomendações (Figura 78, p. 176). Na primeira aplica-se a árvore de decisão; na segunda, desenvolve-se o processo projetual; e a terceira parte traz ferramentas e exemplos de gráficos.

Quadro 17 - Processos de GIT, estrutura e formato.

	Prescher, Bornschein e Weber (2014)	BANA (2010)	Sanches, Macedo e Bueno (2018)	Incluir/UFRGS	CTA/IFRS
Processo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Planejamento 2. Digitalização do gráfico 3. Vetorização 4. Edição do gráfico 5. Adição do texto em Braille 6. Renderização 7. Revisão 8. Adição do gráfico e descrição no livro transcrito (opcional) 9. Distribuição 10. Armazenamento do arquivo 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicar a árvore de decisão para produzir ou não o gráfico tátil; 2. Que informação será transmitida? 3. Simplifique o gráfico 4. Identifique os componentes para ser incluídos no gráfico 5. Qual método de produção será utilizado? 6. Modificações possíveis 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Representação Gráfica 2. Objetos gráficos 3. Estrutura espacial 4. Correspondência 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Demanda 2. Análise e ideias 3. Estratégia de projeto 4. Criação do gráfico 5. Etiquetas braille 6. Revisão 7. Uso em sala de aula 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Demanda 2. Análise 3. Pesquisa 4. Planejamento 5. Desenho inicial 6. Protótipo 7. Testes 8. Revisão 9. Entrega 10. Feedback
Observações sobre a estrutura	<ul style="list-style-type: none"> - Processo detalhado em 10 etapas. - Ênfase no uso de gráficos vetoriais para a criação dos gráficos táteis. - Revisão do GIT com PCDV. 	<ul style="list-style-type: none"> - Processo em 6 etapas, aplicado para gráficos complexos. - Este processo não inclui a revisão do gráfico, mas sim possíveis modificações para torná-lo mais conciso ou simples após finalizado 	<ul style="list-style-type: none"> - Processo em 4 níveis ou fases principais. - Serve como um guia para o planejamento e criação do gráfico, fazendo questionamentos e fornecendo diretrizes a respeito de diferentes aspectos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Processo em 7 etapas, considera aspectos do contexto das IFES, como contato com aluno, professor e uso em sala de aula - Inclui revisão braille com PCDV 	<ul style="list-style-type: none"> - Processo detalhado em 10 etapas. - Considera elementos contextuais das IFES, tal com o processo do Incluir. - Inclui revisão braille com PCDV.
Observações sobre o formato		<ul style="list-style-type: none"> - Destaca-se a linguagem utilizada, na forma de questões-chave e linguagem direta em relação a aspectos específicos do projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> - A estrutura é mais complexa do que os processos mais tradicionais, com etapas ligadas ao processo de produção do GIT. - Os níveis são basicamente compostos de um formulário com perguntas, respostas, diretrizes e exemplos para aspecto. 		

Fonte: o autor, com base na pesquisa.

Figura 78 - Macroestrutura do Modelo de Tradução de Sanches, Macedo e Bueno (2018).



Fonte: Sanches, Macedo e Bueno (2018, p. 140).

Dessa maneira, o conceito que unifica a criação do *framework* preliminar é o de Guia prático para a criação de GIT - chamado de GIT+. O GIT+ utiliza como base para a sua estrutura de fases projetuais os processos dos Núcleos pesquisados e o processo de Prescher, Bornschein e Weber (2014). Tudo é organizado visando proporcionar a facilidade de compreensão e aplicação do processo pelas equipes. Isso inclui o uso de títulos simples para as etapas e ferramentas, uma estrutura enxuta e útil de etapas e ferramentas, e o formato que serve como um guia prático para os projetistas, com linguagem acessível e recursos de apoio.

Levando em consideração as análises realizadas, ficou definida a seguinte estrutura para o GIT+, apresentada segundo suas etapas e descrição das principais atividades.

1. **Demanda:** pedido pela produção de conteúdo adaptado e gráficos táteis. Normalmente acompanhado do perfil do ADV.

2. **Análise:** análise do material encaminhado e do perfil do aluno. Inclui eventuais conversas com o professor para tirar dúvidas sobre o conteúdo.
3. **Ideação:** Geração de ideias para o GIT. Inclui conversas com membros da equipe e inspiração em projetos similares.
4. **Estratégia:** Definição da equipe de projeto, prazos, recursos utilizados e métodos de produção. Planejamento do conteúdo.
5. **Criação:** Criação e edição do gráfico nos meios digitais. Escolha de linhas e padrões, definição da composição e espaços para legendas.
6. **Protótipo:** Criação do protótipo físico. Inclui a produção via métodos escolhidos e inserção de etiquetas braille.
7. **Testes:** Revisão com equipe de revisores. Caso necessário voltar etapas e corrigir conforme solicitado.
8. **Instrução:** Implementação do GIT em contexto instrucional.

Essa estrutura definida dá conta de todas as atividades envolvidas no projeto de GIT, incluindo aquelas relacionadas à logística interna das IFES. O nome das etapas são curtos e estão em linguagem simples, o que favorece o aprendizado e uso do *framework*.

Um aspecto que deve ser considerado para contribuir para a gestão do processo projetual é o fluxo de trabalho da equipe de projeto, em relação às interações entre os seus membros. Em alguns momentos, toda a equipe se reúne para definir aspectos fundamentais do projeto e, em outros momentos, um ou dois membros trabalham em alguma atividade específica. Naturalmente cada equipe terá seu fluxo de trabalho e esses momentos de interação podem variar de equipe para equipe. Porém, é possível estimar os momentos mais prováveis onde ocorrem essas interações e sugerir ferramentas de gestão que colaborem para o processo.

O Quadro 18 (p. 178) apresenta a estrutura do GIT+, que contém as principais etapas junto de suas descrições, fluxos de interação e ferramentas de comunicação, assim como, os métodos, técnicas e ferramentas indicados.

Em relação ao formato, o mais importante é que o mesmo apoie o uso facilitado do *framework*, incluindo as ferramentas nele incluídas. Considerando os critérios definidos previamente, o formato deve incluir uma visão geral do processo, assim como uma visão de detalhe, que permita entender os aspectos mais específicos do *framework*. Para apoiar a aplicação do *framework* de forma integral, uma versão mais descritiva na forma de *guia de uso*, é desenvolvida.

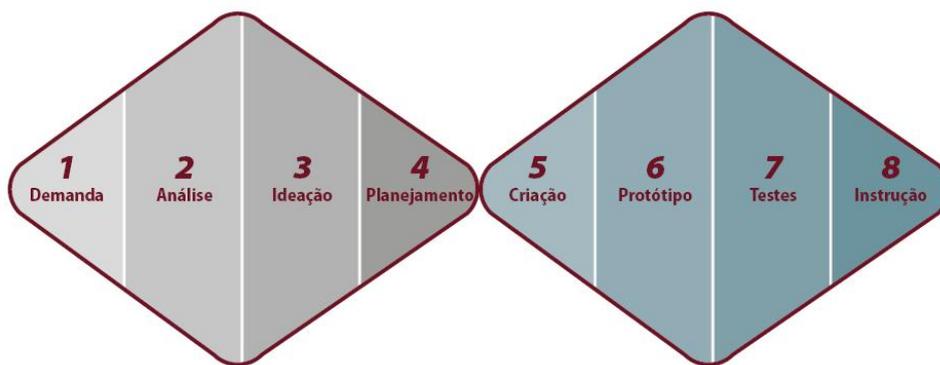
A visão geral do GIT+ é apresentada em dois gráficos distintos - A Figura 79 (p. 179) a apresenta a visão geral do processo do GIT+, enquanto a Figura 80 (p. 179) apresenta a visão geral do *framework*, que é detalhado mais adiante.

Quadro 18 - Estrutura do GIT+.

Estrutura do GIT+			
Etapas	Descrição	Interação e Comunicação	Métodos, técnicas e ferramentas de apoio
1 Demanda	Pedido pela adaptação de conteúdo e gráficos táteis e organização do trabalho.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Demandante</i> → <i>Equipe de projeto</i> • <i>Equipe de projeto</i> • E-mail 	<ul style="list-style-type: none"> • Perfil do Aluno (PEI). • Formulário de demanda. • Trello ou Painel visual.
2 Análise	Análise do material encaminhado e do perfil do aluno.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Equipe de projeto</i> • <i>Equipe de projeto</i> ↔ <i>Professor</i> • E-mail, whatsapp, google meet 	<ul style="list-style-type: none"> • Árvore de decisão.
3 Ideação	Concepção da proposta do GIT – ideia e método de produção.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Equipe de criação</i> • <i>Equipe de projeto</i> • E-mail, whatsapp, google meet 	<ul style="list-style-type: none"> • Simplificação. • Segmentação. • Princípios de design BANA.
4 Estratégia	Definição da equipe de projeto, prazos, recursos utilizados e planejamento do conteúdo.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Equipe de criação</i> • <i>Equipe de projeto</i> • Google meet 	<ul style="list-style-type: none"> • Planilha de planejamento do gráfico. • Banco de padrões e texturas. • Trello ou Painel visual.
5 Criação	Criação e edição do gráfico nos meios digitais. Escolha de linhas e padrões, definição da composição e espaços para legendas. Primeira verificação.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Equipe de criação</i> • E-mail, whatsapp, google meet 	<ul style="list-style-type: none"> • Banco de estilos de linha. • Mapa de profundidade. • Checklist de criação.
6 Protótipo	Criação do protótipo físico. Inclui a produção via métodos escolhidos e inserção de etiquetas braille.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Equipe de criação</i> ↔ <i>Técnico de produção</i> • E-mail, whatsapp, google meet 	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa de profundidade
7 Testes	Revisão do GIT com equipe de revisores.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Equipe de revisão</i> • <i>Equipe de projeto</i> • E-mail, whatsapp, google meet 	<ul style="list-style-type: none"> • Critérios de revisão BANA.
8 Instrução	Implementação do GIT em contexto instrucional e feedback do aluno.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Equipe de projeto</i> ↔ <i>Demandante</i> • <i>Aluno</i> ↔ <i>Equipe de projeto</i> • E-mail, whatsapp, google meet 	<ul style="list-style-type: none"> • Feedback de qualidade.

Fonte: o autor.

Figura 79 - Visão geral do processo.



Fonte: o autor.

O GIT+ tem a forma do seu processo definida com base no diamante duplo, do ICD, utilizado comumente em processos de design thinking. Em sua visão geral, enfatiza-se a separação entre espaço do problema (diamante da esquerda) e o espaço da solução (diamante da direita). Outro aspecto a ser mencionado na estruturação do diamante duplo é a diferenciação entre fases divergentes e fases convergentes⁵¹. No caso do GIT+, mesmo que as etapas 1, 2, 5 e 6 são consideradas divergentes e as etapas 3, 4, 7 e 8, convergentes, essa questão é de menor relevância no GIT+. Dessa maneira, a visão geral fornecida do GIT+ entrega de maneira simples e de fácil memorização o processo projetual.

Outro diagrama que fornece uma visão geral do GIT+ é apresentado na Figura 80, que enfatiza a conjunção entre espaço do problema e espaço da solução, traz a descrição de cada fase projetual e já introduz o formato utilizado na versão em detalhe, apresentada a seguir.

Figura 80 - Visão geral do *framework*.

Fonte: o autor.

⁵¹ Fases divergentes são aquelas onde os temas são explorados, são realizadas pesquisas e geradas soluções, enquanto que em fases convergentes são traçadas definições, conclusões e se chegam a resultados.

A visão em detalhe do GIT+ é uma versão funcional do *framework* em termos de aplicação, indicando as fases projetuais junto de suas descrições, fluxos de interação e métodos, técnicas e ferramentas indicados. A visão em detalhe é apresentada em dois diagramas apresentados nas Figura 81 e Figura 82 (p. 181), um detalhando o espaço do problema e outro, o espaço da solução.

Figura 81 - Visão em detalhe - Espaço do problema.



Fonte: o autor.

A visão em detalhe do espaço do problema apresenta as fases de (1) demanda, (2) análise, (3) ideação e (4) planejamento. No centro do diagrama está a visão geral dessas fases e, nos quadrantes, cada fase é detalhada. A paleta de cores serve para relacionar a visão geral com a visão em detalhe. A Figura 82 apresenta a visão em detalhe do espaço da solução que contém as etapas de (5) criação, (6) protótipo, (7) teses e (8) instrução.

Figura 82 - Visão em detalhe - Espaço da solução.



Fonte: o autor.

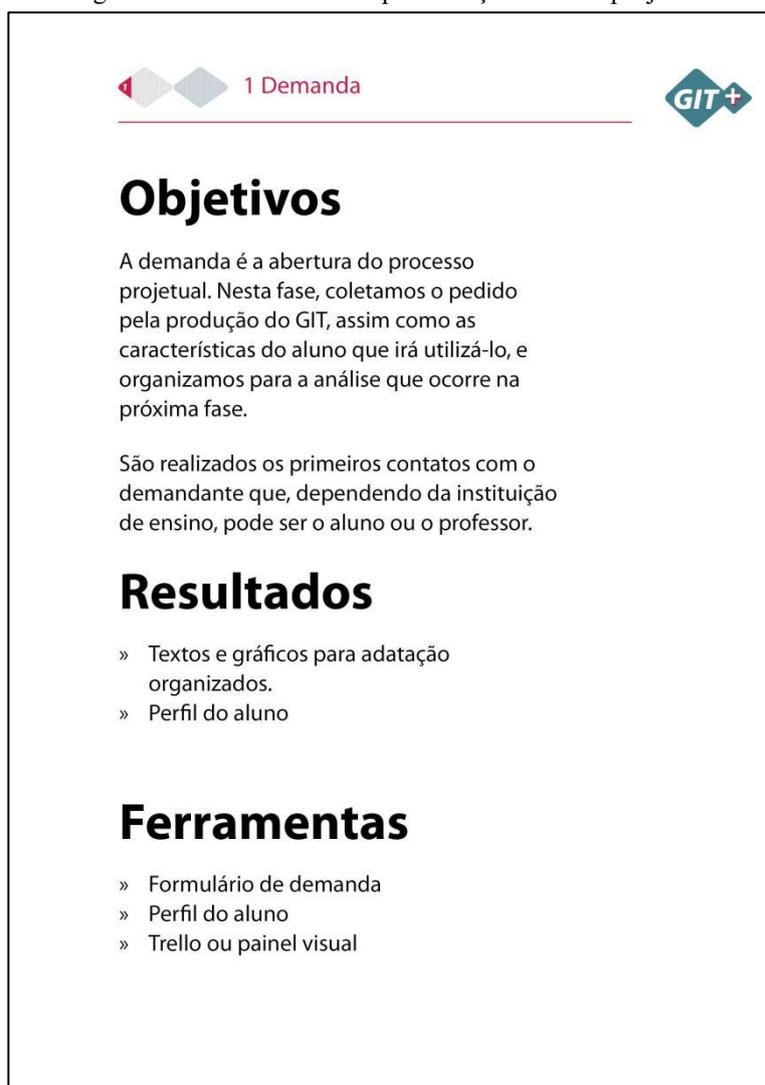
Os formatos de visão geral e visão em detalhe do GIT+ devem ser considerados como instrumentos mnemônicos, que servem para indicar rapidamente onde a equipe se encontra no processo projetual e quais são os principais elementos de cada fase. Por outro lado para apoiar de maneira mais completa a aplicação do GIT+, a versão guia de uso é mais indicada.

Para o guia de uso, utilizou-se como inspiração principal o Guia de Campo do Design Centrado no Humano da IDEO (2015), o qual descreve em um guia de campo o processo e o uso das ferramentas nele incluídas. Cada fase é descrita introduzindo-se objetivos, resultados e teoria e, posteriormente, as etapas e ferramentas são descritas. Nelas, apresentam-se uma descrição geral, os passos, o nível de dificuldade, tempo necessário para sua realização. Também são apontadas dicas e alertas sobre os elementos contidos em cada etapa.

Outra inspiração relevante para o Guia de uso do GIT+ é o modelo de Sanches, Macedo e Bueno (2018), principalmente em relação ao uso de diretrizes, exemplos e questionamentos que auxiliam a guiar o projetista.

O Guia de uso do GIT+ é um documento de 51 páginas que visa guiar a equipe de projeto no desenvolvimento do GIT. Inicialmente, introduz o *framework* com uma apresentação, explicando o seu propósito e mostrando a visão geral do processo e do *framework* e sua visão em detalhe. Posteriormente, cada fase do projeto é apresentada, descrevendo-se objetivos, resultados e métodos, técnicas e ferramentas utilizadas. A Figura 83 mostra a apresentação da primeira fase do projeto - Demanda.

Figura 83 - Guia de Uso - apresentação de fase projetual.



Fonte: o autor.

A Figura 84 apresenta a página que descreve a primeira etapa da fase 1, onde se recebe a demanda pela adaptação do GIT. A coluna esquerda apresenta informações sobre o passo-a-passo da etapa, tempo estimado, dificuldade esperada e as interações possíveis junto de seus canais de comunicação. No espaço dedicado ao texto principal a etapa é descrita,

trazendo seu contexto e questões relevantes. As caixas em azul trazem dicas e alertas que devem ser considerados na etapa.

Figura 84 - Guia de Uso - Página exemplo de etapa.


1 Demanda



① Recebendo a demanda

Notas para o facilitador

Tempo
10–20 minutos

Dificuldade ★ ★ ☆ ☆ ☆

Interações ✉ 🕒

Demandante ↔ Equipe de projeto

Passo 1>
Receba a demanda, seja por website, e-mail ou presencialmente.

Passo 2>
Verifique se os aspectos essenciais da demanda estão presentes: conteúdo, gráfico a ser adaptado, perfil do aluno, prazo.

Passo 3>
Caso algum item não esteja presente, peça para o demandante enviar as informações faltantes.

Nesta etapa, temos o primeiro contato com o demandante e com o conteúdo a ser adaptado. O conteúdo pode chegar até a equipe de projeto através de diferentes meios como e-mail, formulários on-line ou presencialmente.

Dependendo do fluxo de atividades da sua IFE, quem realiza a demanda pode ser o professor ou o aluno. De qualquer maneira, as informações sobre o conteúdo e sobre o perfil do aluno são imprescindíveis para dar sequência ao projeto.



ATENÇÃO

Demandas urgentes, com prazos apertados, são uma prática comum nas IFES. Isso pode comprometer a qualidade dos GIT gerados por abreviar o tempo de cada etapa.

Idealmente, os GIT devem ser encomendados com antecedência, antes do início do semestre.



DICA #1

Se a demanda urgente é uma prática frequente em sua IFE, conscientize o demandante sobre o processo e o tempo necessário para a produção de um GIT.

Em um nível macro, trabalhe junto às comissões de graduação da sua IFE para elaborar um planejamento estratégico quanto à demanda de GIT.



DICA #2

Utilize um documento que sintetize o perfil do aluno, trazendo suas capacidades, limitações e necessidades educacionais específicas.

Documentos mais completos incluem histórico, e podem conter uma parte dedicada às adaptações instrucionais como objetivos educacionais, metodologia, conteúdo programático e parecer dos professores.

Fonte: o autor.

A Figura 85 apresenta uma das páginas dedicadas a apresenta os métodos, técnicas e ferramentas projetuais, simbolizados por um ícone de ferramenta. Esta página apresenta a ferramenta de formulário de demanda GIT, contendo sua descrição e, abaixo na caixa azul, a ferramenta.

Figura 85 - Guia de Uso - Página exemplo de ferramenta.

1 Demanda

B Formulário de demanda de GIT

Este formulário pode ser anexado a um website ou enviado por e-mail para o demandante preencher. A equipe de projeto pode adaptar de acordo com sua necessidade.

FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO DE PRODUÇÃO DE MATERIAIS
** Sugestão: A solicitação deve ser feita com a máxima antecedência possível.*

Nome do solicitante	<input type="text"/>	Telefone	<input type="text"/>
Nome de quem usará o material	<input type="text"/>	E-mail	<input type="text"/>
Curso	<input type="text"/>	Data de uso do material	<input type="text"/>
Disciplina	<input type="text"/>		
Formato original do material	<input type="text"/>	Formato final do material	<input type="text"/>
Intervalo de páginas ou capítulos a serem adaptados	<input type="text"/>	Número de cópias	<input type="text"/>
Observação do solicitante	<input type="text"/>		

** Caso já possua o material a ser adaptado, envie para o e-mail indicado.*

Fonte: o autor.

Observa-se que neste relatório são mostradas apenas páginas representativas do Guia de uso do GIT+, com o propósito de apresentar a proposta do guia sem comprometer o fluxo de leitura do relatório. O Guia pode ser conferido na íntegra no link https://drive.google.com/file/d/1drtjuzqDWfbQV_Vfqr9htWCGAiHOJt1P/view?usp=sharing do Google Drive.

4.3 Desenvolvimento de GIT e observação

Neste tópico apresenta-se o desenvolvimento de GIT segundo o processo atual utilizado pelo Incluir/UFRGS, bem como, a aplicação do *framework* preliminar em uma simulação de desenvolvimento de GIT. Estes processos são apresentados a seguir, nas etapas 4.3.1. e 4.3.2. Contudo, ressalta-se que esta etapa passou por uma adaptação devido à pandemia do Covid-19. Inicialmente, a proposta era desenvolver ambas as etapas presencialmente e acompanhar os processos de desenvolvimento de GIT segundo o método de observação

direta. Entretanto, foram aplicadas adaptações, que incluem a observação indireta e a simulação, para dar prosseguimento à pesquisa.

4.3.1 DESENVOLVIMENTO DE GIT E OBSERVAÇÃO NO INCLUIR/UFRGS

Este item apresenta a primeira etapa da terceira fase metodológica, onde foram desenvolvidos 2 GIT segundo o método atual do Núcleo de Acessibilidade Incluir da UFRGS. O desenvolvimento dos GIT passou pelo processo de observação indireta, realizada através de canais de comunicação remotos como relatórios em planilhas eletrônicas, e-mails e reuniões via webconferência. Observa-se que tanto o método de desenvolvimento utilizado pelo Incluir, como o processo de observação tiveram que ser adaptados para se adequarem aos protocolos de segurança sanitária exigidos pela pandemia do Covid-19. O instrumento de observação indireta pode ser conferido no Apêndice C desta pesquisa.

O processo de desenvolvimento de GIT normalmente utilizado pelo Incluir/UFRGS foi descrito no item 4.1.1, a partir dos resultados do grupo focal realizado com a equipe. Nesse caso, a equipe trabalhava de modo presencial utilizando como base a sala do Incluir na UFRGS. Considerando as condições atuais, com restrições de distanciamento social, a equipe adaptou seu modo de trabalho para o modelo *home office*, reduzindo o número de encontros presenciais para o mínimo necessário.

Após uma reunião realizada pelo Google Meet no dia 11 de junho de 2021, foi acordado entre o autor da pesquisa e o Incluir que os GIT seriam desenvolvidos de maneira remota pelos membros da equipe, com a comunicação também ocorrendo remotamente. A comunicação principal entre o pesquisador e a equipe se deu através de um grupo de e-mails criado pelo Núcleo, onde foram tiradas dúvidas, marcadas reuniões, e demonstrados os resultados do processo. Outra parte importante da observação indireta foi o preenchimento de planilhas contendo relatos das atividades realizadas durante a criação dos GIT. Cada membro foi convidado a preencher as planilhas na medida em que participava das atividades projetuais.

A seguir, descreve-se o processo de desenvolvimento de GIT do Incluir, traçando um paralelo com a estrutura do *framework* preliminar:

1) Demanda (18 de junho)

Após o contato com os professores entrevistados previamente, a professora de matemática do IFRS forneceu dois gráficos utilizados na construção de elipses, acompanhados de seu conteúdo (Figura 86). Os gráficos foram enviados à equipe do Incluir para serem adaptados. Como os gráficos não seriam testados por alunos reais, foi definido que os mesmos seriam

produzidos considerando os perfis das revisoras do Incluir - uma pessoa cega e outra com baixa visão.

Figura 86 - Gráficos e conteúdo a serem adaptados.

ELIPSE

Definição

Elipse é o conjunto de todos os pontos de um plano cuja *soma das distâncias* a dois pontos fixos desse plano é constante.

Consideremos no plano dois pontos distintos, F_1 e F_2 , tal que a distância $d(F_1, F_2) = 2c$, e um número real positivo a com $2a > 2c$.

Chamando de $2a$ a constante da definição, um ponto P pertence à elipse (Figura 8.22) se, e somente se,

$$d(P, F_1) + d(P, F_2) = 2a \quad (1)$$

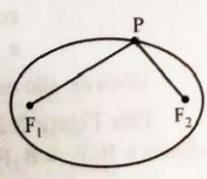


Figura 8.22

Elementos

Com base na Figura 8.24, tem-se:

Focos: são os pontos F_1 e F_2 .

Distância focal: é a distância $2c$ entre os focos.

Centro: é o ponto médio C do segmento $F_1 F_2$.

Eixo maior: é o segmento $A_1 A_2$ de comprimento $2a$ (este segmento contém os focos).

Eixo menor: é o segmento $B_1 B_2$ de comprimento $2b$ e perpendicular a $A_1 A_2$ no seu ponto médio.

Vértices: são os pontos A_1, A_2, B_1 e B_2 .

Pela Figura 8.24 é imediato que $B_2 F_2 = a$ pois $B_2 F_1 + B_2 F_2 = 2a$ (definição de elipse) e $B_2 F_1 = B_2 F_2$. Logo, do triângulo retângulo $B_2 C F_2$ vem

$$a^2 = b^2 + c^2 \quad (2)$$

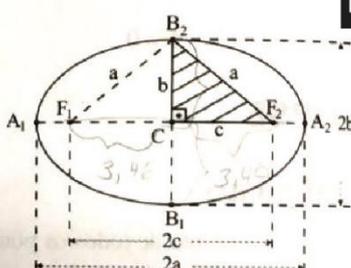


Figura 8.24

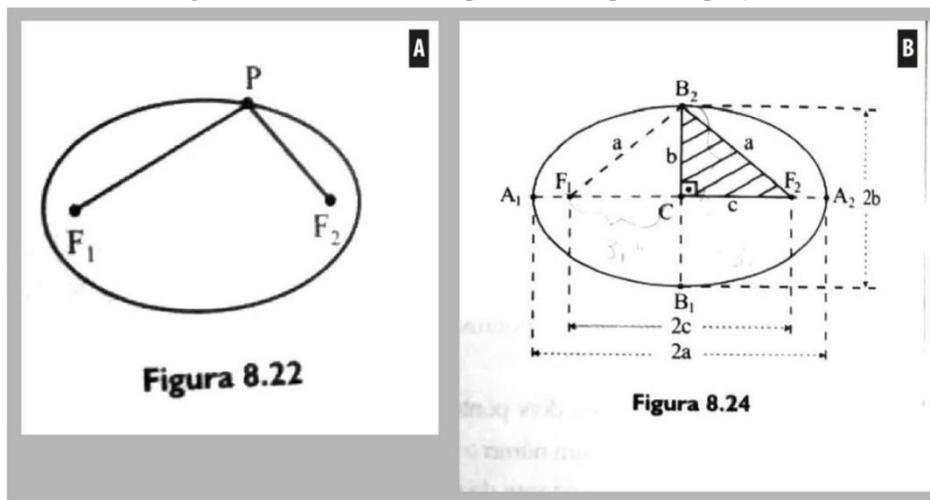
Fonte: o autor, com base em pesquisa.

2) Análise (21 de junho)

Nesta etapa realizou-se a análise dos gráficos pedidos. Trabalharam na análise do gráfico duas integrantes do Incluir, que configuram a equipe de criação. Elas comunicaram-se através de e-mail, Whatsapp e Google Meet.

Foi solicitado para que o autor da pesquisa separasse os gráficos dos conteúdos e os tratasse a fim de favorecer a sua legibilidade. Esta solicitação normalmente seria feita para o professor da disciplina, pedindo por novas fotos ou digitalizações dos gráficos. Após recebidos, os gráficos tratados foram inseridos em um arquivo do Microsoft Word e ampliados para serem utilizados posteriormente na adaptação do gráfico tátil. Os gráficos tratados podem ser conferidos na Figura 87.

Figura 87 - Gráficos de elipse tratados para adaptação.



Fonte: o autor, com base em pesquisa.

Nesta fase, somente uma integrante da equipe, que é bolsista de acessibilidade, respondeu ao formulário descrevendo suas atividades no processo projetual. Os relatos obtidos com as respostas dos membros da equipe estão disponíveis no Anexo F da pesquisa.

3 e 4) Ideação e Planejamento (23 de junho)

Nesta fase realizou-se a geração de ideias e a definição da estratégia de projeto. A equipe de criação trabalhou através do Google Meet, conversando sobre os desafios encontrados nos gráficos originais e as ideias de como gerar os dois gráficos táteis. Segundo os relatos da equipe, o segundo gráfico (8.24) era mais complexo devido à grande quantidade de elementos, e a presença de linhas tracejadas e pontos. A estratégia utilizada para a produção dos gráficos foi definida conforme apresentada no Quadro 19:

Quadro 19 - Estratégia para o desenvolvimento GIT do Incluir.

Gráfico 8.22	<p>Método Artesanal (Público cego)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Impressão do gráfico em tamanho grande, que ocupe uma página A4. ● Barbante para fazer o círculo do gráfico. ● Cola 3D para os pontos. ● Reglete para escrever a legenda em tinta para o braille.
	<p>Método Termofusora (Público baixa visão)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Inserir gráfico em pg. A4 do Word ● Demarcar linhas e pontos mais grossos para impressão ● Imprimir e passar na fusora
Gráfico 8.24	<p>Método Artesanal (Público cego)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Impressão em folha tamanho A3 ● Uso de cola 3D e barbantes para ter mais texturas e facilitar a diferenciação dos elementos do gráfico ● Reglete para escrever em braille os números e letras do gráfico.

Fonte: o autor, com base na pesquisa.

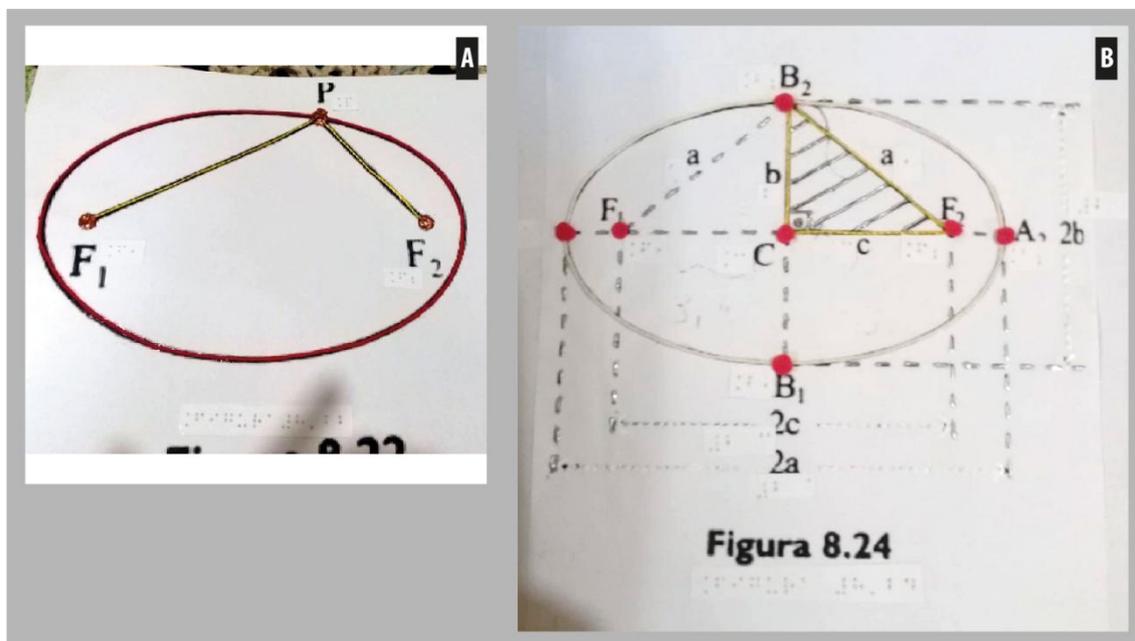
As duas integrantes da equipe que trabalharam nesta etapa concordaram que os gráficos artesanais seriam produzidos na casa de uma delas, pois a mesma possuía os materiais necessários para a confecção dos mesmos. A dúvida seria se o gráfico 8.24 exigiria que ela fosse à sala do Incluir para ter acesso a mais materiais e poder finalizar o gráfico. O gráfico 8.22, produzido via fusora, seria produzido na sala do Incluir.

Observa-se que na reunião inicial que precedeu o desenvolvimento do projeto, a equipe mencionou que nesta etapa de estratégia talvez fosse necessário uma reunião com todos os membros da equipe, dependendo da complexidade dos gráficos. Porém, a equipe de criação, composta por duas integrantes da equipe de projeto conseguiu definir a estratégia sem o auxílio das demais integrantes. Foram despendidos aproximadamente 40 minutos nesta etapa.

5 e 6) Criação e Protótipo (25 de junho)

Nesta etapa foram criados os dois gráficos via método artesanal. Os gráficos foram criados em casa, utilizando cola 3D, barbante e a reglete para produzir as etiquetas em braille. A equipe de criação comunicou-se via whatsapp, durante o período de 1 a 2 horas, deliberando sobre a escolha dos materiais para obter texturas diferenciadas. A Figura 88 apresenta ambos os protótipos dos gráficos artesanais criados. Segundo a equipe, o gráfico 8.24, apresentado na Figura 88B, foi mais trabalhoso devido à sua maior complexidade.

Figura 88 - Gráficos artesanais criados pelo Incluir.



Fonte: o autor, com base em pesquisa.

Após a confecção dos gráficos, ficou previsto um encontro na sala do Incluir que ocorreria durante a mesma semana, para realizar a revisão desses gráficos, assim como, a produção do gráfico 8.22 utilizando a termofusora.

Intervalo e reavaliação da metodologia (7 de julho)

Neste momento, realizou-se um intervalo no processo de GIT, pois a integrante responsável pela criação dos gráficos realizou uma cirurgia e teve que ficar em repouso.

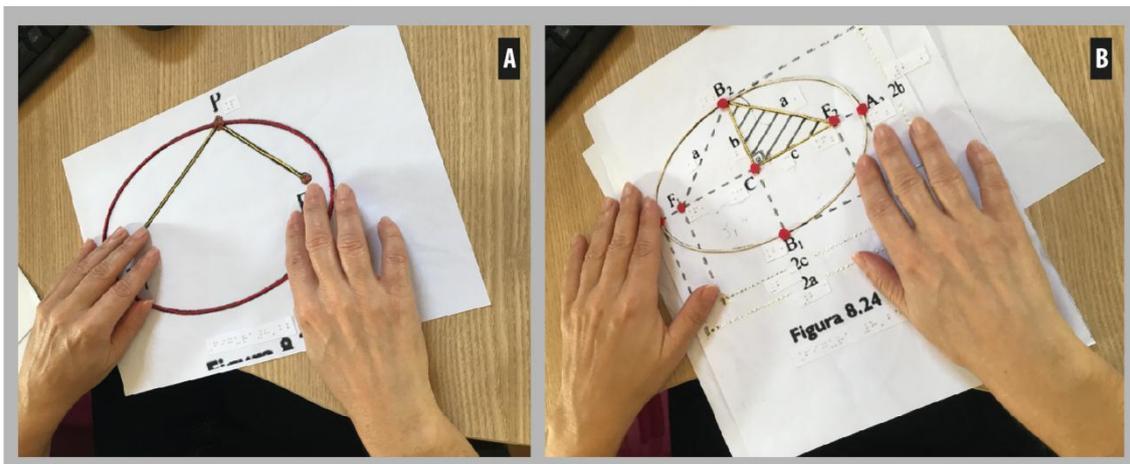
7) Testes (30 de outubro)

Nesta etapa foi feita a revisão dos GITs pela equipe de revisão. Normalmente a equipe de revisão conta com a presença da revisora com baixa visão. Porém, devido às condições impostas pela pandemia de Covid-19, fizeram parte da equipe de revisão a revisora braille e uma integrante da equipe de criação.

A revisora braille levou um tempo aproximado de 45 minutos para verificar os dois GIT. Ela foi capaz de identificar os elementos como pontos, linhas e letras de cada gráfico. O único quesito apontado pela revisora foi a falta do texto junto dos GIT, o qual forma o contexto para a interpretação dos gráficos. Este material não estava presente no momento da revisão, porém num contexto de projeto, ele acompanharia o gráfico adaptado.

A Figura 89 mostra a revisora braille realizando os testes com os GITs.

Figura 89 - Revisão tátil do GIT pelo Incluir.



Fonte: o autor.

Embora o gráfico 8.22 também estivesse planejado para ser produzido via termofusora, essa produção não ocorreu.

Observa-se que a metodologia da pesquisa teve que ser adaptada mais de uma vez, devido à pandemia de Covid-19: na primeira adaptação, eliminou-se uma etapa de verificação com usuários e a observação direta do desenvolvimento de GIT passou a ser indireta; na segunda adaptação, perceberam-se algumas limitações no método de observação indireta, que levaram o pesquisador a remover a aplicação do *framework* preliminar com a equipe do Incluir para o desenvolvimento dos GIT.

Algumas limitações que ficaram evidentes com a realização da observação indireta foram a comunicação com os membros da equipe de projeto do Incluir, que foi realizada principalmente por uma integrante da equipe. Somente uma integrante da equipe do incluir, a qual participou da equipe de criação, preencheu os relatórios de atividade projetual solicitados pelo pesquisador. Mesmo que ela respondesse às questões solicitadas, para a realização bem sucedida da observação era necessário que as demais integrantes também preenchessem os relatórios sobre as atividades realizadas. Também tentou-se marcar reuniões através de e-mails que não obtiveram respostas. Desse modo, entendeu-se que o processo de desenvolvimento utilizando o *framework* preliminar com a equipe do Incluir, bem como um treinamento prévio necessário para a equipe se apropriar do método, ficariam comprometidos. Assim, a metodologia foi adaptada e o desenvolvimento de GIT utilizando o *framework* preliminar ocorre de maneira simulada, através do mapa de experiência.

4.3.2 SIMULAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE GIT UTILIZANDO O GIT+

Este item apresenta o desenvolvimento simulado de dois GIT através do mapa de serviço, uma ferramenta utilizada para mapear processos complexos, verificando processos internos e externos e assim visualizar possíveis gargalos nos processos e oportunidades de melhorias. O mapa de serviço é similar ao mapa da jornada, apresentado no item 2.3.2, como uma das ferramentas de design thinking para lidar com problemas complexos. A diferença é que o mapa do jornada foca no usuário e o mapa do serviço mostra todos os processos internos e externos de uma maneira mais completa.

Para esta simulação, utilizou-se como base o cenário projetual encontrado na equipe do Incluir/UFRGS. Foram desenvolvidos dois GIT simulados de conteúdos similares aos desenvolvidos na etapa anterior. Os gráficos a serem adaptados foram fornecidos pela mesma professora de matemática do IFRS. A demanda também atendeu ao mesmo público-alvo definido na etapa anterior, uma pessoa cega e outra com baixa-visão.

O processo simulado transcorreu todas as fases e etapas definidos no Guia de uso do GIT+, compreendendo a demanda, análise, ideação, planejamento, criação, protótipo, testes e instrução. As Figura 90 (p. 191) e Figura 91 (p. 193) apresentam o processo simulado em 2 partes, a fim de facilitar a sua apresentação no relatório. A Figura 90 apresenta o espaço do problema e a Figura 91 apresenta o espaço da solução.

O mapa é subdividido em linhas que correspondem às áreas de atividade e interação, e as colunas que apresentam as fases projetuais que se desenvolvem ao longo do tempo. As áreas de atividade são explicadas a seguir com base em Gibbons (2017):

- **Evidências:** evidências físicas sobre os processos decorrentes.

- **Jornada do usuário:** os diferentes momentos que marcam a interação do usuário com o serviço, seja ele o professor ou aluno.
- **Frontstage:** as diferentes ações e interações que ocorrem entre a equipe de projeto e o usuário. Estas ações podem partir diretamente da equipe de projeto ou através de tecnologias.
- **Ações internas:** ações e atividade que acontecem internamente na equipe de projeto. Podem ter interação com o *Frontstage*.
- **Processos de apoio:** processos ou ferramentas que dão apoio ao processo projetual. São os processo mais internos e não têm relação com o *frontstage*. Neste mapa, correspondem principalmente aos métodos, técnicas e ferramentas utilizados no GIT+.

Figura 90 - Mapa do serviço do GIT+ (Espaço do problema).

	1 Demanda	2 Análise	3 Ideação	4 Planejamento
Evidências	 	• Painel visual com fluxo de atividades  Figura 8.35  Figura 8.36	• Princípios de design de BANA	• Planilha de planejamento de conteúdo • Painel visual atualizado com prazos e responsáveis pelas tarefas
Jornada do usuário <i>Aluno / Professor</i>	E-mail com gráficos e conteúdo	E-mail de confirmação	Responde ligação telefônica	
Frontstage <i>Ações da equipe / Tecnologia</i>		E-mail confirmando prazo final e o início do processo	E-mail ao professor pedindo explicações	
Ações internas	Recuperação do PEI junto ao banco de dados da IFE Reunião com equipe para transmitir a demanda e definir trabalho	Tratamento de imagem dos gráficos originais Análise do perfil do aluno e do conteúdo	Decisão de simplificação do gráfico 8.35 e segmentação do gráfico 8.36 Decisão de produção de GIT usando impressão 3D	Elaboração da Planilha de planejamento de conteúdo Definição da estratégia de projeto
Processos de apoio		Decisão de fazer o gráfico após usar árvore de decisão	Uso das ferramentas de simplificação e segmentação e dos princípios de design de BANA	Uso do banco de padrões e texturas Atualização do painel visual com fluxo de atividades

Fonte: o autor.

O espaço do problema simulado pode ser descrito da seguinte forma:

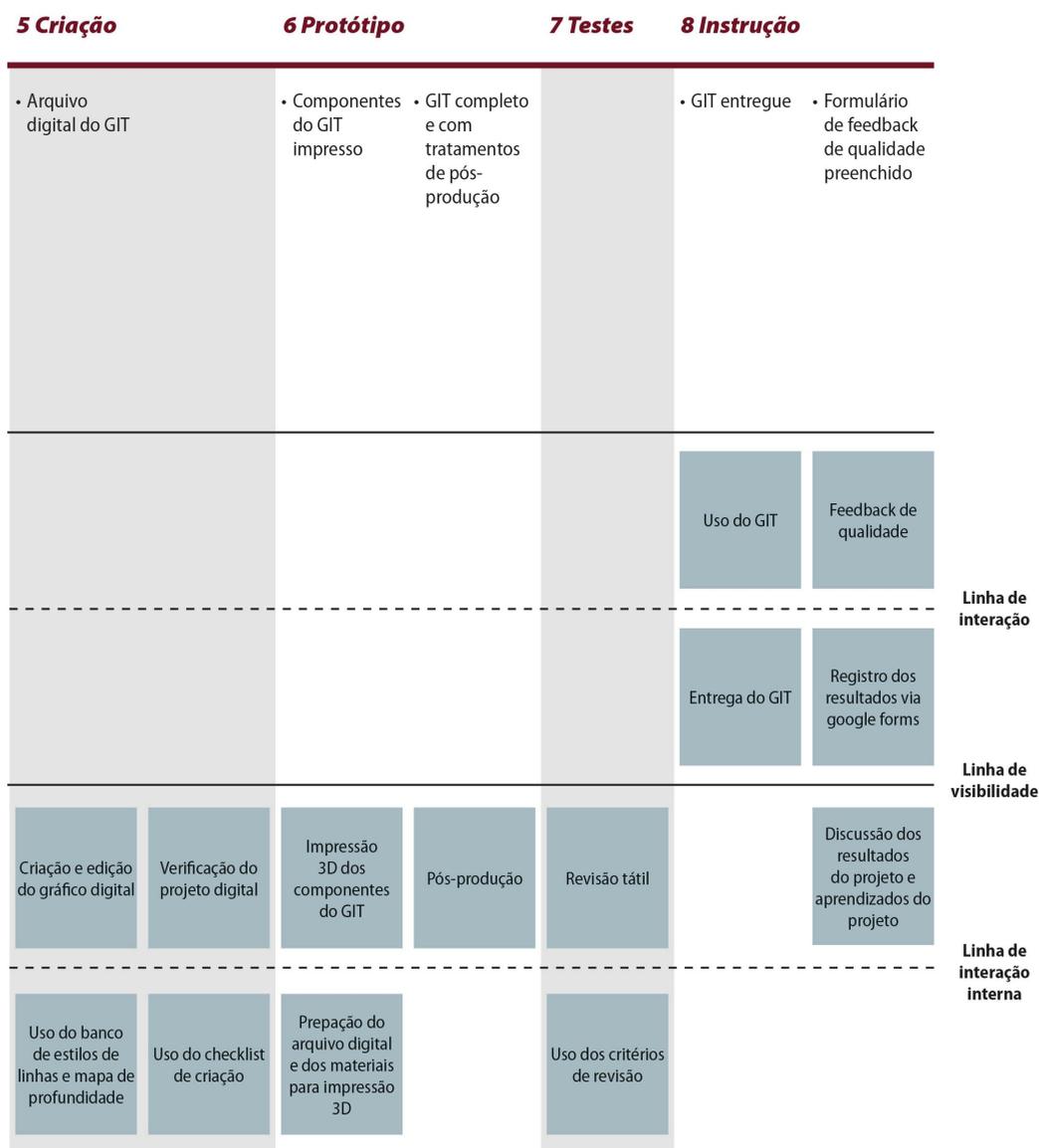
1. **Demanda:** O aluno solicita, através de um e-mail, a produção de 2 gráficos táteis relacionados à construção de hipérbolas para a disciplina de matemática. A equipe do Incluir recebe o e-mail e recupera o perfil do aluno, junto ao banco de dados da

instituição. A seguir realiza-se a uma reunião para transmitir aos membros da equipe o briefing de projeto, estipular o prazo final e quem irá trabalhar nas próximas etapas de análise e ideação. Um painel visual é montado no app trello contendo as principais fases e os responsáveis e com a data final estabelecida.

2. **Análise:** a equipe de criação aplica a ferramenta árvore de decisão e decide produzir os GIT. As mesmas solicitam à designer (bolsista do Incluir) para realizar o tratamento da imagem, trabalhando com o contraste e limpando a imagem para melhorar sua legibilidade. A equipe envia um e-mail para o aluno solicitante confirmando a produção e o prazo final e o mesmo responde à equipe confirmando estar ciente disso. A equipe analisa o perfil do aluno e compreende suas necessidades. A equipe analisa o conteúdo do gráfico, compreende parcialmente e decide encaminhar um e-mail ao professor para esclarecer dúvidas acerca do conteúdo. A equipe liga para o professor e compreende melhor o gráfico e seu conteúdo.
3. **Ideação:** A equipe de criação discute acerca dos gráficos e opta por simplificar o gráfico 8.35 e segmentar o gráfico 8.36 devido à sua complexidade. As questões-chave sobre a simplificação e os princípios de design de BANA auxiliam a conceber a ideia dos GIT. Após uma discussão sobre os métodos disponíveis e os resultados possíveis considerando o público-alvo, a equipe decide utilizar a impressão 3D para a produção de ambos os GIT. Como o Incluir não possui impressora 3D, a produção é realizada com o apoio do VID, o laboratório de design virtual do PgDesign da UFRGS.
4. **Planejamento:** A equipe de criação elabora a planilha de planejamento de conteúdo, na qual o gráfico é detalhado em relação à sua simplificação, segmentação, uso de padrões e texturas e é elaborada a nota do transcritor. O uso do banco de padrões e texturas auxilia nas decisões sobre quais tipos de padrões e texturas utilizar nas diferentes áreas do gráfico. A equipe se reúne e elabora a estratégia de projeto, que compreende quem irá se envolver nas etapas seguintes e a definição exata dos prazos de cada etapa. O painel visual do trello é atualizado com essas novas informações.

A Figura 91 apresenta o espaço da solução, descrito a seguir.

Figura 91 - Mapa do serviço do GIT+ (Espaço da solução).



Fonte: o autor.

- Criação:** A equipe de criação cria junto da designer o arquivo digital que servirá para a produção. Elas utilizam como base para a criação a planilha de planejamento e como ferramentas de apoio o banco de estilos de linhas e o mapa de profundidade. No final da fase de criação realiza-se a verificação da compreensão do gráfico, utilizando o checklist de criação.
- Protótipo:** Um bolsista do laboratório VID, capacitado para operar a máquina de impressão 3D, prepara o arquivo digital para a impressão dos componentes que irão constituir os dois GIT. O mesmo separa os filamentos com cores diferentes para auxiliar na legibilidade do gráfico. Os componentes são impressos: o primeiro gráfico é impresso em duas partes, uma para a base e as informações gerais, e a outra parte para informações em destaque com um filamento colorido; o segundo gráfico é segmentado em 2 GIT usando a mesma lógica de duas partes para cada GIT. Na etapa

de pós-produção os componentes gráficos são colados e lixados para dar um acabamento mais suave ao toque. As etiquetas braille, confeccionadas no Incluir, são coladas e o protótipo está pronto.

7. **Testes:** Na sala da equipe do Incluir realizam-se os testes de legibilidade do GIT com a equipe de revisão. As revisoras utilizam sua experiência e apoiam-se também nos critérios de revisão para realizar. Os gráficos são considerados legíveis e compreensíveis e encaminhados para a instrução.
8. **Instrução:** Os gráficos são entregues aos alunos, que utilizam na sala de aula nas suas atividades instrucionais. Os alunos, preenchem um formulário *online* enviando um feedback à equipe de projeto acerca da qualidade dos GIT gerados. A equipe de projeto recebe o feedback, registra o feedback do aluno e discute sobre os aprendizados do projeto. Os arquivos ficam salvos em uma pasta do projeto e as informações pertinentes são adicionadas ao documento do perfil do aluno.

4.4 Verificação e revisão

Neste tópico ocorre o processo de verificação e revisão do GIT+, o que compreende a análise, organização e interpretação dos resultados obtidos na etapa anterior. Conforme as conclusões obtidas a partir desse processo, o GIT+ é revisado e atualizado para atender as necessidades observadas.

Ambos os processos do Incluir e o GIT+ foram analisados levando em consideração o instrumento de pesquisa apresentado no Apêndice C, que tem como temas principais o alcance dos resultados das fases projetuais; a experiência de uso, em relação ao processo em geral e aos momentos críticos identificados; e os registros diários realizados pela equipe do Incluir.

Observa-se que devido à natureza simulada da aplicação do GIT+ os resultados obtidos são menos tangíveis, e os registros diários não fazem parte desta verificação.

Em relação ao processo desenvolvido pelo Incluir no item 4.3.1, observa-se que o foram alcançados todos os resultados principais almejados com cada fase projetual, compreendendo demanda, análise, ideação, planejamento, criação, protótipo e testes. Foram desenvolvidos 2 GIT com métodos artesanais, aprovados na etapa de testes e prontos para serem usados na instrução.

Em relação à experiência de uso, a equipe não sentiu dificuldades em nenhuma fase projetual, pois utilizou métodos familiares e dinâmicas de trabalho usuais. Em relação aos momentos mais críticos identificados através da aplicação dos grupos focais - análise, ideação, planejamento e revisão -, também não foram relatadas dificuldades e as tarefas foram concluídas com sucesso.

Em relação ao uso de ferramentas, a equipe do Incluir realizou todas as tarefas apoiadas na experiência da equipe, sem utilizar ferramentas de auxílio na gestão e nas atividades projetuais. As únicas ferramentas utilizadas foram as de comunicação como whatsapp e google meet.

Algumas atividades não ocorreram conforme o que foi acordado no início e durante o processo projetual: a comunicação com a equipe não foi sempre correspondida - alguns e-mails não obtiveram resposta, o que gerou a falta de algumas informações; os relatos sobre as atividades foram preenchidos por uma integrante da equipe somente; o gráfico que seria produzido via termofusora acabou não acontecendo; a equipe disse que iria se reunir por completo na fase de planejamento e foram somente as integrantes da equipe de criação que se encontraram.

O desenvolvimento simulado descrito no item 4.3.2 alcançou os resultados de todas as fases projetuais, inclusive a fase de instrução que, pela natureza da simulação, pôde ser realizada. Em relação à experiência de uso do GIT+, podem ser feitas as seguintes considerações gerais:

- Por trata-se do primeiro uso do *framework* pela equipe, algumas atividades e ferramentas são novidades e sempre deve-se considerar uma curva de aprendizado. Por outro lado, o Guia de Uso auxiliou muito a a equipe, pois foi elaborado de maneira didática e com o propósito de auxiliá-la no processo de desenvolvimento do GIT.
- Independente da curva de aprendizado, o *framework* no seu formato Guia de Uso é um ótimo instrumento de orientação para a equipe, fornecendo muitas ferramentas, exemplos e textos explicativos sobre como desenvolver os GIT. Como o tempo de uso, espera-se que a equipe se aproprie de todo o processo e dos métodos, técnicas e ferramentas ali inclusos, e que o Guia sirva mais como um instrumento de consulta pontual.
- O processo foi desenvolvido com a equipe em seu pleno funcionamento, contendo um designer bolsista e utilizando recursos de laboratórios parceiros como impressora 3D e técnico de operação das máquinas. Entende-se que nem sempre esses recursos estarão disponíveis nos diferentes contextos projetuais, e que adaptações são realizadas nesses casos.

As seguintes considerações têm relação a aspectos específicos no desenvolvimento simulado dos GIT:

- O processo bem estruturado e explicado no Guia de Uso forneceu um ótimo apoio à equipe de projeto, de forma a auxiliar em decisões complexas e nos principais desafios de projeto. O fluxo de fases, etapas, ferramentas e exemplos, forneceu esta estrutura clara e didática.

- Na fase de ideação, durante a etapa da escolha de método de produção a principal diretriz indica utilizar o método que irá produzir o melhor resultado considerando as características do gráfico em questão. De qualquer maneira, essa indicação ainda envolve um alto grau de empirismo na escolha.
- Na fase de planejamento, durante a elaboração do planilha de planejamento de conteúdo, um aspecto importante é a criação da nota do transcritor, que auxilia na compreensão e leitura do GIT. Existem dicas sobre a elaboração da nota na ferramenta de princípios de design de BANA, porém alguns exemplos poderiam ajudar os projetistas que nunca elaboraram notas de transcritor.
- Na fase de criação foi utilizada a ferramenta mapa de profundidade como um guia para planejar as alturas dos elementos dos GIT. Observa-se que no caso de GIT muito simples esta ferramenta não se faz tão necessária, sendo mais útil no projeto de gráficos mais complexos.

O processo simulado teve sucesso em apoiar a equipe de projeto na criação de GIT utilizando um processo sistematizado contendo uma série de ferramentas projetuais. Especificamente, o Guia de Uso transmite o senso de orientação, dicas de como interagir com os atores do projeto, e roteiros e exemplos que facilitam a aplicação das ferramentas projetuais.

Nesse sentido o GIT+ traz melhorias aos processos usuais de GIT em relação aos pontos observados inicialmente no contexto da pesquisa, como a falta de sistematização, de apoio de ferramentas projetuais e do uso de técnicas de fabricação digital.

A fim de proporcionar mais apoio aos projetistas, o GIT+ foi revisado conforme os aspectos observados anteriormente, trazendo melhorias em relação à escolha do método de produção e à elaboração da nota do transcritor. Para auxiliar na escolha foi elaborado um quadro contendo os tipos de gráficos possíveis relacionados aos métodos de produção e exemplos. Essa ferramenta foi elaborada com base na fundamentação teórica e é apresentada na Figura 92 (p. 197).

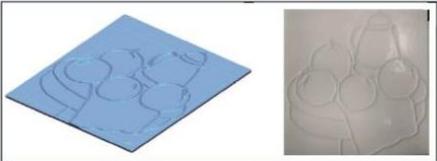
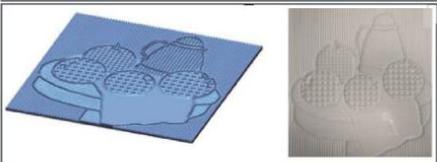
A Figura 93 (p. 198) apresenta a ferramenta que traz diretrizes para auxiliar a equipe na elaboração da nota do transcritor. A ferramenta também traz exemplos de nota do transcritor e foi elaborada com base nas diretrizes de BANA.

Com a conclusão desta etapa de verificação e revisão, duas ferramentas projetuais foram adicionadas ao *Framework* GIT+ e ao Guia de Uso, trazendo maior apoio à equipe de projeto e finalizando os resultados desta pesquisa. As Figura 94 e Figura 95 apresentam a visão em detalhe do *Framework* GIT+ revisado, apresentando respectivamente o espaço do problema e o espaço da solução.

Figura 92 - Quadro da escolha de métodos de produção.

 **D** **Quadro da escolha de métodos de produção**

A coluna à esquerda apresenta os formatos gráficos possíveis para os GIT; a coluna do meio traz os métodos que podem ser utilizados na produção desses gráficos e; as colunas da direita mostram exemplos desses formatos.

QUADRO DA ESCOLHA DE MÉTODOS DE PRODUÇÃO		
FORMATO DO GIT	MÉTODOS DE PRODUÇÃO	EXEMPLOS
Diagramas táteis com contorno tátil	<ul style="list-style-type: none"> » Papel microcapsulado » Corte à laser » Impressão 3D 	
Diagramas táteis com padrão texturizado	<ul style="list-style-type: none"> » Papel microcapsulado » Corte à laser » Impressão 3D 	
Superfície em relevo plano	<ul style="list-style-type: none"> » Corte à laser » Impressão 3D 	
Superfície em relevo volumétrico	<ul style="list-style-type: none"> » Impressão 3D 	
Gráficos univesais e formatos múltiplos	<ul style="list-style-type: none"> » Corte à laser + Impressão 3D 	

Fonte: o autor.

Figura 93 - Diretrizes para a nota do transcritor.

Diretrizes para a nota do transcritor

DIRETRIZES PARA A NOTA DO TRANSCRITOR

1. A nota do transcritor contém uma explicação em braille sobre a ilustração e é apresentada antes da legenda. Uma lista de legenda pode ser parte da nota do transcritor. A nota do transcritor pode incluir qualquer um dos seguintes:
 - » Fatos gerais, Exemplo: "O gráfico a seguir mostra ..."
 - » Alterações, Exemplo: "Este mapa é mostrado em três partes ..."
 - » Omissões, Exemplo: "Rios não são mostrados."
2. A explicação é escrita em forma de parágrafo como uma nota do transcritor padrão e é iniciada na célula braille 7 com o símbolo de nota do transcritor de abertura. As linhas de passagem começam na célula 5 e terminam com o símbolo de nota do transcritor de fechamento. Se a nota do transcritor que acompanha um gráfico tátil, seja literário ou Nemeth, consiste em sete palavras ou menos, ela é incluída nos símbolos da nota do transcritor e incluída no texto.
3. A divisão de palavras entre as sílabas (hifenização) no final da linha não é recomendada.
4. Ocasionalmente, as informações contidas em uma nota ou notas são essenciais para a compreensão do gráfico antes de lê-lo. Neste caso, insira uma nota do transcritor antes do gráfico.
 - » Exemplo de nota do transcritor: "Nota(s) mostrada(s) no gráfico abaixo."
 - » A nota deve ser precedida pelo indicador de referência apropriado começando na célula 7, com resultados na célula 5. Quando mais de uma nota é mostrada, nenhuma linha em branco deve ser deixada entre as notas.
5. As notas do transcritor devem ser tão curtas e concisas quanto possível, sem sacrificar informações importantes. Elas devem ser escritas no presente e devem utilizar o vocabulário adequado ao nível da série que está sendo usado no texto, e descrever - não interpretar - as informações no desenho.

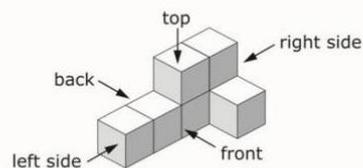
Alguns exemplos:



União Europeia

Nota do transcritor: O gráfico a seguir é mostrado em duas partes. A primeira parte mostra os países e a segunda parte mostra os membros. Cada parte é seguida por sua chave relacionada.

3-Dimensional Structure: Direction of views



Vista ortográfica: método de camadas

Nota do transcritor: Em braille, os cubos podem ser apresentados de uma vista superior na forma de coluna ou camada. Quando uma estrutura sólida é mostrada na impressão, apenas uma camada de base será mostrada, com um número designando o total de cubos empilhados em cada coluna. Quando a estrutura de impressão é mostrada com um ou mais cubos faltando (abaixo de um nível superior), cada camada será mostrada em ordem de baixo para cima. A área sombreada representa a posição de um cubo.

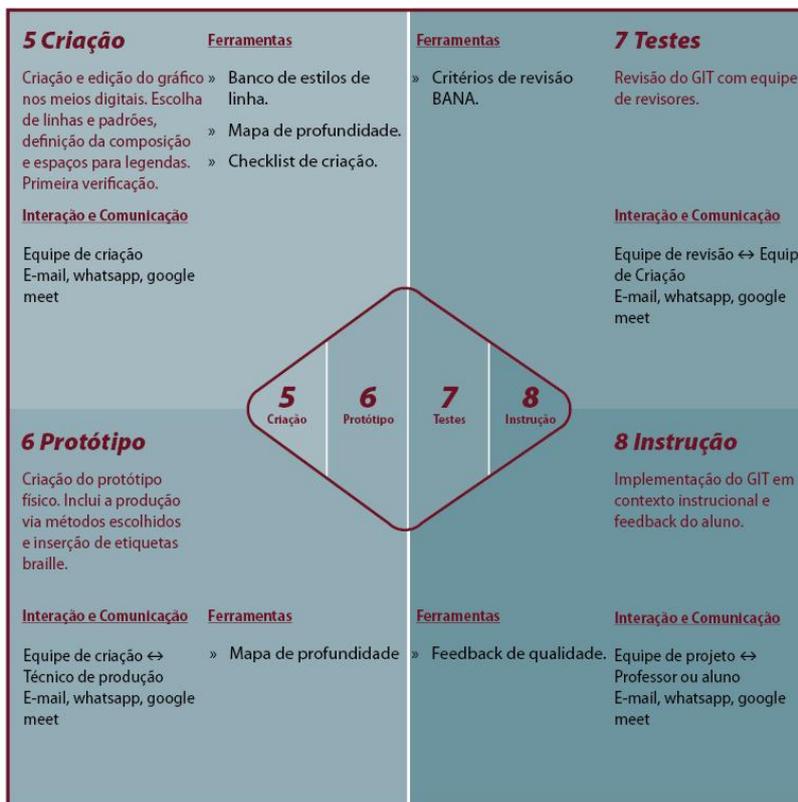
Fonte: o autor.

Figura 94 - *Framework* GIT+ revisado - Espaço do problema.



Fonte o autor.

Figura 95 - *Framework* GIT+ revisado - Espaço da solução.



Fonte o autor.

5 Considerações finais

Esta pesquisa focou na estruturação de um *framework* que auxiliasse a produção de GIT de qualidade, partindo da premissa que os processos projetuais das IFES ainda eram pouco estruturados, não contendo diversas ferramentas encontradas na literatura que poderiam auxiliar na produção destes gráficos. A premissa mostrou-se verdadeira ao realizar a pesquisa de campo e observar a surpresa das equipes ao se depararem com certos princípios e ferramentas, tais como a simplificação radical dos gráficos e a árvore de decisão. Sendo assim, estruturou-se o *Framework* GIT+ em torno de métodos, técnicas e ferramentas que apoiassem o processo projetual e considerando sua adequação à realidade das equipes.

Os grupos focais realizados com os núcleos das IFES e as entrevistas com os professores de ADV trouxeram consciência sobre a situação atual enfrentada por esses atores. Ficou claro que cada IFE possui relações particulares entre seus núcleos de acessibilidade, os usuários do processo - professores e alunos - e as demais organizações internas, tais como as coordenações de cursos. Esse universo particular de relações leva a cada equipe de projeto ter seus próprios processos e desafios. Por exemplo, dentre as equipes pesquisadas, o processo de demanda do Incluir parte do ADV e, do CTA, parte do professor; o CTA possui máquinas de fabricação digital e uma oficina no seu próprio espaço, enquanto que, no Incluir, a equipe deve buscar laboratórios parceiros para auxiliá-los na fabricação digital. A partir dessa observação foi possível traçar os critérios para a elaboração de um *framework* que fosse o mais proveitoso para esse contexto multifacetado.

O GIT+ é um *framework* sistematizado que traz uma estrutura projetual acessível e de fácil aprendizado, contendo métodos, técnicas e ferramentas que auxiliam a equipe na tomada de decisões de projeto e no processo de criação de GIT. A estrutura foi elaborada com base nos processos existentes nas IFES e no processo de Prescher, Bornschein e Weber (2014). Assim, aproveitam-se os processos atuais dos núcleos, unindo processos bem-sucedidos coletados na literatura.

A fim de facilitar a aplicação e estimular a apropriação do GIT+ pela equipe de projeto, foram elaborados diferentes formatos para o *framework*: 2 visões gerais, que visualizam o todo; 1 visão em detalhe composta de dois diagramas, que serve como uma estrutura rápida e funcional, traz mais detalhes sobre o processo; 1 guia de uso, que detalha cada etapa e o uso de cada ferramenta projetual. Considera-se que quanto mais experiência a equipe tiver no uso do GIT+, menos apoio ela necessitará do Guia de Uso e mais ela utilizará a visão em detalhe e, eventualmente a visão geral do processo. Assim, os diferentes formatos estão relacionados à curva de aprendizado da equipe e fornecem flexibilidade em relação ao seu nível de aprofundamento no processo.

O processo projetual do GIT+ é composto de 8 fases - demanda, análise, ideação, planejamento, criação, protótipo, testes e instrução. A sua apresentação visual separa o espaço do problema do espaço da solução indicando fases divergentes e convergentes. Os dois formatos de visão geral enfatizam esses aspectos. Cada fase do processo contém os métodos, técnicas e ferramentas projetuais necessários para realizar as atividades previstas. Também são indicadas as principais atividades, fluxos de interação e ferramentas de comunicação utilizadas. Esses aspectos são enfatizados na visão em detalhe do GIT+.

No seu formato mais completo do Guia de Uso, cada fase traz objetivos, resultados esperados e principais atividades. Cada fase é detalhada em etapas, onde são descritas as principais atividades, fornecidas dicas e alertas sobre os principais desafios do projeto. Os métodos, técnicas e ferramentas são apresentados e explicados e, em casos específicos, são fornecidos exemplos mais detalhados.

Nesse sentido o GIT+ traz melhorias aos processos usuais de desenvolvimento de GIT em relação aos pontos observados inicialmente no contexto da pesquisa, tais como a falta de sistematização, do apoio de métodos e ferramentas projetuais e do uso de técnicas de fabricação digital. Identificou-se que a produção de GIT é feita de maneira empírica e cada IFE tem o seu processo próprio para produzir os GIT e tomar as decisões projetuais. O GIT+ proporciona maior autonomia à equipe, através de um processo sistematizado com ferramentas de apoio, estimula o uso da fabricação digital e a produção de GIT de qualidade.

Em uma visão sistêmica, considera-se um cenário no qual o uso difundido do GIT+ nas IFES brasileiras proporciona a geração de uma rede de aprendizado nos núcleos de acessibilidade. O GIT+ fornece uma estrutura sistematizada que pode ser utilizada em diferentes IFES. A partir das experiências pelas quais passariam as equipes de projeto, considerando esta estrutura em comum, é possível compartilhar os desafios e aprendizados obtidos.

Nesse sentido, a hipótese da pesquisa foi confirmada e o objetivo da pesquisa alcançado. O processo sistematizado descrito contribui para o desenvolvimento de GIT, trazendo uma abordagem acessível e métodos, técnicas e ferramentas eficazes para apoiar o desenvolvimento de GIT. Os critérios utilizados como base para a criação do GIT+ e o Guia de Uso acessível e detalhado garantem a sua abordagem centrada no usuário.

A metodologia desta pesquisa foi estruturada em 4 fases - i) Conhecimento do contexto de projeto; ii) Sistematização do *framework* preliminar; iii) Desenvolvimento de GIT e observação; iv) Verificação e revisão. Na fase 1 realizou-se o conhecimento do contexto de projeto, através de grupos focais com as equipes de projeto das IFES pesquisadas e de entrevistas com professores de ADV. Nesta fase, ficaram claras as realidades enfrentadas pelas equipes de projeto de GIT e pelos professores de ADV e foi possível estabelecer critérios para a elaboração do *framework* levando em conta essas necessidades específicas.

Foram elaborados critérios para selecionar os métodos, técnicas e ferramentas que fossem relevantes a esse contexto, e critérios que auxiliassem a elaborar uma estrutura e formatos adaptados às necessidades específicas da equipe de projeto.

Na fase 2 da metodologia, realizou-se a sistematização do *framework* preliminar, selecionando os métodos, técnicas e ferramentas, e definindo-se a estrutura e o formato do *framework*. Nesse sentido, os critérios estabelecidos anteriormente nortearam essas atividades, dando suporte às decisões tomadas. Como resultado foram selecionados os métodos, técnicas e ferramentas mais relevantes ao processo de desenvolvimento de GIT e o *framework* foi sistematizado em uma estrutura enxuta com opções de formato que atendessem melhor às necessidades observadas.

Observa-se que embora o desenvolvimento do *framework* ocorreu de forma linear, ocorreram algumas iterações sobre quais ferramentas fariam parte do *framework* e os fluxos de interação da equipe. Algumas ferramentas que faziam parte da seleção acabaram não sendo utilizadas e outras tiveram que ser inseridas à medida que perceberam-se lacunas na sua estrutura.

Na terceira fase metodológica foram desenvolvidos GIT utilizando os métodos usuais da equipe do Incluir, assim como, foi executado um processo simulado de desenvolvimento de GIT com o *framework* preliminar. Como resultados dessa etapa foram obtidos os GIT desenvolvidos pelo Incluir, assim como os dados obtidos a partir da observação sistemática indireta. Além disso, foram obtidos dados a partir da simulação de GIT utilizando o *framework* preliminar.

Nessa fase da metodologia, observaram-se as seguintes dificuldades. A metodologia originalmente composta para esta pesquisa não contava com as normas de distanciamento vigentes pela pandemia do Covid-19. Por isso, realizaram-se modificações em relação ao tipo de observação no desenvolvimento de GIT - de direta passou a ser indireta. Durante o desenvolvimento dos gráficos pela equipe do Incluir, foram constatadas dificuldades na obtenção de alguns dados através da observação direta - a equipe deveria preencher planilhas respondendo sobre sua experiência de uso, o que obteve pouca adesão. Nesse sentido, entendeu-se que a observação indireta foi comprometida e realizou-se nova adaptação na metodologia da pesquisa.

A segunda etapa desta fase metodológica, que disponibilizaria o *framework* preliminar para o desenvolvimento de GIT junto de nova observação indireta, foi modificada. Foi adotado o desenvolvimento simulado que permitia maior controle das variáveis.

Na fase 4 da metodologia realizou-se a verificação e revisão do *framework* preliminar. A verificação permitiu avaliar e comparar os principais aspectos nos processos de desenvolvimento do Incluir e utilizando o *framework*. A partir daí observaram-se as melhorias proporcionadas pelo uso do *framework* e lacunas que poderiam ser melhor

atendidas com a sua revisão. Foram adicionadas mais duas ferramentas projetuais e o *framework* foi sistematizado definitivamente. Com o nome de GIT+, o *framework* é um guia prático de desenvolvimento de GIT que auxilia a equipe de projeto das IFES nos seus diferentes níveis de experiência e apropriação do processo.

Considera-se que a metodologia elaborada para esta pesquisa foi eficaz em auxiliar no alcance dos objetivos da pesquisa. As adaptações realizadas devido à pandemia do Covid-19 e às dificuldades encontradas na etapa de observação sistemática foram essenciais para seguir na busca dos resultados almejados.

Em consideração ao campo teórico, esta pesquisa contribui para as áreas relacionadas principalmente ao projeto de gráficos instrucionais táteis - na literatura conhecidas como gráficos táteis, diagramas táteis, representações táteis ou figuras táteis - e à promoção da acessibilidade nas IFES. No contexto particular em que se insere, considerando o PgDesign/UFRGS, soma-se à linha de pesquisa de Design Universal para a Aprendizagem, a qual inclui os trabalhos de Andrade (2019), Pinto (2018), Rosa (2018), Cardoso (2016), Brendler *et al.* (2014) e Kulpa (2009). O principal propósito desta linha de pesquisa é proporcionar a inclusão de PCD no processo educacional.

A principal contribuição teórica da pesquisa está no processo de desenvolvimento de GIT, somando-se às pesquisas de Sanches (2018), Prescher, Bornschein e Weber (2014) e BANA (2010) e seus desdobramentos. Sanches (2018) estrutura um *framework* que foca na produção de gráficos táteis via impressão 3D, compilando métodos, ferramentas, diretrizes e exemplos em sua estrutura. Sua pesquisa traz informações sobre como produzir os gráficos, focando nos processos específicos de tomada de decisões da equipe. Diferentemente de Sanches (2018), a presente pesquisa traz uma abordagem centrada no usuário para o processo projetual e, por isso, exhibe diferentes formatos que são acessíveis tanto em estrutura de apresentação com em linguagem utilizada, sendo assim, mais fácil de utilizar pela equipe de projeto. Essas escolhas corroboram ao que foi constatado na pesquisa de campo e na literatura (PRESCHER; BORNSCHEIN; WEBER, 2014), quanto as equipes de projeto das IFES serem compostas majoritariamente por não designers e, por isso, é comum a falta de familiaridade com metodologias e ferramentas projetuais. Nesse sentido o formato mais acessível facilita a aplicação do *framework*.

Prescher, Bornschein e Weber (2014) realizaram pesquisas em diversas instituições privadas e públicas, sistematizando uma estrutura projetual em dez etapas para o desenvolvimento de GIT, além de fornecer diretrizes para a criação de GIT, as quais foram aproveitadas na estruturação do GIT+. O seu processo projetual sintetiza a realidade dessas instituições, porém não expande as etapas do processo, servindo mais como um norteador do processo. A presente pesquisa detalha o processo projetual em fases, etapas e ferramentas projetuais, trazendo exemplos de aplicação das ferramentas, além de textos orientando os projetistas durante todo o processo projetual.

Por outro lado, o processo de BANA (2010) tem como foco diretrizes e melhores práticas, enfatizando em exemplos e listas de diretrizes completas sobre processos e elementos específicos no projeto dos GIT. A presente pesquisa faz o uso das diretrizes mais relevantes para o contexto aqui delimitado, porém enfoca no uso do processo como um todo segundo sua abordagem centrada no usuário. Outro diferencial está no enfoque desta pesquisa ao contexto das IFES, trazendo na sua estrutura e Guia de Uso orientações específicas a esse contexto.

Outra área de relevância teórica é a inclusão educacional, especificamente à acessibilidade no ensino superior. Segundo Prescher, Bornschein e Weber (2014), na falta de gráficos táteis, os ADV deixam de aproveitar oportunidades de aprendizado e, especialmente, as disciplinas com parte representativa dos seus conteúdos na forma de gráficos são consideradas difíceis pelos ADV. Esta pesquisa contribui diretamente com as dimensões comunicacional e instrumental da acessibilidade, fornecendo aos núcleos de acessibilidade das IFES uma ferramenta efetiva na criação de materiais instrucionais para ADV, o que auxilia na compreensão do conteúdo disponibilizado e transmitido pelo professor. De maneira indireta, contribui para as dimensões metodológica e atitudinal, pois fornece aos professores e alunos recursos instrucionais que apoiam diversas atividades de aprendizagem dentro e fora de sala de aula. Dessa forma, professores têm maiores possibilidades de utilizar metodologias de ensino que consideram as capacidades e limitações dos ADV, o que, por sua vez, auxilia na criação de um ambiente inclusivo no qual os direitos de todos são respeitados e entendidos corretamente.

São beneficiados diretamente com esta pesquisa os projetistas e núcleos de acessibilidade das IFES, que ganham uma ferramenta que auxilia no desenvolvimento de GIT. Em um segundo nível de benefício direto estão os ADV e professores que utilizarão em sala de aula os GIT desenvolvidos. De maneira indireta, a pesquisa beneficia a inclusão das PCDV na sociedade e mercado de trabalho, auxiliando a formar profissionais mais capacitados, ampliando suas oportunidades na escolha de suas profissões, e aumentando a participação no mercado de trabalho como mão de obra qualificada.

5.1 Limitações da pesquisa e sugestões de trabalhos futuros

Esta pesquisa está delimitada para a produção de GIT 2.5D que fazem o uso de fabricação digital como meio de produção, utilizando equipes de projeto incubadas nos Núcleos de Acessibilidade das IFES. A partir deste recorte e em decorrência de algumas observações obtidas com a realização da pesquisa, relatam-se algumas limitações e sugestões de trabalhos futuros.

A primeira limitação observada é em relação aos contextos particulares de cada IFE e do escopo de atuação do GIT+. Considerando o seu uso ideal, o GIT+ utiliza uma equipe

projetual que conta com designer e revisores braille, além do maquinário de fabricação digital e técnicos operadores das máquinas. Entende-se que nem todos os Núcleos têm essa disponibilidade e, por isso, sugerem-se colaborações para suprir esta lacuna. Existe uma curva de aprendizagem no uso do *framework* que deve ser considerada com relação à cultura organizacional da equipe de projeto, a qual pode variar em relação à sua facilidade no uso do *framework*.

Em um contexto temporal do processo projetual, o GIT+ atua entre a demanda do GIT e a sua implementação em sala de aula. Somando isso às políticas e logísticas internas das IFES, algumas variáveis fogem do escopo de atuação desta pesquisa, tais como: o formato e uso do documento que sintetiza o perfil do aluno com deficiência; a cultura de demandas urgentes por GIT; o uso que o GIT terá em sala de aula por professores e alunos. Nesse sentido, essas variáveis devem ser trabalhadas pelas IFES a partir de ações pontuais como a conscientização de alunos e professores, sobre o processo e os prazos de demandas, e a avaliação sobre os documentos de perfis dos alunos com deficiência utilizados na instituição. O GIT+ traz o exemplo do PEI, como sendo um documento completo de perfil do aluno que pode ser utilizado pelos Núcleos. Para minimizar os impactos das demandas urgentes, uma solução é utilizar o formato detalhado do *framework* como ferramenta principal para guiar o projeto de GIT.

Na pesquisa de campo com os professores, constatou-se uma tendência à descentralização na produção de GIT em relação aos Núcleos de Acessibilidade. Segundo alguns professores, o nível de burocracia envolvido na produção de GIT, as distâncias físicas dos Núcleos de Acessibilidade, bem como, o aumento ao acesso de ferramentas como impressoras 3D, os levam a fabricar os GIT que utilizam em sala de aula por conta própria. Além disso, percebeu-se que muitas vezes os professores possuem pouco conhecimento sobre o que os núcleos podem fazer para auxiliá-los em sua atividade instrucional. Nesse sentido, sugerem-se ações que busquem aproximar e fomentar o trabalho conjunto entre professores e os Núcleos. Além disso, como sugestão de trabalho futuro, sugere-se a criação de um *framework* para a criação de GIT considerando o contexto independente de criação desses professores.

Os seguintes tópicos merecem destaque e podem ser utilizados em pesquisas futuras. Conforme os professores pesquisados, GIT interativos em que os alunos tem a possibilidade de montar e manuseá-los, obtêm engajamento e são eficazes na aprendizagem. Portanto, sugerem-se pesquisas que promovam o desenvolvimento desse tipo de GIT. Outro aspecto observado na pesquisa de campo foi o uso de roteiros instrucionais junto dos GIT - sugestões e roteiros de aplicação dos GIT em situações instrucionais.

Outras questões que despertaram a curiosidade do pesquisador estão em relação à dinâmica de trabalho em grupo entre PCDV e normovisuais. Um exemplo é o caso no qual alunos normovisuais guiam o dedo de ADV sobre gráficos impressos (após estes

receberem uma explicação inicial sobre os gráficos) - mesmo sem relevo o fato de guiar o dedo dedos os leva a compartilhar a compreensão do conteúdo do gráfico com o grupo. Sugere-se estudos que explorem estas dinâmicas de aplicações em trabalhos em grupos mistos contendo alunos normovisuais e ADV.

Em relação à validação final do GIT+, recomenda-se a produção de GIT utilizando o *framework* aqui proposto, aplicando a metodologia da pesquisa inicialmente proposta, que visava comparar GIT produzidos com os processos usuais dos Núcleos em comparação àqueles produzidos com o GIT+, utilizando como referência os gráficos produzidos e o seu uso em uma situação instrucional.

Referências

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR ISO 9000 – Sistemas de gestão da qualidade**: fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ABS – Art Beyond Sight. **Touch**. Salvador Dali and Surrealism. 2018. Disponível em: <http://www.artbeyondsight.org/ahtts/dali-touch.shtm>. Acesso em: 11 jul. 2018.

ANDRADE, R. **Requisitos de projeto para produção de recursos didáticos táteis para estudantes cegos no processo de ensino-aprendizagem de geometria espacial**. 2019. Dissertação (Mestrado em Design) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

ALVES, M.; SOUZA, C. Rompendo barreiras atitudinais: um caminho de aproximação com o outro “diferente”. **Vidya**, v. 21, n. 38, p. 119–124, 2002.

AMIRALIAN, M. L. T. M. **Compreendendo o cego: uma visão psicanalítica da cegueira por meio de desenhos-estórias**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1997. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=PljbbDoc9ZMC&oi=fnd&pg=PA7&dq=AMIRALIAN,+M.+Compreendendo+o+cego:+uma+visão+psicanalítica+da+cegueira+por+meio+de+desenhos-estórias&ots=c3r0Cagry&sig=Fh_l2t0mmaJ0rctcqsK1tLcVDI8#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 13 set. 2018.

ANNE CORN; KELLY LUSK. Perspectives on Low Vision. In: CORN, A. L.; ERIN, J. N. (Eds.). **Foundations of low vision : clinical and functional perspectives**. New York: AFB Press, 2010. p. 965.

BACK, N. *et al.* **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008.

BARTHES, R.; HEATH, S. **Image, music, text**. New York: Hill and Wang, 1977.

BAXTER, M. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

BELLONI, M. **Educação a distância**. 5. ed. Campinas: Autores associados, 2009.

BELLOTTI, C. Tactile, Three-dimensional, Multimedia Teaching System for the Blind, the Vision-impaired, and Sighted Learners: Touch, Listen, Learn. In: 22ND MEDITERRANEAN CONFERENCE ON CONTROL AND AUTOMATION (MED) 2014, **Anais... IEEE**, 2014, p. 175-181.

BERSCH, R. D. C. R. **Design de um Serviço de Tecnologia Assistiva em Escolas Públicas**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/18299>. Acesso em: 13 set. 2018.

BORNSCHEIN, J.; PRESCHER, D.; WEBER, G. Inclusive production of tactile graphics, In: IFIP Conference on Human-Computer Interaction. **Anais... Springer**: Cham, 2015. p. 80-88.

Disponível em: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84945529417&doi=10.1007%2F978-3-319-22701-6_7&partnerID=40&md5=a68141be079de62d4a98f7feace23823

BRASIL. **Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência:** Protocolo Facultativo à Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência. Presidência da República, Secretaria Especial dos Direitos Humanos, Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência, Brasília, 2007.

BRASIL. Decreto nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999. **Regulamenta a Lei nº 7.853, de 24 de outubro de 1989, dispõe sobre a Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência, consolida as normas de proteção, e dá outras providências.** Brasília, DF: 1999.

BRASIL. Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004. **Regulamenta as Leis nos 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências.** Brasília, DF: 2004.

BRASIL. Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009. **Promulga a Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo, assinados em Nova York, em 30 de março de 2007.** Brasília, DF: 2009a.

BRASIL. Decreto nº 7.234, de 19 de julho de 2010. **Dispõe sobre o Programa Nacional de Assistência Estudantil – PNAES.** Brasília, DF: 2010.

BRASIL. Decreto nº 7.611, de 17 de novembro de 2011. **Dispõe sobre a educação especial, o atendimento educacional especializado e dá outras providências.** Brasília, DF: 2011a.

BRASIL. Decreto nº 7.612, de 17 de novembro de 2011. **Institui o Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência - Plano Viver sem Limite.** Brasília, DF: 2011b.

BRASIL. Lei Nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional.** Brasília, DF: 1996.

BRASIL. Lei Nº 13.146, de 6 de julho de 2015. **Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência).** Brasília, DF: 2015.

BRASIL. Lei Nº 13.409, de 28 de dezembro de 2016. **Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência).** Brasília, DF: 2016.

BRASIL. Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. Comitê de Ajudas Técnicas. **Tecnologia Assistiva.** Brasília: CORDE, 2009b.

BRASIL. **Cartilha do Censo 2010 – Pessoas com Deficiência.** Luiza Maria Borges Oliveira / Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República (SDH/PR) / Secretaria Nacional

de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência (SNPD) / Coordenação-Geral do Sistema de Informações sobre a Pessoa com Deficiência; Brasília :SDH-PR/SNPD, 2012.

BRENDLER, C. F. *et al.* Recursos didáticos táteis para auxiliar a aprendizagem de deficientes visuais. [s. l.], 2014.

BRITTON, B. K.; WOODWARD, A.; BINKLEY, M. R. **Learning from textbooks: theory and practice**. London: L. Erlbaum Associates, 1993. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=LdDGmJorxbEC&oi=fnd&pg=PR3&dq=Woodward,+A.++\(1993\).+Do+illustrations+serve+an+instructional+purpose+in+U.S.+textbooks%3F&ots=UhPu6pdwAm&sig=uPbs526ca7klxWgVSP4UqRupL4g#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=LdDGmJorxbEC&oi=fnd&pg=PR3&dq=Woodward,+A.++(1993).+Do+illustrations+serve+an+instructional+purpose+in+U.S.+textbooks%3F&ots=UhPu6pdwAm&sig=uPbs526ca7klxWgVSP4UqRupL4g#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 14 jun. 2018.

BROWN, T. **Change by design: how design thinking transforms organizations and inspires innovation**. New York: HarperBusiness, 2009.

BRUYERE, S. **Assistive Technology, Accommodations, and the Americans with Disabilities Act**. Ithaca: Cornell University, 2001.

BURGER, D. New technologies in the education of the visually handicapped. In: Les nouvelles technologies dans l'éducation des déficients visuels: actes du colloque tenu. **Anais...** John Libbey Eurotext, 1996. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=rOT5AIJWu5MC&pg=PA90&lpg=PA90&dq=micro-capsule+Minolta+paper&source=bl&ots=pB8wb7Qtxb&sig=a8-jKbQroxRDAtAE3tSRcuCesdE&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKewiekuHpzd7UAhWGI5AKHRsfDdkQ6AElaTAH#v=onepage&q=micro-capsule+Minolta+paper&f=false>. Acesso em: 5 jul. 2017.

BURGSTALLER, S. Universal design of instruction. **Remedial and Special Education**, [s. l.], v. 24, n. 6, p. 369, 2002. Disponível em: <http://www.washington.edu/doit/Brochures/Academics/instruction.html>.

CAMBIAGHI, S. **Desenho Universal: métodos e técnicas para arquitetos e urbanistas**. São Paulo: Senac, 2007.

CARDOSO, E. DESIGN PARA EXPERIÊNCIA MULTISSENSORIAL EM MUSEUS: fruição de objetos culturais por pessoas com deficiência visual. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, 2016.

CARFAGNI, M. *et al.* Tactile representation of paintings: An early assessment of possible computer based strategies. In: **Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)**. **Anais...** LNCS, 2012, p. 261–270.

CARPES, D. S. **Audiodescrição: práticas e reflexões**. Santa Cruz do Sul: Catarse, 2016.

CARPIO, C.; AMÉRIGO, M.; DURÁN, M. **Study of an Inclusive Intervention Programme in Pictorial Perception with Blind and Sighted Students**, *European Journal of Special Needs Education*, v. 32, n. 4, p. 525-542, 2017.

CARVALHO, J.; VOLPATO, N. Prototipagem rápida como processo de fabricação. In: VOLPATO, N. (Ed.). **Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações**. São Paulo: Blücher, 2006.

CHEN, J. J. *et al.* A Pattern Recognition Method for Automating Tactile Graphics Translation from Hand-drawn Maps. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS. **Anais...** IEEE, 2013. p. 4173-4178.

CLARK, R.; LYONS, C. **Graphics for learning: Proven guidelines for planning, designing, and evaluating visuals in training materials.** 2. ed. San Francisco: Pfeiffer, 2011. Disponível em: http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=Q6lg-pLWws4C&oi=fnd&pg=PT12&dq=GRAPHICS+for+Learning:+Proven+Guidelines+for+Planning,+Designing,+and+Evaluating+Visuals+in+Training+Materials&ots=_51qVf1bAu&sig=7eMpNdultXS0Zframework7l8zcKwBhhBg. Acesso em: 2 jun. 2013.

COBO, A.; RODRÍGUEZ, M.; BUENO, S. Visão subnormal. In: MARTIN, M.; BUENO, S. T. (Eds.). **Deficiência visual: aspectos psicoevolutivos e educativos.** São Paulo: Santos, 2010.

COLENBRANDER, A. **Visual standards: Aspects and ranges of vision loss.** Visual impairment research, v. 5, n. 3, p. 115-136, 2003.

COLPES, K. M.; LARANJA, R. A. C. Impressora de gráficos em alto-relevo para cegos: um facilitador no ensino da física e da matemática. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&site=eds-live&db=edsrca&AN=rcaap.portugal.10183.97231>. Acesso em: 2 jun. 2020.

COSTA, D. **DIRETRIZES DE QUALIDADE PARA MATERIAIS EDUCACIONAIS NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO INCLUSIVA.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, 2016.

CRUICKSHANK, W. M. **Psychology of exceptional children and youth.** New Jersey: Prentice-Hall, 1980.

CYBIS, W. **Ergonomia e usabilidade: conhecimentos, métodos e aplicações.** 2. ed. São Paulo: Novatec, 2010.

DAALHUIZEN, J. J. **Method Usage in Design:** How methods function as mental tools for designers. Koninklijke Wöhrmann: CPI, 2014.

DICKMAN, A. G. *et al.* **Adapting Diagrams from Physics Textbooks: A Way to Improve the Autonomy of Blind Students.** Physics Education, v. 49, n. 5, p. 526, 2014.

EDMAN, P. **Tactile graphics.** Arlington: American Foundation for the Blind, 1992. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=C7vq4-Th71AC&pg=PA101&lpg=PA101&dq=Edman,+P.K.:+Tactile+graphics.&source=bl&ots=prf9p4nBFY&sig=cMUx26kPLR4Fcbjjj-OjA727eeQ&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwjlqL6jlfnbAhWJipAKHT8ABFMQ6AEIPjAD#v=onepage&q=Edman%2C%20P.K.%3A%20Tactil>. Acesso em: 4 jul. 2018.

EDUCAUSE. **Infographic creation tools,** 2013.

ERIKSSON, Y. **Art beyond sight: a resource guide to art, creativity, and visual impairment.** In: AXEL, E. S.; LEVENT, N. S. (Eds.). Arlington: AFB Press, 2003. p. 503.

ERIKSSON, Y. Tactile reading: tactile understanding. In: MANDUCHI, R.; KURNIAWAN, S.

(Eds.). **Assistive Technology for Blindness and Low Vision**. London: CRC Press, 2013. p. 193–217.

ESPINOZA, M.; SCHAEFFER, L. Uso do CAD/CAE/CAM na produção de matrizes para os processos novos de conformação mecânica. **Revista del Instituto de Investigación FIGMMG**, v. 7, n. 14, p. 84–91, 2004.

FERREIRA, J. *et al.* **Manual de imagens para deficientes visuais**. São Paulo: FFLCH/USP, 2021. Disponível em: <http://fepesp.org.br/noticia/o-livro-que-mostra-como-criar-imagens-tateis/>. Acesso em: 20 mai. 2022.

FERRO, T. J.; PAWLUK, D. T. V. Automatic image conversion to tactile graphic. In: PROCEEDINGS OF THE 15TH INTERNATIONAL ACM SIGACCESS CONFERENCE ON COMPUTERS AND ACCESSIBILITY. **Anais...** ACM SIGACCESS: 2013. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84887449662&doi=10.1145%2F2513383.2513406&partnerID=40&md5=55c0acf50e3db826a1c3bf09781f6baa>.

FERWERDA, J. A.; BULATOV, V.; GARDNER, J. Evaluating the effectiveness of auditory and tactile surface graphs for the visually impaired. In: HUMAN VISION AND ELECTRONIC IMAGING. **Anais...** HVEI, 2016. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85011056268&doi=10.2352%2FISSN.2470-1173.2016.16HVEI-100&partnerID=40&md5=c2ff3f3efa50d99c36534278edd454de>.

FILATRO, A. **Design instrucional na prática**. São Paulo: Pearson Education, 2008. Disponível em: http://www.travessa.com.br/DESIGN_INSTRUCIONAL_NA_PRATICA/artigo/FD9092CF-1699-4268-B1BB-29FA933FC12A/pcd=028?utm_source=buscape&utm_medium=buscape&utm_campaign=buscape. Acesso em: 28 jul. 2013.

FRASCARA, J. **Communication Design: Principles, Methods, and Practice**. New York: Allworth Communications. Inc., 2004. Disponível em: http://books.google.com.br/books/about/Communication_Design.html?id=b40C60hN0KcC&pgis=1. Acesso em: 11 ago. 2013.

FRASCARA, J. **Qué es el diseño de información?** Buenos Aires: Infinito, 2011.

FRÓES, M. **A Escolarização Das Pessoas Com Deficiência Visual: Contribuições E Limites Das Atividades Pedagógicas Mediadas Na Sala De Integração E Recursos Visual Marco Antonio De Melo Fróes a Escolarização Das Pessoas Com Deficiência Visual**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Educação, Porto Alegre, 2015.

FURFERI, R. *et al.* From 2D to 2.5D i.e. from painting to tactile model. **Graphical Models**, v. 76, n. 6, p. 706–723, 2014. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84910100517&doi=10.1016%2Fj.gmod.2014.10.001&partnerID=40&md5=b384d30d56fb7fb6fd767e4f322832d4>. Acesso em: 2 jun. 2020.

GERSHENFELD, N. **How to Make Almost Anything: The Digital Fabrication Revolution**. New York: Foreign Affairs, 2012.

GOLDSTEIN, J. E. *et al.* Visual ability of patients seeking outpatient lowvision services in the united states. **JAMA Ophthalmology**, v. 132, n. 10, p. 1169–1177, 2014.

GUAL, J.; PUYUELO, M.; LLOVERAS, J. Three-dimensional tactile symbols produced by 3D Printing: Improving the process of memorizing a tactile map key. **British Journal of Visual Impairment**, v. 32, n. 3, p. 263–278, 2014.

GUAL, J.; PUYUELO, M.; LLOVERAS, J. The effect of volumetric (3D) tactile symbols within inclusive tactile maps. **Applied Ergonomics**, v. 48, p. 1–10, 2015. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84922801943&doi=10.1016%2Fj.apergo.2014.10.018&partnerID=40&md5=c3ddad63aad83048e21b0042c515f151>. Acesso em: 2 jun. 2020.

GIBBONS, S. **Service Blueprints**: Definition. Nielsen Norman Group. Ago. 27, 2017. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/service-blueprints-definition/>. Acesso em: 9 ago. 2021.

GUIMARÃES, L. **Ergonomia cognitiva: processamento de informações, IHC, engenharia de sistemas cognitivos, erro humano**. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2006.

HALLGRIMSSON, B. **Prototyping and Modelmaking for Product Design (Portfolio Skills)**. Hachette: Laurence King Publishers, 2012. Disponível em: <http://www.amazon.com/Prototyping-Modelmaking-Product-Design-Portfolio/dp/1856698769>. Acesso em: 23 jul. 2013.

HE, L. *et al.* TacTILE: A preliminary toolchain for creating accessible graphics with 3D-printed overlays and auditory annotations. In: ASSETS 2017 - PROCEEDINGS OF THE 19TH INTERNATIONAL ACM SIGACCESS CONFERENCE ON COMPUTERS AND ACCESSIBILITY **Anais...** SIGACCESS, 2017. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85041383465&doi=10.1145%2F3132525.3134818&partnerID=40&md5=1b067a664146534be31fc1f92767f8e8>. Acesso em: 2 jun. 2020.

HORTON, W. **E-learning by design**. San Francisco: Pfeiffer, 2006.

HOWARD, T. J.; CULLEY, S. J.; DEKONINCK, E. Describing the creative design process by the integration of engineering design and cognitive psychology literature. **Design Studies**, v. 29, n. 2, p. 160–180, 2008.

IDEO. **The field guide to human-centered design: design kit**. San Francisco: IDEO, 2015. Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/The_Field_Guide_to_Human_centered_Design.html?id=-T3urQEACAAJ&redir_esc=y. Acesso em: 26 nov. 2018.

INCLUIR. **Documento Orientador Programa Incluir**: Acessibilidade da Educação Superior. 2013. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/incluir/wp-content/uploads/2017/07/Documento-Orientador-do-Programa-Incluir-PDF2.pdf>. Acesso em: 18 out. 2021.

INCLUIR. **Núcleo de Inclusão e Acessibilidade UFRGS**. 2019. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/incluir/>. Acesso em: 24 out. 2019.

JIANG, N. *et al.* User study of tactile graphics design for blind students. **Journal of**

Computer-Aided Design and Computer Graphics, v. 23, n. 9, p. 1539–1544, 2011.
Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-80053950161&partnerID=40&md5=e10d129f8e8db152b1e21fe342955060>. Acesso em: 2 jun. 2020.

JONES, M. G.; BROADWELL, B. Visualization Without Vision: Students with Visual. In: **Visualization: Theory and Practice in Science Education**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2008. p. 283–294.

KALIA, A. *et al.* Perception of tactile graphics: Embossings versus cutouts. **Multisensory Research**, v. 27, n. 2, p. 111–125, 2014. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84905244433&doi=10.1163%2F22134808-00002450&partnerID=40&md5=1c78e2e9ba8df5587c7d9258188956c8>. Acesso em: 2 jun. 2020.

KARDOULIAS, T. Guidelines for Making Tactile Diagrams and Accompanying Narratives. In: AXEL, ELISABETH SALZHAUER; LEVENT, N. S. (Ed.). **Art Beyond Sight. A resource on Art, Creativity and Visual Impairment**. Arlington: American Foundation for the Blind, 2003.

KENNEDY, J. M. Drawings from Gaia, a blind girl. **Perception**, v. 32, n. 3, p. 321–340, 2003.

KING-SEARS, M. Commentary Universal Design for Learning. **Technology and Pedagogy**. v. 32, n. 4, p. 199–201, 2009.

KNAPP, J. **Sprint: o método usado no google para testar e aplicar novas ideias em apenas cinco dias**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2017.

KOSSLYN, S. **Image and Brain: The Resolution of the Imagery Debate**. Cambridge: MIT Press, 1994. Disponível em: http://www.amazon.com/Image-Brain-Resolution-Imagery-Debate/dp/0262111845/ref=sr_1_2?ie=UTF8&qid=1428624663&sr=8-2&keywords=kosslyn+image+brain. Acesso em: 10 abr. 2015.

KOSSLYN, S. M.; THOMPSON, W. L. William L.; GANIS, G. **The case for mental imagery**. Oxford: Oxford University Press, 2010. Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/The_Case_for_Mental_Imagery.html?id=7En8QQAACAAJ&redir_esc=y. Acesso em: 10 out. 2018.

KOULOPOULOS, T. M.; KELDSEN, D. **The Gen Z effect: the six forces shaping the future of business**. New York: Bibliomotion, 2016.

KULPA, C. C. A Contribuição De Um Modelo De Cores Na Usabilidade Das Interfaces Computacionais Para Usuários De Baixa Visão. [s. l.], p. 191, 2009.

KULPA, C. C. **Sistemática para o Desenvolvimento de Diretrizes no Design de Interfaces Gráficas em Tablet PCs voltadas a Usuários Típicos**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre, 2017.

LEDERMAN, S. J.; KLATZKY, R. L. Hand movements: A window into haptic object recognition. **Cognitive psychology**, v. 19, p. 342–368, 1987.

LEDERMAN, S.; KLATZKY, R. Haptic perception: A tutorial. **Attention, perception &**

psychophysics, v. 71, n. 3, p. 481–489, 2009.

LEVI, F. Using silk screen printing for relief drawings: examples from guides to Turin and Venice. In: BURGER, D. (Ed.). **New technologies in the education of the visually handicapped**. Torino: John Libbey Eurotext, 1996. p. 89–94.

LIMA, C.; FONSECA, P. Recursos táteis adaptados ou construídos para o ensino de deficientes visuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO SUPERIOR A DISTÂNCIA 2016, São João del Rei. **Anais...** São João del Rei: UFSJ, 2016.

LÖBACH, B. **Design industrial: base para a configuração dos produtos industriais**. São Paulo: Blücher, 2001.

LOOMIS, J. M.; KLATZKY, R. L.; GIUDICE, N. A. Sensory substitution of vision: Importance of perceptual and cognitive processing. **Assistive Technology for Blindness and Low Vision**, n. February 2016, p. 162–191, 2012.

MACARIO, J. W. **Graphic design essentials: skills, software, and creative solutions**. London: Laurence King Publishing, 2009. Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/Graphic_Design_Essentials.html?id=jmUkOwAACAAJ&source=kp_cover&redir_esc=y. Acesso em: 11 mar. 2019.

MARSH, E. E.; WHITE, M. D. A taxonomy of relationships between images and text. **Journal of Documentation**, v. 59, n. 6, p. 647–672, 2003.

MARTÍN, M. B.; BUENO, S. T. **Deficiência Visual: aspectos psicoevolutivos e educacionais**. São Paulo: Santos, 2010.

MARTIN, M.; RAMÍREZ, F. Visão subnormal. In: MARTIN, M.; BUENO, S. T. (Eds.). **Deficiência visual: aspectos psicoevolutivos e educativos**. São Paulo: Santos, 2010.

MARTINS, L. ARTIGO 2 – DEFINIÇÕES. In: RESENDE, A. P.; VITAL, F. (Eds.). **A Convenção sobre o Direito das Pessoas com Deficiência Comentada**. Brasília: CORDE, 2008.

MAYER, R. E. **Multimedia learning**. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2009. Disponível em: <http://www.amazon.co.uk/Multimedia-Learning-Richard-E-Mayer/dp/0521735351>. Acesso em: 25 jun. 2013.

MAYER, R. E.; SIMS, V.; TAJIKA, H. Brief Note: A Comparison of How Textbooks Teach Mathematical Problem Solving in Japan and the United States. **American Educational Research Journal**, v. 32, n. 2, p. 443–460, 1995. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.3102/00028312032002443>. Acesso em: 14 jun. 2018.

MCCONNELL, J. J. **Computer graphics: theory into practice**. Boston: Jones and Bartlett Publishers, 2006.

MCDONALD, S. *et al.* Tactile aids for visually impaired graphical design education. In: ASSETS14 - PROCEEDINGS OF THE 16TH INTERNATIONAL ACM SIGACCESS CONFERENCE ON COMPUTERS AND ACCESSIBILITY **Anais...** SIGACCESSI, 2014. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84911390065&doi=10.1145%2F2661334.2661392&partnerID=40&md5=ea50f888164ad318742f27d72e5076b6>. Acesso em: 2 jun. 2020.

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.

MORA, A. B. **Design inclusivo centrado no usuário: Diretrizes para ações de inclusão de pessoas cegas em museus**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15003161%5Cnhttp://cid.oxfordjournals.org/lookup/doi/10.1093/cid/cir991%5Cnhttp://www.scielo.cl/pdf/udecada/v15n26/art06.pdf%5Cnhttp://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84861150233&partnerID=tZ0tx3y1>.

MUMFORD, M.; NORRIS, D. Heuristics. In: RUNCO, M.; PRITZKER, S. R. (Ed.). **Encyclopedia of creativity**. California: Academic Press, 1999.

MUNARI, B. **Design e comunicação visual: contribuição para uma metodologia didática**. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Learning to think spatially**. Washington, DC: National Academies Press, 2006.

NEVES, J. Comunicação multi-sensorial em contexto museológico. **Actas do I Seminário de Investigação em Museologia dos Países de Língua Portuguesa e Espanhola**, v. 2, p. 180–192, 2010. Disponível em: <http://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/8195.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2020.

NEWARK, Q. **O que é design gráfico?** Porto Alegre: Bookman, 2009.

NOYES, J. M. **Designing for humans**. Philadelphia: Psychology Press, 2001.

O'MODHRAIN, S. *et al.* Designing Media for Visually-Impaired Users of Refreshable Touch Displays: Possibilities and Pitfalls. **IEEE Transactions on Haptics**, v. 8, n. 3, p. 248–257, 2015. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7182782/>. Acesso em: 13 mar. 2018.

OKAMOTO, J. **Percepção ambiental e comportamento: visão holística da percepção ambiental na arquitetura e na comunicação**. São Paulo: Mackenzie, 2002. Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/Percepção_ambiental_e_comportamento.html?id=4y_uAQAACAAJ&source=kp_book_description&redir_esc=y. Acesso em: 24 set. 2018.

OLIVEIRA, D. J. de L. **O Uso da Prototipagem e Fabricação Digital no Ambiente Fab Lab**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, 2016.

ORTÍ, J.; MIRA, J.; PITARCH, M. J. Obtención de gráficos tangibles mediante técnicas de Prototipado Rápido: el volumen como elemento compositivo de diseño. **Integración. Revista sobre discapacidad visual**, v. 65, p. 1–22, 2015. Disponível em: http://www.once.es/new/servicios-especializados-en-discapacidad-visual/publicaciones-sobre-discapacidad-visual/nueva-estructura-revista-integracion/copy_of_numeros-publicados/numero-65/obtencion-de-graficos-tangibles-mediante-tecnicas-de-prototipado-rapid. Acesso em: 2 jun. 2020.

PEREIRA, L. **Deficiência visual e surdocegueira: encontro pelas mãos**. São Paulo: Mais

diferenças, 2009.

PEREIRA, P. Z. **O pensamento criativo no processo projetual: Proposta de um framework para auxiliar a criatividade em grupos de design**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, 2016.

PETTERSSON, R. **Information Design: An introduction**. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins, 2002.

PETTERSSON, R. **Image Design**. Amsterdam/Philadelphia: iiiiDx, 2013. a.

PETTERSSON, R. **Information design 4 - Graphic Design**. Amsterdam/Philadelphia: iiiiDx, 2013. b.

PETTERSSON, R. **Information design 1: Message Design**. Tullinge: iiiiDx, 2013. c.

PICARD, D. *et al.* Haptic recognition of two-dimensional raised-line patterns by early-blind, late-blind, and blindfolded sighted adults. **PERCEPTION**, v. 39, n. 2, p. 224–235, 2010.

PINTO, K. C. B. **Acessibilidade em interfaces gráficas de objetos de aprendizagem para usuários com baixa visão: uma aplicação no ensino de geometria descritiva**. 2018. 212 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. **Interaction design : beyond human-computer interaction**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

PRESCHER, D.; BORNSCHEIN, J.; WEBER, G. Production of Accessible Tactile Graphics. In: COMPUTERS HELPING PEOPLE WITH SPECIAL NEEDS. **Anais...** ICCHP, 2014.

RADABAUGH, M. **Study on the Financing of Assistive Technology Devices of Services for Individuals with Disabilities: A report to the president and the congress of the United State**. National Council on Disability. Mar. 1993. Disponível em: <http://www.ccclivecaption.com>. Acesso em: 28 abr. 2015.

RAMOS, R. **Design de material didático on-line: reflexões**. Linguagem, educação e virtualidade. São Paulo: Cultura Acadêmica, p. 93-116, 2009.

REICHINGER, A. *et al.* Computer-aided design of tactile models: Taxonomy and case studies. In: Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). **Anais...** LNCS, 2012, p. 497–504, 2012.

REICHINGER, A.; MAIERHOFER, S.; PURGATHOFER, W. High-quality tactile paintings. **Journal on Computing and Cultural Heritage**, v. 4, n. 2, 2011. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84979798736&doi=10.1145%2F2037820.2037822&partnerID=40&md5=a87cb0d537fc72631649aafdd123e614>. Acesso em: 2 jun. 2020.

REIGELUTH, C. M. **Instructional-design theories and models: a new paradigm of instructional theory (Volume II)**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1999.

ROSA, Valéria Ilsa. **Design inclusivo: processo de desenvolvimento de prancha de**

Comunicação Alternativa e Aumentativa para crianças com Transtorno do Espectro do Autismo utilizando Realidade Aumentada. 2018. 253 f. Tese (Doutorado em Design) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

SÁEZ, T. D. **Relación entre procesos mentales y sentido háptico: emociones y recuerdos mediante el análisis empírico de texturas.** Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona, 2012. Disponível em:

<https://app.box.com/s/wo7ez9hxzyt2d95kvdql%5Cnhttp://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/96819/tds1de1.pdf?sequence>. Acesso em: 2 jun. 2020.

SALTON, B. *et al.* PROPOSTA DE CONFECÇÃO DE TERMOFORMADORA DE BAIXO CUSTO. In: SONZA, *et al.* (Org.). **Conexões Assistivas:** Tecnologia assistiva e materiais didáticos acessíveis. Erechim: Graffoluz, 2020.

SANCHES, E. **Modelo de tradução para acessibilidade de imagens estáticas de objetos de aprendizagem através de impressão tridimensional.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Design, Curitiba, 2018.

SANCHES, E. C. P.; DE MACEDO, C. M. S.; BUENO, J. Three-dimensional tactile images for blind people: A proposition for a translating model of static two-dimensional images, In: International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics. **Anais...** Springer, Cham, 2018, p. 465-476. Disponível em: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85026310972&doi=10.1007%2F978-3-319-60597-5_44&partnerID=40&md5=044d376bc5b34d473a8fb698fdcd611b. Acesso em: 2 jun. 2020.

SANCHES, E.; MACEDO, C.; BUENO, J. Three-Dimensional Tactile Images for Blind People: A Proposition for a Translating Model of Static Two-Dimensional Images. **Advances in Design for Inclusion**, v. 587, 2018.

SASSAKI, R. K. Inclusão: Acessibilidade no lazer, trabalho e educação. **Revista Nacional de Reabilitação (Reação)**, v. 2, n. 2, p. 10–16, 2009.

SCHNOTZ, W.; BANNERT, M. Construction and interference in learning from multiple representation. **Learning and Instruction**, v. 13, p. 141–156, 2003.

SCOPEL, E. *et al.* Dedução de Área das Figuras Geométricas Planas – Uma Forma Inclusiva. In: SONZA, A.; SALTON, B.; STRAPAZZON, J. (Org.). **Soluções acessíveis:** experiências inclusivas no IFRS. Porto Alegre: CORAG, 2014.

SCOTT, V. Acessibilidade Às Pessoas Com Deficiência Na Educação Superior: Universidade Federal De Santa Maria-Rs. In: (PUC, Ed.) CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO - EDUCERE 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: PUC, 2011.

SHI, L. *et al.* Tickers and Talker: An Accessible Labeling Toolkit for 3D Printed Models, In: Proceedings of the 2016 chi conference on human factors in computing systems. **Anais...** ACM, 2016. p. 4896-4907.

SILVA, F. P.; ULBRICHT, V. R.; PADOVANI, S. Tactile maps as teaching tool for the spatial perception of people with visual impairment. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTERFACES AND HUMAN COMPUTER INTERACTION 2016, GAME AND ENTERTAINMENT TECHNOLOGIES 2016 AND COMPUTER GRAPHICS, VISUALIZATION, COMPUTER VISION AND IMAGE PROCESSING 2016 - PART OF THE MULTI CONFERENCE ON COMPU 2016, **Anais...** CGVCVIP, 2016, p. 327-331. Disponível em:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85040106971&partnerID=40&md5=e3d3295e7312dc88108b0e5c2212cfe4>. Acesso em: 2 jun. 2020.

SILVEIRA, D. *et al.* Materiais didático-pedagógicos acessíveis: matemática. In: SONZA, *et al.* (Org.). **Conexões Assistivas: Tecnologia assistiva e materiais didáticos acessíveis**. Erechim: Graffoluz, 2020.

SIMON, H. **As ciências do artificial**. Coimbra: Armênio Amado, 1981.

SONZA, A. **Produção de materiais grafo-táteis com orientações para a elaboração de itens com imagens acessíveis a participantes com deficiência visual e surdocegueira no exame nacional do ensino médio**. Brasília: INEP, 2021.

SOUZA, O. S. H. **Itinerários da inclusão escolar: múltiplos olhares, saberes e práticas**. Porto Alegre: AGE, 2008. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=uExDXSnlb_MC&pg=PA39&lpg=PA39&dq=barraga+sensory+perceptual+development&source=bl&ots=uztTnJ4XeD&sig=QsR6XXd6S2HO_kLqM7skT8cpmhc&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKewiwwqLs3cLdAhXGHpAKHfijBiMQ6AEwAHoECAMQAQ#v=onepage&q=barraga+sen. Acesso em: 17 set. 2018.

STRICKFADEN, M.; VILDIEU, A. On the quest for better communication through tactile images. **Journal of Aesthetic Education**, v. 48, n. 2, p. 105–122, 2014. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84901802998&doi=10.1353%2Fjae.2014.0014&partnerID=40&md5=1fa8e4963c0fa4119f5ec541529d323e>. Acesso em: 2 jun. 2020.

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, 2012. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563212000921>. Acesso em: 1 mar. 2013.

TAKAGI, N. *et al.* Development of a Computer-aided System for Automating Production of Tactile Maps and Its Usability Evaluation. In: WORLD AUTOMATION CONGRESS (WAC): EMERGING TECHNOLOGIES FOR A NEW PARADIGM IN SYSTEM OF SYSTEMS ENGINEERING 2014, **Anais... IEEE**, 2014. p. 213-218.

TAKAGI, N.; CHEN, J. A Pattern Recognition Method of Broken Line Graphs in Mathematical Figures - Toward the Development of a Computer-aided System for Automating Tactile Graphics Translation. **International Journal of Intelligent Computing in Medical Sciences and Image Processing**, v. 5, n. 2, p. 93–104, 2013. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84889662501&doi=10.1080%2F1931308X.2013.847612&partnerID=40&md5=5209ff960f47e57c3ff614840fe0975b>. Acesso em: 2 jun. 2020.

TARAS, C.; ERTL, T. Interaction with colored graphical representations on braille devices. In: International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction. **Anais... Springer**, 2009. p. 164-173. 2009. Disponível em: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-76249096397&doi=10.1007%2F978-3-642-02707-9_18&partnerID=40&md5=95c50d0efea7b1480cbbfc7b4f8a195c. Acesso em: 2 jun. 2020.

THIEME, E. **Desenvolvimento de interfaces de produtos a partir do design da experiência**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, 2014.

TRELLO. **Comece a fazer**. 2020. Disponível em: <<https://trello.com/home>>. Acesso em: 30 Out. 2020.

TOJAL, A. **Políticas Públicas Culturais de Inclusão de Públicos Especiais em Museus**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Artes, São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/27/27151/tde-19032008-183924/en.php>. Acesso em: 2 jun. 2020.

VIARO, F. S. **Proposição de diretrizes para o projeto de gráficos instrucionais estáticos de qualidade**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, 2015.

VIARO, F.; CASAGRANDA, K. L. ; Ribeiro, T. ; SILVA, R. P. ; TEIXEIRA, F. G. ; Silva, F. P. . **Acessibilidade em museus para pessoas com deficiência visual através da reprodução de obras como imagens táteis**. In: Conferência Internacional para a Inclusão - INCLUDIT, 2016, Leiria. IV Conferência Internacional para a Inclusão. Leiria: PLeiria, 2016. v. 4. p. 253-266.

VOLPE, Y. *et al.* Computer-based methodologies for semi-automatic 3D model generation from paintings. **International Journal of Computer Aided Engineering and Technology**, v. 6, n. 1, p. 88, 2014. Disponível em: <http://www.inderscience.com/link.php?id=58012>. Acesso em: 2 jun. 2020.

WEIDENMANN, B. Codes of Instructional Pictures. In: SHNOTZ, W.; KULHAVY, R. (Eds.). Amsterdam: Elsevier Science, 1994. p. 29–42.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **International statistical classification of diseases and related health problems – ICD-11**. WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018. Disponível em: <https://icd.who.int/dev11/l-m/en#/http%3a%2f%2fid.who.int%2f%2fentity%2f1103667651>. Acesso em: 20 ago. 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **International statistical classification of diseases and related health problems – ICD-10**. WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2010. Disponível em: <http://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2010/en#/H53-H54>. Acesso em: 20 ago. 2018.

APÊNDICE A – Guia de Orientação para Grupo Focal com Equipe de Projeto de GIT

Este instrumento serve como guia para a atividade de grupo focal realizada com os participantes das equipes de projeto de Gráficos Instrucionais Táteis (GIT) nos Núcleos de acessibilidade. As informações obtidas auxiliam a mapear o cenário de projeto no qual se desenvolvem os GIT a fim de estabelecer critérios para auxiliar na elaboração do *framework*. Para tal fim, são abordados temas gerais relacionados ao processo projetual bem como, temas mais específicos que concernem os principais desafios no projeto de GT.

#1 INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE O PROCESSO DE PROJETO

1. Como se dá a **demanda de GIT**? Como o pedido do GIT chega até o núcleo? Existe algum protocolo utilizado para este fim? Quais informações são necessárias?
2. Os GIT são produzidos para **cegos e pessoas com BV**? Existe algum método ou protocolo que ajuda a definir as necessidades do público?
3. Desenhe o **processo de projeto** de GIT.
Quais são as principais etapas e o que ocorre em cada uma delas?

--> **ATIVIDADE EM GRUPO DE DESENHO DO PROCESSO.** Usar *post-its*; indicar etapas, tarefas, fases; organizar, reorganizar; finalizar.

4. Indiquem os **pontos críticos** no projeto de GIT.
Quais são as tarefas/atividades/momentos que merecem maior atenção/cujo resultado pode afetar significativamente a solução final?

--> **ATIVIDADE EM GRUPO PARA ELENCAR E HIERARQUIZAR OS PONTOS CRÍTICOS.** Usar *post-its*, adesivos de votação; elencar pontos críticos; votar nos mais importantes.

5. Como ocorre a **formação da equipe** de projeto? A equipe varia de acordo com o tipo de gráfico ou conteúdo?
6. Existe **colaboração** entre o projetista e professor ou usuário final ou representante do público durante o processo de criação do GIT? Comente sobre esses processos colaborativos.
7. A equipe utiliza **protótipos** como meio fazer correções necessárias no GIT?
8. Existe algum procedimento ou processo utilizado para **verificar a qualidade** do GIT gerado?
9. Vocês consideram que o **espaço físico** está bem configurado para atender todas as necessidades da equipe durante o desenvolvimento do projeto? Por quê? Vocês sugeririam alguma melhoria?

--> **ATIVIDADE INDIVIDUAL/EM GRUPO PARA SUGERIR MELHORIAS.** *Observar exemplos, referências; pensar sobre processo/desafios/tarefas/atividades; usar post-its; individualmente, indicar possibilidades, ferramentas, objetos, melhorias; montar painel com ideias em grupo.*

10. Quais fatores contribuem para um **processo de projeto de qualidade**? Ou seja, considerando aspectos como a sensação de orientação e propósito durante o processo, o cumprimento dos prazos estabelecidos e a geração de um gráfico de qualidade?
11. A equipe utiliza ferramentas consideradas importantes na **gestão do processo**, tais como auxílios na definição de tarefas e comunicações, planejamento de metas, alocação de recursos, cronograma, orçamentos, monitoramento de metas e de progresso, etc.?

#2 QUESTÕES ESPECÍFICAS DO PROCESSO - DESAFIOS/USO DE FERRAMENTAS

1. Como é definido e expresso o **objetivo** do gráfico? Pensam-se em **tarefas** do usuário em relação ao gráfico?

2. Como é tomada a **decisão de adaptar ou não** um gráfico tátil? Em quais situações um gráfico não é adaptado?

--> **ATIVIDADE INDIVIDUAL PARA AVALIAR POTENCIAL DE IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA.** *Analisar árvore de decisão e indicar na escala de lickert segundo a questão: Vocês considera que esta ferramenta poderia ser facilmente implementada no processo projetual?*

3. Como é feita a **escolha do método de produção**? Quais critérios são utilizados?

4. Com se dá o **processo de simplificação**, que envolve a escolha dos conteúdos que serão incluídos e excluídos no gráfico tátil?

--> **ATIVIDADE INDIVIDUAL PARA AVALIAR POTENCIAL DE IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA.** *Analisar planilha de planejamento e indicar na escala de lickert segundo a questão: Vocês considera que esta ferramenta poderia ser facilmente implementada no processo projetual?*

5. Como ocorre a **escolha de padrões e texturas** para o preenchimento dos gráficos, bem como, os **estilos de linha** para contornos, setas, etc?

--> **ATIVIDADE INDIVIDUAL PARA AVALIAR POTENCIAL DE IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA.** *Analisar banco de padrões e texturas e indicar na escala de lickert segundo a questão: Vocês considera que esta ferramenta poderia ser facilmente implementada no processo projetual?*

6. A equipe utiliza **diretrizes de projeto** para auxiliar nos desafios de projeto?

--> **ATIVIDADE INDIVIDUAL PARA AVALIAR POTENCIAL DE IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA.** *Analisar diretrizes de BANA e indicar na escala de lickert segundo a questão: Vocês considera que esta ferramenta poderia ser facilmente implementada no processo projetual?*

APÊNDICE B – Guia de Entrevista com Professor de ADV

Este instrumento serve como guia para a entrevista semi-aberta realizada com os professores de Alunos com Deficiência Visual (ADV). As respostas obtidas com este instrumento auxiliam a compreender o uso dos Gráficos Instrucionais Táteis (GIT) por ADV, considerando o contexto instrucional – contexto situacional sob o qual ocorre a aprendizagem –, bem como, o papel dos professores como colaboradores durante o processo de projeto dos GIT. Para este fim abordam-se temas como o uso dos GIT por ADV, o contexto de aprendizagem, a qualidade dos GIT e o envolvimento dos professores no processo de projeto.

DEMANDA E EXPLORAÇÃO

1. Você já fez ou encomendou **adaptações de conteúdos gráficos** para ADV? Esta **demanda** foi pontual (um ou mais gráficos para um uso específico) ou sistemática (uma série de gráficos para ser usados ao longo de um período determinado)?
2. Cite casos de sucesso de uso de GIT para o ensino. Cite casos onde você sentiu falta da adaptação de conteúdo gráfico.
3. De maneira geral, os ADV conseguem **explorar os GIT de maneira autônoma**? Por quê? De que forma você os apoia caso não consigam?
4. Você percebe diferenças na exploração de um GIT feita por **cegos e alunos com baixa visão**? Você acha que o mesmo gráfico pode ser utilizado por ambos?

ATIVIDADES DE APRENDIZAGEM

5. De que forma os GIT apoiam os ADV na realização das **atividades de aprendizagem**? Existem atividades específicas que os mesmos são mais úteis ou não tão úteis?

--> *Descrever exemplos de atividades de aprendizagem segundo Reigeluth (1999).*

6. Comente sobre a **integração dos alunos com e sem deficiência visual** nas atividades de aprendizagem em grupos, considerando o uso dos gráficos comuns e gráficos táteis.

7. Você pensa na **relação semântica entre texto e gráficos** na hora de encomendar/produzir gráficos táteis?

--> *Mostrar taxonomia de Marsh e White (2003).*

QUALIDADE DOS GRÁFICOS

8. Quais **características** você atribui aos **gráficos de qualidade**?
9. Existem **modificações que você faria** nos gráficos que você já utilizou em sua disciplina para torna-los mais úteis? (ex: adicionar áudio, legendas, cores)

COLABORAÇÃO

10. Você **tem conhecimento dos núcleos da acessibilidade** que produzem materiais acessíveis? Já usou, apoia seus serviços?
11. Qual é seu **envolvimento no processo de projeto** de GIT? Você acredita que uma colaboração diferente poderia gerar gráficos de maior qualidade?

APÊNDICE C – Guia para a Observação Sistemática do Desenvolvimento de GIT

Este instrumento tem como objetivo orientar a observação sistemática indireta realizada pelo autor desta pesquisa durante o desenvolvimento de GIT junto à equipe do Incluir/UFRGS. São desenvolvidos dois GIT utilizando o processo atual empregado pelo Núcleo e, outros dois, aplicando o *framework* simulado.

A observação sistemática envolve a coleta de dados durante o desenvolvimento dos GIT. A equipe trabalha no desenvolvimento dos gráficos e fornece informações pertinentes ao pesquisador. Os principais canais de comunicação são e-mail, whatsapp e videoconferência. A observação ocorre especificamente sob três temas: o desenvolvimento dos GIT; os momentos críticos do projeto; e os relatórios individuais dos projetistas sobre o desenvolvimento dos GIT. Cada tema de observação é acompanhado por critérios específicos e/ou de questões norteadoras que direcionam a observação.

I) Sobre o desenvolvimento de GIT

Resultados das etapas de projeto

- Alcance dos resultados esperados na etapa de projeto (Sim/Não)
- Dificuldades observadas

Etapas

- 1. Planejamento**
- 2. Pesquisa**
- 3. Definição da estratégia**
- 4. Criação**
- 5. Protótipo e revisão**
- 6. Produção**
- 7. Implementação**

Experiência do uso

- Facilidade/dificuldade no desempenho das tarefas
- Facilidade/dificuldade no uso das ferramentas de projeto
- Senso de propósito/orientação na realização das atividades
- Interações entre a equipe de projeto

II) Observação sobre momentos críticos do projeto, principais desafios identificados pelos autores (BANA, 2010; HASTY,2018; BORNSCHEIN; PRESCHER; WEBER, 2015; EDMAN, 1992; ERIKSSON, 2003; KARDOULIAS, 2003; O'MODHRAIN *et al.* , 2015; PRESCHER; BORNSCHEIN; WEBER, 2014; CARFAGNI *et al.* , 2012):

- ➔ Identificar necessidades e tarefas dos usuários;
- ➔ Decisões sobre adaptar ou não; escolha do tipo de gráfico; escolha dos métodos de produção;
- ➔ Processo de simplificação - decisões sobre segmentação e processo de inclusão/exclusão de conteúdos;
- ➔ Edição do gráfico - uso de padrões/texturas; inclusão de textos; leiaute; uso de diretrizes; uso de ferramentas gráficas;
- ➔ Verificação da qualidade;
- ➔ Produção - facilidade de produção e operação das máquinas; necessidade de pós-produção;

III) Registros diários

Nome / Papel na equipe / Data

- Que atividades/tarefas você realizou hoje?
- Qual o objetivo/resultado final alcançado com a realização dessas tarefas?
- Você trabalhou sozinha ou com alguém? Como vocês se comunicaram?
- Quanto tempo aproximado você despendeu em cada tarefa?
- Você sentiu alguma dificuldade? Qual?
- O quão apoiada você se sentiu com o processo de projeto e as ferramentas nele incluídas para o auxiliaram a atingir os objetivos das tarefas?
- Foram utilizadas ferramentas de gestão do processo, como ferramentas de comunicação, de monitoramento de progresso, armazenamento de recursos, etc.?
- Você sentiu falta de algo ou teria alguma sugestão que poderia melhorar a atividade realizada hoje?

APÊNDICE D – Modelo de Convite para Participação de Núcleo de Acessibilidade em Grupo Focal

Prezados (as),

solicito encarecidamente a participação do Núcleo de Acessibilidade (Nome do Núcleo) na pesquisa de doutorado intitulada *framework para a Produção de Gráficos Instrucionais Táteis nas Instituições Federais de Ensino Superior*. Essa pesquisa está sendo desenvolvida por mim, no Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS, sob a orientação do Prof. Dr. Régio Pierre da Silva.

A participação consiste em duas partes: i) proporcionar uma visita guiada ao Núcleo (Nome do Núcleo) que possibilite realizar fotos e anotações sobre os ambientes e recursos físicos utilizados na produção de Gráficos Instrucionais Táteis (GIT); ii) participar em uma atividade de grupo focal com a equipe do projeto de GIT – pessoas que participam do desenvolvimento dos GIT – a fim de obter informações relevantes ao projeto de GIT. O tempo estimado para a realização da visita é de aproximadamente 30 minutos e, para o grupo focal, de 1 hora. Com sua ajuda poderei obter um panorama geral sobre os núcleos de acessibilidade das Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) do Rio Grande do Sul (RS) e estimar cenários possíveis para o projeto de GIT.

Confirmado a participação do Núcleo (Nome do Núcleo) nesta pesquisa poderemos agendar um local e horário de encontro para que os termos de consentimento para a realização da visita e da entrevista sejam assinados. Vocês receberão uma via desses termos 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 para Participação de Professor de ADV em Entrevista

Prezado (a),

solicito encarecidamente a sua participação na pesquisa de doutorado intitulada *framework para a Produção de Gráficos Instrucionais Táteis nas Instituições Federais de Ensino Superior*. Essa pesquisa está sendo desenvolvida por mim, no Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS, sob a orientação do Prof. Dr. Régio Pierre da Silva.

A sua contribuição consiste em participar de uma entrevista a fim de fornecer informações sobre a demanda e o uso de Gráficos Instrucionais Táteis (GIT) por Alunos com Deficiência Visual (ADV). O tempo estimado para a realização da entrevista é de aproximadamente 30 minutos. Com sua ajuda serei capaz de compreender aspectos relevantes relacionados ao uso de GIT em sala de aula e à participação do Professor no processo de projeto de GIT.

Confirmado o seu desejo de participação, poderemos agendar um local e horário de encontro para que o termo de consentimento para a realização desta entrevista seja assinado. 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 – Modelo de Convite para Participação do Núcleo Incluir/UFRGS no Desenvolvimento de GIT

Prezados (as),

solicito encarecidamente a participação do Incluir/UFRGS na pesquisa de doutorado intitulada *framework para a Produção de Gráficos Instrucionais Táteis nas Instituições Federais de Ensino Superior*. Essa pesquisa está sendo desenvolvida por mim, no Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS, sob a orientação do Prof. Dr. Régio Pierre da Silva.

A participação da equipe do Incluir consiste em duas partes: i) desenvolver um GIT utilizando o processo de desenvolvimento atual empregado pelo Núcleo; ii) desenvolver um GIT utilizando o *framework* de projeto em proposição nesta pesquisa. O desenvolvimento da segunda parte é precedida de um treinamento com a equipe de projeto, executado em uma sala com projetor de *slides*, com duração aproximada de 3 horas.

Ambos os processos de desenvolvimento serão acompanhados pelo autor desta pesquisa através de um processo de observação sistemática direta. A observação envolve visitas diárias com duração de 1 hora a fim de coletar informações relevantes durante o processo de desenvolvimento, estimado em 7 dias para cada gráfico, somando o total de 14 dias.

Com a ajuda do CTA serei capaz de verificar a facilidade e utilidade do *framework* e realizar os ajustes necessários. Confirmado a participação do Incluir/UFRGS nesta pesquisa poderemos agendar um local e horário de encontro para que os termos de consentimento para a realização da visita e da entrevista sejam assinados. Vocês receberão uma via desses termos como garantia legal. Lembrando que a 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 G – Termo de Consentimento de Participação dos Núcleos de Acessibilidade em Grupo Focal

Prezados (as),

O Núcleo _____ está convidado a participar na pesquisa de doutorado intitulada *framework para a Produção de Gráficos Instrucionais Táteis nas Instituições Federais de Ensino Superior*. Essa pesquisa está sendo desenvolvida pelo doutorando Felipe Schneider Viaro, no Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS, sob a orientação do Prof. Dr. Régio Pierre da Silva.

O objetivo desta pesquisa é propor um *framework* que oriente o processo de desenvolvimento de Gráficos Instrucionais Táteis (GIT), contemplando técnicas e ferramentas projetuais e utilizando métodos de fabricação digital. A contribuição do Núcleo consiste em duas partes: i) proporcionar uma visita guiada ao Núcleo (Nome do Núcleo) que possibilite realizar fotos e anotações sobre os ambientes e recursos físicos utilizados na produção de Gráficos Instrucionais Táteis (GIT); ii) participar em uma atividade de grupo focal com a equipe do projeto de GIT – pessoas que participam do desenvolvimento dos GIT – a fim de obter informações relevantes ao projeto de GIT.

O tempo estimado para a realização da visita é de aproximadamente 30 minutos e, para o grupo focal, de 2 horas. As informações obtidas com a participação do Núcleo auxiliarão a compor um panorama geral sobre os núcleos de acessibilidade das Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) do Rio Grande do Sul (RS) e estimar cenários possíveis para o projeto de GIT.

Assim, você beneficia diretamente o desenvolvimento do *framework*, o qual possibilita aos projetistas desenvolverem os GIT através de um processo sistematizado que orienta o desenvolvimento dos gráficos, apoiado por técnicas e ferramentas, e utilizando métodos de fabricação digital. De maneira indireta, você contribui para o desenvolvimento teórico da temática gráficos instrucionais táteis dentro dos campos disciplinares do design instrucional, design visual e acessibilidade.

O responsável do Núcleo de Acessibilidade está ciente dos riscos potenciais envolvidos com a participação em pesquisas, tais como questões de privacidade, proteção de imagem, estigmatização e perda de compromissos em função de horários. No entanto, 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:

- sua participação na pesquisa não acarretará em quaisquer ônus financeiros assim como sem quaisquer restrições quanto aos seus efeitos patrimoniais e financeiros,

a plena propriedade e os direitos autorais do depoimento de caráter histórico e documental

- assegura-se o sigilo acerca da identidade dos participantes, identificando sua fala com nome fictício ou símbolo não relacionados à verdadeira identidade, assegurando privacidade, confiabilidade, proteção da imagem e não estigmatização;
- 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) 99752-1404;
- 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 *Produção de Gráficos Instrucionais Táteis nas Instituições Federais de Ensino Superior*. 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 2021.

Representante do núcleo de acessibilidade

Pesquisador

APÊNDICE H – Termo de Consentimento ao Professor Entrevistado

Prezado (a),

Você está convidado a participar na pesquisa de doutorado intitulada *framework para a Produção de Gráficos Instrucionais Táteis nas Instituições Federais de Ensino Superior*. Essa pesquisa está sendo desenvolvida pelo doutorando Felipe Schneider Viaro, no Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS, sob a orientação do Prof. Dr. Régio Pierre da Silva.

O objetivo desta pesquisa é propor um *framework* que oriente o processo de desenvolvimento de Gráficos Instrucionais Táteis (GIT), contemplando técnicas e ferramentas projetuais e utilizando métodos de fabricação digital. A sua contribuição consiste em participar de uma entrevista a fim de fornecer informações sobre a demanda e o uso de Gráficos Instrucionais Táteis (GIT) por Alunos com Deficiência Visual (ADV). O tempo estimado para a realização da entrevista é de aproximadamente 30 minutos.

As informações obtidas com a sua participação farão parte da compreensão do contexto de projeto, o qual engloba a o contexto no qual são desenvolvidos os GIT, bem como, onde são aplicados. Dessa forma é possível propor critérios para o desenvolvimento do *framework*.

Assim, você beneficia diretamente o desenvolvimento do *framework*, o qual possibilita aos projetistas desenvolverem os GIT através de um processo sistematizado que orienta o desenvolvimento dos gráficos, apoiado por técnicas e ferramentas, e utilizando métodos de fabricação digital. De maneira indireta, você contribui para o desenvolvimento teórico da temática gráficos instrucionais táteis dentro dos campos disciplinares do design instrucional, design visual e acessibilidade.

Você assegura estar ciente dos riscos potenciais envolvidos com a participação em pesquisas, tais como questões de privacidade, proteção de imagem, estigmatização e perda de compromissos em função de horários. No entanto, 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:

- sua participação na pesquisa não acarretará em quaisquer ônus financeiros assim como sem quaisquer restrições quanto aos seus efeitos patrimoniais e financeiros, a plena propriedade e os direitos autorais do depoimento de caráter histórico e documental
- assegura-se o sigilo acerca da identidade dos participantes, identificando sua fala com nome fictício ou símbolo não relacionados à verdadeira identidade,

assegurando privacidade, confiabilidade, proteção da imagem e não estigmatização;

- 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) 99752-1404;
- 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 *Produção de Gráficos Instrucionais Táteis nas Instituições Federais de Ensino Superior*. 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 2021.

Voluntário

Pesquisador

APÊNDICE I – Termo de Anuência ao Incluir/UFRGS para Desenvolvimento e Observação de GIT

Prezados (as),

O Incluir/UFRGS está convidado a participar na pesquisa de doutorado intitulada *framework para a Produção de Gráficos Instrucionais Táteis nas Instituições Federais de Ensino Superior*. Essa pesquisa está sendo desenvolvida pelo doutorando Felipe Schneider Viaro, no Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS, sob a orientação do Prof. Dr. Régio Pierre da Silva.

O objetivo desta pesquisa é propor um *framework* que oriente o processo de desenvolvimento de Gráficos Instrucionais Táteis (GIT), contemplando técnicas e ferramentas projetuais e utilizando métodos de fabricação digital. A contribuição do Incluir consiste em duas partes: i) desenvolver dois GIT utilizando o processo de desenvolvimento atual empregado pelo Núcleo; ii) fornecer informações pertinentes ao processo de desenvolvimento ao autor da pesquisa como parte do processo de coleta de dados.

O projeto dos GIT será acompanhado pelo autor desta pesquisa através de um processo de observação sistemática direta. A observação envolve através dos meios estabelecidos a fim de coletar informações relevantes durante o processo de desenvolvimento, estimado em 7 dias para cada gráfico, somando o total de 14 dias. As informações obtidas com a participação do Núcleo farão parte da aplicação do *framework* em uma situação de projeto, bem como, sua comparação com o processo usual utilizado pelo Núcleo. Dessa forma é possível verificar o uso do *framework* em uma situação de projeto e coletar dados que irão auxiliar na sua sistematização.

Assim, o Incluir beneficia diretamente o desenvolvimento do *framework*, o qual possibilita aos projetistas desenvolverem os GIT através de um processo sistematizado que orienta o desenvolvimento dos gráficos, apoiado por técnicas e ferramentas, e utilizando métodos de fabricação digital. De maneira indireta, contribui para o desenvolvimento teórico da temática gráficos instrucionais táteis dentro dos campos disciplinares do design instrucional, design visual e acessibilidade.

Você assegura estar ciente dos riscos potenciais envolvidos com a participação em pesquisas, tais como questões de privacidade, proteção de imagem, estigmatização e perda de compromissos em função de horários, e custos de deslocamento ou participação. No entanto, 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:

- sua participação na pesquisa não acarretará em quaisquer ônus financeiros assim como sem quaisquer restrições quanto aos seus efeitos patrimoniais e financeiros, a plena propriedade e os direitos autorais do depoimento de caráter histórico e documental
- assegura-se o sigilo acerca da identidade dos participantes, identificando sua fala com nome fictício ou símbolo não relacionados à verdadeira identidade, assegurando privacidade, confiabilidade, proteção da imagem e não estigmatização;
- 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.viario@hotmail.com) e telefone (51) 99752-1404;
- 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 *Produção de Gráficos Instrucionais Táteis nas Instituições Federais de Ensino Superior*. 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 2021.

Voluntário

Pesquisador

APÊNDICE J – Critérios preliminares **para o *framework***

<p>A) Critérios de Seleção</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Tornam o processo mais ágil; 2) Diminuem a chance de erros; 3) Facilitam o processo de revisão; 4) Fornecem opções pré-definidas para os designers escolherem em vez de criarem do zero; 5) Consideram o uso de diferentes tecnologias de produção; Auxiliam a realizar os principais desafios de projeto, tais como identificar necessidades do usuário; decisão sobre adaptar o gráfico e escolha de métodos de produção; simplificação e edição gráfico; segmentação; aplicação de diretrizes; verificação da qualidade; produção e pós-produção. 6) É uma ferramenta prática que auxilia a equipe na tomada de decisões (padrões, estilos de linha). 7) Auxiliam a atingir objetivos e realizar atividades projetuais com maior eficiência ou eficácia. 8) Considera diferentes estruturas tecnológicas e métodos de produção. 9) Deve considerar o uso de diferentes aplicativos e softwares para criação de projetos e operação de máquinas. 10) Auxilie na análise do conteúdo e do perfil do aluno. 11) Auxilie no planejamento do gráfico e processo. 12) Auxilie na revisão no gráfico. 13) Auxilie no processo de simplificação do gráfico. 14) Organizar as necessidades identificadas do ADV.
<p>B) Critérios de estrutura</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Levar em conta a realização de todas as atividades do processo de GIT, incluindo as logísticas internas das IFES 2) estrutura sistematizada, que facilite o aprendizado e aplicação do processo. 3) ser simples e acessível, considerando a heterogeneidade das equipes. 4) considerar estrutura para demandas urgentes.
<p>C) Critérios de formato</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Conter formatos de apresentação que possibilitem compreender o processo como um todo, assim como, os seus detalhes e especificidades. 2) Dar suporte à aplicação das atividades e ferramentas de apoio através de recursos físicos e/ou digitais. 3) Estimular aspectos da gestão do processo projetual, tais como comunicação, cumprimento de prazos e eficácia. 4) Linguagem simples e acessível para descrever tópicos e explicar o uso de métodos e ferramentas.

APÊNDICE K – Análise e simplificação dos critérios para o *framework*

Critérios de Seleção	
<p>Eficácia e eficiência</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Tornam o processo mais ágil; ● Diminuem a chance de erros; ● Auxiliam a atingir objetivos e realizar atividades projetuais com maior eficiência ou eficácia. ● Fornecem opções pré-definidas para os designers escolherem em vez de criarem do zero; ● É uma ferramenta prática que auxilia a equipe na tomada de decisões (padrões, estilos de linha). <p>Tecnologia</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Consideram o uso de diferentes tecnologias de produção; (aqui em relação ao conjunto, não a uma ferramenta) ● Considera diferentes estruturas tecnológicas e métodos de produção. ● Deve considerar o uso de diferentes aplicativos e softwares para criação de projetos e operação de máquinas. <p>Desafios de GIT</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Facilitam o processo de revisão; ● Auxiliam a realizar os principais desafios de projeto, tais como identificar necessidades do usuário; decisão sobre adaptar o gráfico e escolha de métodos de produção; simplificação e edição gráfico; segmentação; aplicação de diretrizes; verificação da qualidade; produção e pós-produção. ● Auxilie na análise do conteúdo e do perfil do aluno. ● Auxilie no planejamento do gráfico e processo. ● Auxilie no processo de simplificação do gráfico. ● Auxilie na revisão no gráfico. ● Organizar as necessidades identificadas do ADV. 	<p>Eficácia e eficiência</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Torna o processo mais ágil; ● Diminui a chance de erros; ● Auxiliam a atingir objetivos e realizar atividades projetuais com maior eficiência ou eficácia. ● Fornece opções pré-definidas para os designers escolherem em vez de criarem do zero; ● É uma ferramenta prática que auxilia a equipe na tomada de decisões (padrões, estilos de linha). ● Auxilia na tomada de decisões de forma prática. <p>Tecnologia</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Consideram o uso de diferentes tecnologias de produção; (aqui em relação ao conjunto, não a uma ferramenta) ● Considera diferentes estruturas tecnológicas e métodos de produção. ● Considera o uso de diferentes aplicativos e softwares para criação de projetos e operação de máquinas. <p>Desafios de GIT</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Facilitam o processo de revisão; ● Auxiliam a realizar os principais desafios de projeto, tais como identificar necessidades do usuário; decisão sobre adaptar o gráfico e escolha de métodos de produção; simplificação e edição gráfico; segmentação; aplicação de diretrizes; verificação da qualidade; produção e pós-produção. ● Auxilia a organizar as necessidades identificadas do ADV. ● Auxilia na análise do conteúdo e do perfil do aluno. ● Auxilia no planejamento do gráfico e do processo de projeto. ● Auxilia no processo de simplificação do gráfico.

	<ul style="list-style-type: none"> ● Auxilia na revisão no gráfico.
Critérios de estrutura	
<ul style="list-style-type: none"> ● Levar em conta a realização de todas as atividades do processo de GIT, incluindo as logísticas internas das IFES ● Estrutura sistematizada, que facilite o aprendizado e aplicação do processo. ● Ser simples e acessível, considerando a heterogeneidade das equipes. ● Considerar estrutura para demandas urgentes. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Considera as atividades do processo de GIT, bem como as logísticas internas das IFES ● Estrutura sistematizada, que facilite o aprendizado e aplicação do processo. ● Ser simples e acessível, considerando a heterogeneidade das equipes. ● É simples e acessível, favorecendo o aprendizado e aplicação do processo. ● Possibilita lidar com demandas urgentes.
Critérios de formato	
<ul style="list-style-type: none"> ● Conter formatos de apresentação que possibilitem compreender o processo como um todo, assim como, os seus detalhes e especificidades. ● Dar suporte à aplicação das atividades e ferramentas de apoio através de recursos físicos e/ou digitais. ● Estimular aspectos da gestão do processo projetual, tais como comunicação, cumprimento de prazos e eficácia. ● Linguagem simples e acessível para descrever tópicos e explicar o uso de métodos e ferramentas. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Contém formatos de apresentação que possibilitem compreender o processo como um todo, assim como, os seus detalhes e especificidades. ● Apoia a aplicação das atividades e ferramentas de apoio através de recursos físicos e/ou digitais. ● Estimula aspectos da gestão do processo projetual, tais como comunicação, cumprimento de prazos e eficácia. ● Usa linguagem simples e acessível para descrever tópicos e explicar o uso de métodos e ferramentas.

APÊNDICE L – Produção científica durante o período da Tese



PGDESIGN
UFRGS

Programa de Pós-Graduação:
Mestrado I Doutorado

PRODUÇÕES INTELECTUAIS RESULTANTES DA PESQUISA		
Título Da ideia ao conceito de produto: o uso de técnicas criativas combinadas para auxiliar no processo de desenvolvimento de novos produtos de design.		Tipo Artigo em Periódico
Nome do Veículo/Editora Estudos em Design	Data de Publicação	DOI/ISSN/ISBN/Número de Registro 1983-196X
Autores (separado por vírgula) SAPPER, STELLA LISBOA ; VIARO, Felipe S. ; SILVA, RÉGIO P. ; TEIXEIRA, FÁBIO GONÇALVES		
Título Jogo Digital de Memória para Crianças com Baixa Visão utilizando Programação Orientada a Objetos.		Tipo Capítulo de Livro
Nome do Veículo/Editora Tecnologia Assistiva: Pesquisa e Conhecimento II. 1ed.Bauru: Canal 6	Data de Publicação	DOI/ISSN/ISBN/Número de Registro 978-85-7917-513-8
Autores (separado por vírgula) PERGHER, B. S. ; VIARO, F. S. ; KNEBEL, M. G. ; SOUZA, V. N. E. R. ; TEIXEIRA, F. G. ; SILVA, R. P.		
Título Pesquisa visual e Ideação na prática projetual: um estudo de caso da plataforma Inspaedia.		Tipo Artigo em Periódico
Nome do Veículo/Editora 13º Congresso Pesquisa e Desenvolvimento em Design. Blucher Desig	Data de Publicação	DOI/ISSN/ISBN/Número de Registro 10.5151/pe2018-3.3_ACO
Autores (separado por vírgula) VIARO, FELIPE; HALPERN, MARCELO ; SILVA, TÂNIA KOLTERMANN ; SILVA, RÉGIO PIERRE DA .		
Título Aplicativo de Desdobramento das Funções da Qualidade (QFD) Utilizando Conceitos de Programação Orientada a Objetos.		Tipo Artigo em Periódico
Nome do Veículo/Editora 13º Congresso Pesquisa e Desenvolvimento em Design. Blucher Desig	Data de Publicação	DOI/ISSN/ISBN/Número de Registro 10.5151/pe2018-3.3_ACO
Autores (separado por vírgula) PINHEIRO, ROGÉLIO CARPES ; VIARO, FELIPE SCHNEIDER ; TEIXEIRA, FÁBIO GONÇALVES ; SILVA, RÉGIO PIERRE DA .		
Título Acessibilidade em museus para pessoas com deficiência visual através da reprodução de obras como imagens táteis		Tipo Artigo em Periódico
Nome do Veículo/Editora Conferência Internacional para a Inclusão. Leiria: Instituto Politécnico d	Data de Publicação	DOI/ISSN/ISBN/Número de Registro 978-989-8797-14-8
Autores (separado por vírgula) VIARO, F. S. ; CASAGRANDA, K. L. ; TEIXEIRA, F. G. ; SILVA, R. P. D.		

ANEXO A – Narrativa para orientação das mãos – Obra a Persistência da Memória, de Salvador Dali

Para explorar a Persistência da Memória, verifique se o diagrama está na posição correta. Você deve sentir uma seta de direção no canto superior direito do diagrama²⁷.

Primeiro, examinaremos o primeiro plano, depois o plano médio e, finalmente, o plano de fundo.

Coloque sua mão no canto inferior esquerdo do diagrama. Você vai sentir um padrão de linhas horizontais. Esse padrão representa um lado de uma grande forma retangular que é parcialmente cortada pelas bordas esquerda e inferior da pintura. Essa forma de caixa tem planos que se juntam em um ângulo reto, da mesma forma que um cubo é construído. Na pintura, vemos dois lados dessa forma de caixa. O plano superior, que serve como mesa, é uma área com padrão de linhas horizontais. O plano lateral é uma área com padrões de linhas verticais. Há uma linha diagonal grossa indicando o ângulo reto onde esses dois planos se juntam.

No topo desta forma retangular, que funciona como uma mesa, existem três objetos: dois relógios de bolso e um tronco de árvore estéril. Os dois relógios de bolso são as áreas sem padrão, embora cada relógio contenha linhas. E o tronco da árvore é a forma vertical sólida. Tem um membro que se estende para a direita.

Volte para o canto inferior esquerdo do diagrama. Mova as mãos sobre todo o padrão de linhas horizontais e linhas verticais para ter uma noção dessa forma retangular. No canto inferior esquerdo, ele se estende por cerca de quatro polegadas até a borda esquerda. Ele se estende por cerca de dois centímetros e meio ao longo da borda inferior. Trace a borda externa dessa caixa semelhante a uma mesa. Pode não parecer um retângulo quando você toca nele. Isso porque esse é um objeto tridimensional, semelhante a um cubo, e estamos olhando para o topo e o lado dele. Agora sinta a linha grossa diagonal que percorre este formulário. Essa linha grossa é um dos cantos da caixa retangular. Observe a área não padronizada que interrompe a linha grossa. Este é um dos relógios. Ela fica sobre a borda da mesa.

Agora, vamos traçar os lados e o topo desta forma de caixa em mais detalhes. Volte para o canto inferior esquerdo mais uma vez. Mova para a direita cerca de dois centímetros e meio até chegar ao fim do padrão de linhas verticais. Agora siga o contorno deste padrão de linhas verticais diagonalmente até a direita por duas polegadas. Continue seguindo essa linha para mais dois centímetros e meio. Essa linha limítrofe, então, encontra duas outras linhas. Uma linha continua direto para a borda esquerda do diagrama para traçar a borda

externa da forma de caixa. A outra linha é espessa e se estende diagonalmente para a esquerda. Esta linha grossa é um dos cantos da caixa retangular. Siga esta linha grossa diagonalmente para a esquerda. Você atravessará uma área não padronizada que representa um dos relógios. Continue por essa área e siga esta linha diagonal até a borda inferior do diagrama. Quando você atingir a borda inferior, trace essa borda para a direita por cerca de uma polegada e meia. Agora você está de volta ao ponto de partida e acaba de traçar o contorno do lado direito do retângulo. As linhas verticais dentro dessa área representam o lado direito dessa forma retangular tridimensional.

Agora, sinta o padrão de linha horizontal localizado no lado esquerdo da linha grossa diagonal que indica a borda do canto da caixa. Esta é a superfície superior da forma de caixa. Podemos ver o plano superior desta caixa, que serve como uma superfície de mesa. Vamos explorar os objetos sentados nesta superfície superior da forma de caixa. Mover para o canto inferior esquerdo do diagrama. Agora, mova-se para cima cerca de uma polegada e encontre uma área oval bem delineada sem padrão. Esta área oval bem delineada contém várias linhas finas e curtas. Esta forma oval é um dos relógios de bolso colocados em cima da forma de caixa. A forma do relógio é perfeitamente circular, mas parece oval porque é desenhada em perspectiva. No topo deste relógio está uma pequena oval sólida que é o botão para dar corda ao relógio. Ao contrário dos outros três relógios na pintura, este relógio é colocado com a face voltada para baixo. Isso significa que não podemos ver os números ou os ponteiros da face. Em vez disso, vemos o invólucro de ouro da parte de trás do relógio. As linhas curtas e finas dentro do oval densamente delineado representam uma congregação de formigas pretas rastejando sobre a superfície do relógio. As formigas parecem estar se alimentando do relógio como se ele fosse orgânico e comestível.

Vamos continuar explorando o topo dessa forma de caixa. Mova sua mão diagonalmente para a direita uma polegada e encontre outra área não padronizada. Este também é um relógio de bolso, mas parece ter derretido sobre o lado da caixa. O botão de enrolamento, também um pequeno oval sólido, está no lado esquerdo do relógio. Parte do relógio repousa na superfície superior da caixa e parte dela fica sobre o lado direito. O relógio parece feito de cera maleável. Ao derreter, começa a perder sua forma sólida. Você pode imaginar o relógio de bolso redondo como uma panqueca mole pendurada na lateral de uma mesa. Ao examinar a face do relógio, observe a linha grossa que se inclina em um ângulo reto. A linha grossa horizontal indica o ponteiro dos minutos e a linha vertical grossa indica o ponteiro das horas. Os números no mostrador do relógio são mostrados na pintura, mas não estão incluídos no nosso diagrama. Como o relógio está derretendo, é difícil ler a hora exata indicada no relógio, mas parece que é cerca de cinco minutos antes das seis. Um inseto alado rasteja no mostrador do relógio. Em nosso diagrama, o inseto é o ponto oval acima da linha grossa horizontal. O inseto, provavelmente uma mosca, fica perto do numeral.

Agora, vamos encontrar o tronco da árvore que também fica nessa caixa. Do topo deste relógio de derretimento, onde você encontrará seu botão de padrão sólido, mova-se diagonalmente para a esquerda por meia polegada. Você encontrará o tronco da árvore, que é a forma vertical solidamente padronizada. Siga este tronco de árvore para cima. Ele se estende para cima cerca de três polegadas e meia. A árvore parece estar morta e não tem folhas, botões ou crescimento de qualquer tipo nela. Mais ou menos na metade do tronco, há um galho à direita. Ao seguir esse galho para a direita, você encontrará uma área com padrão sólido e uma área não padronizada. Este é outro relógio de bolso derretendo, que está pendurado no galho. O restante do ramo está à direita deste relógio.

Como o relógio derretido na caixa, este relógio pendurado também é maleável e solto. Imagine-o como se fosse uma panqueca imprensada ou dobrada sobre o membro. A face do relógio está voltado para nós e está de costas para o galho. Somos capazes de ver os dois lados pendurados na árvore. A área sólida e áspera à nossa esquerda representa parte da superfície traseira do relógio, e a área não padronizada à nossa direita representa parte do mostrador do relógio. Na borda inferior da superfície traseira sólida e áspera do relógio está o botão de enrolamento, que é o pequeno oval com padrão sólido. A face do relógio está à nossa direita. Tem uma linha grossa vertical ligeiramente curva, com cerca de 2,5 cm de comprimento. Esta linha grossa representa o ponteiro no relógio. Não podemos dizer se é o ponteiro dos minutos ou das horas, mas aponta para o número seis. Os numerais de três a nove são indicados na pintura de Dali, mas não estão incluídos em nosso diagrama.

Agora, vamos explorar a estranha criatura no centro da pintura. Comece no meio da borda inferior do diagrama. Mova-se diretamente para cima até encontrar uma grande forma amorfa no padrão sólido-rugoso. Existem outros padrões e linhas e em torno deste formulário, que discutiremos em um momento. Essa forma parece um animal deitado de lado, embora essa criatura estranha não se pareça com nada que já vimos na natureza. A criatura está parcialmente na areia e parcialmente coberta por uma rocha. Ondulado sobre essa figura amorfa, como se fosse uma sela, está outro relógio de bolso derretido. Mova suas mãos sobre a forma. O relógio é a área não padronizada sobre a figura com padrão sólido-rugoso. Apenas um ponteiro do relógio é visível na pintura. Esta é a linha espessa curta e ligeiramente curva perto do centro da área não padronizada. Porque o relógio está de cabeça para baixo, a figura doze é a mais próxima de nós. O ponteiro está justamente entre os números doze e um. Os numerais de nove a três na metade superior do relógio estão na pintura, mas não são mostrados em nosso diagrama. O botão de enrolamento é a pequena forma de padrão sólido logo abaixo do mostrador do relógio.

Agora, vamos considerar a forma animal. Esta criatura é esticada horizontalmente através da areia. Como os relógios, é uma forma suave e maleável. A criatura é colocada sobre uma pequena rocha indicada pelas áreas com padrão de tecido de cesta. Essas áreas de tecido de cesta estão acima e abaixo de seu corpo. Uma rocha menor também está abaixo da extremidade direita da criatura. A cabeça da criatura está à nossa esquerda e sua cauda está à nossa direita. Vemos seu perfil, que enfrenta a borda inferior da pintura. A cabeça

tem um nariz humano e longos cílios. Para explorar esse perfil, vamos girar o diagrama no sentido horário para que fique na vertical. Quando vemos a criatura dessa maneira, a cabeça parece ser um perfil humano distorcido. Mantenha o diagrama nesta posição vertical por um momento enquanto traçamos o perfil da forma animal.

Mova sua mão para o topo desta figura com padrão sólido-rugoso. De sua cabeça, trace o contorno curvilíneo até a esquerda uma polegada. O topo da curva é a cabeça da figura. Ao seguir essa linha para baixo, ela descreve uma protuberância angular à esquerda. Este é o nariz. Logo abaixo do nariz há uma forma irregular com padrão sólido. Esta é uma língua que sai de sua boca. Diretamente para a direita da língua, há uma série de linhas verticais finas e ligeiramente curvadas. Eles são cílios, e a única linha curva mais grossa acima deles é uma pálpebra fechada. Quando o diagrama é mantido em sua posição horizontal, como normalmente vemos a pintura, essas linhas de cílios são horizontais.

Agora, volte o diagrama para a sua posição horizontal normal e examinaremos o resto da figura com mais cuidado. Dos cílios, mova uma polegada para o canto superior direito e encontre o relógio sobre a criatura. É a forma não padronizada. Uma linha curva e grossa dentro dessa forma não padronizada representa um ponteiro, mas não temos certeza se é a hora ou o ponteiro dos minutos. Aqui, você também pode encontrar uma pequena forma oval com padrão sólido na parte inferior do relógio, indicando o botão de enrolamento. Do relógio, mova-se meia polegada para o corpo da criatura, sólido-áspero. Agora suba uma polegada e abaixe uma polegada. Você encontrará uma forma com um padrão de tecido de cesta, acima e abaixo do corpo da criatura. Isso indica a rocha em que o corpo da criatura é coberto. Da área da rocha mais próxima a nós, logo abaixo da criatura, mova-se meia polegada e localize outra pequena forma de padrão de cesta que é uma rocha menor. A partir desta pequena pedra, suba meia polegada e encontre a extremidade direita sólida do corpo desta figura. Siga-o para a direita uma polegada. Sinta o rabo pontudo. Observe que o resto da figura animal se estende horizontalmente para a direita. Seu corpo parece suave e sem feições, como se fosse um cruzamento entre um peixe, um golfinho e um humano. Como os relógios, essa forma animal é plana e sem vida. A distorção orgânica frequentemente ocorre nas imagens visuais de Dali, assim como em outros surrealistas. O dispositivo de fusão de formas humanas, vegetais e animais em uma única unidade é chamado de metamorfose.

Agora concluímos nosso exame do primeiro plano e do plano médio. A grande área não padronizada que envolve os diferentes objetos é a praia de areia escura.

Vamos agora explorar o plano de fundo. Volte para o tronco da árvore. É a forma vertical com padrões sólidos na parte superior esquerda do diagrama. Do fundo do tronco, mova-se até a metade do seu comprimento. Estendendo-se uma polegada à esquerda e à direita do tronco, há uma área horizontal com um padrão de pontos. Embora pareça estar logo acima da caixa retangular e logo atrás do tronco da árvore, é bem mais distante. Não

sabemos ao certo o que é essa área horizontal, mas parece ser uma prancha na areia. Está perto da beira da água, que fica em segundo plano.

Acima da placa é uma área horizontal com um padrão de linhas finas horizontais. Ele se estende da borda esquerda do diagrama pela imagem até a borda direita. Esta série de linhas horizontais representa a água. Da esquerda para a direita, siga estas linhas no diagrama. Você precisará atravessar parte do tronco da árvore, o galho da árvore e o relógio que está sobre o galho. Continue se movendo para a direita até chegar à borda direita. Acima da água, no lado direito do diagrama, há uma forma recortada. Esta área horizontal representa os penhascos irregulares que se erguem da água. A área não padronizada acima da água e dos penhascos representa o céu. O céu perto da borda superior da pintura é azul. A parte do céu mais próxima da água é amarela, o que significa que o sol está logo abaixo da linha do horizonte.

ANEXO B – Formulário para Solicitação de Atendimento Especial



GABINETE DO REITOR
COMISSÃO PERMANENTE DE SELEÇÃO – COPERSE
CONCURSO VESTIBULAR 2019 - UFRGS

Formulário Para Solicitação de ATENDIMENTO ESPECIAL

(Prazo final 16/11/2018)

Enviar somente após o pagamento da inscrição.

Eu _____ CPF nº _____,
(nome do candidato)

inscrição nº _____, telefone nº _____ com base no Edital do Concurso

Vestibular 2019 e no disposto no § 1º do Art. 27 do Decreto 3298/99, **SOLICITO:**

<input type="checkbox"/>	01. Prova no sistema DosVox	<input type="checkbox"/>	07. Escrevedor para Redação
<input type="checkbox"/>	02. Prova em Braille	<input type="checkbox"/>	08. Intérprete de Libras
<input type="checkbox"/>	03. Prova ampliada para fonte tamanho: 20	<input type="checkbox"/>	09. Uso de aparelho auditivo
<input type="checkbox"/>	04. Uso de Sorobã e/ou Lupa	<input type="checkbox"/>	10. Acesso facilitado
<input type="checkbox"/>	05. Ledor	<input type="checkbox"/>	11. Uso de medicamentos
<input type="checkbox"/>	06. Escrevedor para elipses		
<input type="checkbox"/>	12. Avaliação diferenciada da Redação em virtude de ser portador de DISLEXIA		
<input type="checkbox"/>	13. Atendimento diferenciado em virtude de ser portador de DÉFICIT DE ATENÇÃO		
<input type="checkbox"/>	14. Atendimento diferenciado em virtude de (descrever): _____		

- Estou ciente de que a UFRGS atenderá o solicitado levando em consideração critérios de viabilidade e razoabilidade, conforme Edital do Concurso.
- OBRIGATÓRIO apresentação de Atestado Médico (legível) contendo a descrição detalhada da necessidade do candidato e o número do CID correspondente.

ATENÇÃO: A SOLICITAÇÃO E OBTENÇÃO DO ATENDIMENTO ESPECIAL NÃO SIGNIFICA A INSCRIÇÃO AUTOMÁTICA DO SOLICITANTE NO CONCURSO VESTIBULAR 2019. AO EFETUAR SUA INSCRIÇÃO NO CV 2019, NO SITE WWW.VESTIBULAR.UFRGS.BR, O CANDIDATO DEVERÁ INFORMAR O SISTEMA DE INGRESSO PELO QUAL DESEJA CONCORRER, E VERIFICAR NO EDITAL A DOCUMENTAÇÃO EXIGIDA PARA A MATRÍCULA NO SISTEMA DE INGRESSO ESCOLHIDO.

Declaro haver solicitado as condições especiais descritas nos itens

--	--	--	--

- Documentos Obrigatórios:**
- 1) cópia da ficha de inscrição com comprovação do pagamento.
 - 2) cópia da Carteira de Identidade.
 - 2) cópia do atestado médico contendo nº CID.
 - 3) este formulário preenchido e assinado.

Telefone para contato – OBRIGATÓRIO: _____
(se possível mais de um número)

Porto Alegre, de _____ de 2018.

Assinatura do candidato ou representante

ATENÇÃO: Este documento e respectiva documentação comprobatória devem ser entregues pessoalmente na COPERSE, OU enviados pelos Correios, valendo nesse caso para fins de cumprimento de prazo, a data da postagem. Endereço COPERSE: Rua Ramiro Barcelos, 2574 – Portão K – Bairro Santa Cecília – Porto Alegre/RS – CEP: 90.035-003. Em caso de dúvidas contatar diretamente a coordenação executiva através do telefone 3308-5909.

ANEXO C – Formulário para Solicitação de Materiais adaptados Incluir/UFRGS

Formulário de Solicitação de Produção de Materiais

OBSERVAÇÃO: A solicitação deve ser feita com a máxima antecedência possível.

Campos marcados com * são requeridos

Nome do Solicitante *

Telefone *

E-mail

Nome do aluno ou servidor que utilizará o material *

Curso no qual está matriculado ou unidade à qual está vinculado *

Disciplina

Data de uso do material *

Formato original do material *

Intervalo de páginas ou capítulos a serem adaptados *

Formato final do material *

Braille, impresso em tinta, digital em texto.doc, digital em texto.pdf, outro.

Número de cópias

Observações do solicitante

Caso já possua o material a ser adaptado, envie para o e-mail indicado.

ANEXO D - Exemplo de PEI

Parcialmente Preenchido



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul
Pró-Reitoria de Ensino
Rua General Osório, 348 – Centro – Bento Gonçalves/RS CEP: 95700-000
Telefone: (54) 3449-3331 -http://www.ifrs.edu.br – E-mail: proen@ifrs.edu.br

ANEXO I

PLANO EDUCACIONAL INDIVIDUALIZADO (PEI)

Nome do Estudante:
Idade:
Curso: Técnico Integrado em Meio Ambiente 2017/01 (T)
Componente(s) Curricular (es): Todos os componentes
Ano: Trimestre:
Servidora responsável pelo preenchimento 2019 -
Servidora responsável pelo preenchimento 2020
Data: 23 de março de 2020

Histórico (antes e na instituição)

<Preenchido pela Equipe Pedagógica, Assistência Estudantil e NAPNE/NAAF>

2019:

O estudante tem 27 anos. Perdeu a visão aos 9 anos de idade devido à toxoplasmose. Mora com a mãe e a irmã adolescente. A mãe cuida da avó que já está bastante velhinha. O estudante estudou até a 3ª série do Fundamental na Escola Estadual Julio César Ribeiro de Souza. Em 2006 retornou aos bancos escolares com 15 anos de idade, sendo que já escrevia em Braille, aprendeu com 14 anos na Sala de Recursos da Escola Estadual de 1º Grau Senador Salgado Filho. Em virtude da prática demasiada teve tendinite na mão direita e perdeu a sensibilidade nos dedos. Frequentou a 4ª série na Escola Municipal de 1º Grau Antônio de Godoy. Frequentou a EJA na Escola Municipal de 1º Grau Alfredo José Justo. Concluiu o Ensino Fundamental em 2017. Viaja pelo Brasil participando de torneio de Xadrez para cegos representando a ONG Embrião/Alvorada. É bastante independente e autônomo na sua rotina diária. No decorrer da conversa expressou a satisfação em estar no campus dizendo: "Pra mim está sendo um sonho estar aqui!"

Necessidades Educacionais Específicas



Ministério da Educação
 Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul
 Pró-Reitoria de Ensino
 Rua General Osório, 348 – Centro – Bento Gonçalves/RS CEP: 95700-000
 Telefone: (54) 3449-3331 -http://www.ifrs.edu.br – E-mail: proen@ifrs.edu.br

<Preenchido pela Equipe Pedagógica, Assistência Estudantil e NAPNE/NAAf>

O estudante é cego e precisa de leitor de tela e gravador. O ensino está em contato com o Centro Tecnológico de Acessibilidade do IFRS (CTA), objetivando compreender melhor os caminhos que o campus pode e deve realizar para auxiliar de forma a contemplar às suas necessidades.

Março/2020: O estudante está bem adaptado na instituição. É bastante independente e autônomo. Chamaremos o estudante para conversar sobre o andamento das aulas e também perguntar se ele realizou o curso de Software Ledor.

Conhecimentos, Habilidades, Capacidades, Interesses, Necessidades
(O que sabe? Do que gosta/afinidades?...)
 <Preenchido pela Equipe Pedagógica, Assistência Estudantil, NAPNE/NAAf e docente>

Dificuldades apresentadas
 <Preenchido pela Equipe Pedagógica, Assistência Estudantil, NAPNE/NAAf e docente>

2019:

- * A metodologia utilizada com o estudante no decorrer da vida escolar regular foi expositiva, ou seja, o estudante exercitou muito a memória e a audição;
- * Fazia prova oral em todos os componentes curriculares e relatou que está bastante acostumado com esta metodologia;
- * Embora teve acesso ao Braille, hoje não o utiliza mais (tendinite na mão direita e perda de sensibilidade nos dedos);

- * O estudante relata que possui dificuldade na área da Linguagem, especialmente na Língua Portuguesa. Neste caso o LEITOR DE TELA será um recurso imprescindível para facilitar o seu processo de aprendizagem;
- * O estudante repassou o contato do professor Daniel para, se caso, a instituição necessitar de alguém para instrumentalizar melhor com relação ao recurso acima citado;
- * Necessário aprimorar as habilidades de informática;
- * Precisa de auxílio para se orientar/organizar com relação às áreas



Ministério da Educação
 Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul
 Pró-Reitoria de Ensino
 Rua General Osório, 348 – Centro – Bento Gonçalves/RS CEP: 95700-000
 Telefone: (54) 3449-3331 -http://www.ifrs.edu.br – E-mail: proen@ifrs.edu.br

<p>* Possui dois celulares: um que é mais simples para sair de casa e outro com mais recursos que ganhou recentemente. Talvez este poderá ser útil realizar atividades em casa. Professor Miguel ficou de fazer um teste, encaminhando um texto em PDF com possibilidade de leitor de tela.</p> <p>* Possui facilidade e gosto em realizar cálculos mentais e abstração numérica (campeão de xadrez para cegos).</p>	<p>de conhecimento; após definido o cronograma dos componentes curriculares, sugere-se que o coordenador de curso repasse ao estudante individualmente.</p>
<p>Adaptações Curriculares (Sugestão: Anexar Plano de Ensino do Componente Curricular) <Preenchido pelo docente></p>	
<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Definir objetivos específicos para o estudante foco das adaptações curriculares, a partir dos objetivos previstos para o componente curricular.</p>	
<p>CONTEÚDOS PROGRAMÁTICO</p> <p>É possível priorizar, substituir conteúdos, dependendo da necessidade, a ser avaliada junto ao corpo docente que atende o estudante e equipe de apoio.</p>	



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul
Pró-Reitoria de Ensino
Rua General Osório, 348 – Centro – Bento Gonçalves/RS CEP: 95700-000
Telefone: (54) 3449-3331 -<http://www.ifrs.edu.br> – E-mail: proen@ifrs.edu.br

METODOLOGIA

Como será trabalhado para alcançar os objetivos específicos estabelecidos?
Aqui podem ser explicitados os recursos didáticos utilizados, as estratégias diferenciadas para o trabalho em sala de aula, nos horários de atendimento.

AVALIAÇÃO

Quais instrumentos? Como foram aplicados?
Recomenda-se oportunizar diversas formas de expressão da aprendizagem.
Exemplos: projetos educacionais (ensino, pesquisa, extensão), atividades diferenciadas (seminários, debates, provas individuais e/ou em duplas), observando o nível de desempenho e contribuição do estudante no desenvolvimento do componente curricular.

PARECER

Descrever avanços do estudante, considerando as metas previstas para ele e principais dificuldades. Procurar mencionar as propostas que tiveram êxito e aquelas que não tiveram, o que se observou em ambos os casos. Pontuar o que pretende para a próxima etapa, em termos de objetivos específicos de atuação junto ao estudante. Também destacar aspectos do seu desenvolvimento social. Caso o(a) estudante tenha acompanhado a turma realizando as mesmas atividades propostas para o(a)s demais, sem necessidade de adaptação, mencionar...



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul
Pró-Reitoria de Ensino
Rua General Osório, 348 – Centro – Bento Gonçalves/RS CEP: 95700-000
Telefone: (54) 3449-3331 -<http://www.ifrs.edu.br> – E-mail: proen@ifrs.edu.br

Assinatura do(a) Docente (s): _____

Assinatura do(a) Coordenador(a) de Curso: _____

Assinatura do NAPNE/NAAf (responsável): _____

Assinatura do Setor Pedagógico (responsável): _____

Assinatura da Assistência Estudantil (responsável): _____

ANEXO E - Exemplo de Leiame preenchido

LEIAME ESTUDANTE COM BAIXA VISÃO DE CURSO DE EXATAS

Fonte verdana tamanho 16, no máximo, não necessitando de estar em negrito e o espaçamento é o normal (1,0). As fórmulas em tamanho 26 e também sem negrito.

Margem estreita;

Prefere paisagem;

Incluir rodapé, capa, descrição do logo do Incluir e ISBN em TODOS OS MATERIAIS;

Não utilizar Itálico e sublinhado. Utilize o negrito, caso exista. (Todo e qualquer destaque deve ser feito em negrito)

Devem usar o e-mail incluir@progesp.ufrgs.br;

Lembrar que o material serve para deixar adaptado para outra pessoa (ex: fonte arial black 48);

Fórmulas igual ao livro e em fonte 26;

Alguns símbolos matemáticos podem ser em Fonte Verdana 26 para ficar do tamanho do texto;

Tabelas devem ser feitas sem descrição, se forem muito grandes precisam ser sinalizadas;

Espaço antes do = em fórmulas não deve constar, somente após o sinal. Ex: $y = x$

Podem usar o sobrescrito em fonte verdana 26. Exemplo x^1

Para ver a melhor forma de colocar as figuras, veja a Pág. 7 deste arquivo.

Símbolos muito pequenos devem ser aumentados até ficar do tamanho do texto;

Quando a página original terminar, colocar no final: (Fim da página XX) e deixar uma linha em branco para inicializar a próxima página; \$ e % colocar em Fonte Verdana 22 sem negrito; * (asterisco) quando ele estar em sobrescrito (principalmente como nota de rodapé) colocar em Fonte Verdana 22 em negrito;

§ colocar em Fonte Verdana 24 sem negrito;

Quando ter ° (símbolo de primeiro ou primeira em diante) colocar em Fonte Verdana 20;

e ≠ colocar em Fonte Verdana 26 em negrito as setas e o símbolo de diferente sem negrito; Sinal de subtração (-) e multiplicação (.) em Fonte Verdana 20 em negrito. Somente em operações matemáticas;

Subscrito (Exemplo x_1) escrever x_1 em Fonte Verdana 16 sem negrito;

As equações como no exemplo abaixo, colocar em Fonte 36, pois ele fica pequeno demais em 26:

Favor revisar antes de entregar para revisão.

CAPA PADRÃO PARA TODOS OS MATERIAIS!!!!!!

PRÓ-REITORIA DE GESTÃO DE PESSOAS

DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO DE GESTÃO DE PESSOAS

INCLUIR - NÚCLEO DE INCLUSÃO E ACESSIBILIDADE

Avenida Osvaldo Aranha, 3072

Prédio Centenário da Escola de Engenharia - Praça Argentina, 09 (Centro Histórico)

Telefones: (51) 3308-4946 e (51) 3308-4734

E-mail: incluir@progesp.ufrgs.br

Material Adaptado: Livro: Cálculo – Funções de uma e várias variáveis 2ª edição.

Capítulo I, págs. 3 até 19

Autor: Pedro Morettin, Samuel Hazzan, Wilton de O. Bussab

Início da descrição do Logo do Incluir:

O logo do Incluir é letra A invertida que é o símbolo matemático de quantificação universal, possui o significado de para todos; para qualquer; para cada. Foi feito em 3 cores distintas que utilizadas oferecessem alto contraste, também possibilitando a percepção de indivíduos com alguma especificidade visual. As cores escolhidas foram lilás, azul e laranja. Tendo essas cores o significado de respeito, inteligência e sabedoria; estabilidade, tranquilidade e vitalidade; alegria, sociabilidade e confiança, respectivamente.

Ao lado do logo a Palavra Incluir em Letras Maiúsculas e abaixo a descrição: Núcleo de Inclusão e acessibilidade UFRGS.

Fim da descrição

Início da descrição:

A imagem mostra Logotipo da UFRGS: um escudo, cujo interior apresenta o mapa do Rio Grande do Sul, sobre linhas pretas e cinzas, consecutivas. Acima das linhas, um livro com páginas abertas e com as letras A maiúscula e ômega. Sobre o escudo, uma tocha.

Fim da descrição

ISBN 978-85-02-10244-6

Formatação:

Fonte – Verdana

Tamanho - 16

Espaçamento - simples

3 e 4) Ideação e Planejamento

Nome:

Função na equipe: Bolsista de Acessibilidade

Data: 24/06/2021

1) Que atividades/tarefas você realizou hoje?

Neste dia, somente auxiliei a Marisa a fazer os gráficos 8.22 e 8.24 com método utilizado pelo Incluir.

2) Qual o objetivo/resultado final alcançado com a realização dessas tarefas?

Objetivo foi a revisão do que a Marisa fez com os 2 gráficos. Qual material utilizar para diferenciar as texturas, para o tato. No gráfico 8.24 que tinha mais linhas, em uma parte foi usado barbante e outra cola 3D para diferenciar cada linha, para ser feita a realização do exercício referente ao gráfico em questão. Na parte dos pontos foi usado também a cola 3D. Na legenda do gráfico, foi usado o braille, pois estes gráficos a princípio (8.22 e 8.24), são para uma pessoa cega.

3) Você trabalhou sozinha ou com alguém? Como vocês se comunicaram?

Somente fiquei como apoio pelo Whatsapp com a Marisa.

4) Quanto tempo aproximado você despendeu em cada tarefa?

Entre 1h - 2h.

5) Você sentiu alguma dificuldade? Qual?

Nenhum.

6) O quão apoiada você se sentiu com o processo de projeto e as ferramentas nele incluídas para o auxiliaram a atingir os objetivos?

Como foi somente eu e a Marisa, foi tranquilo, pois já sabemos o método de trabalho de cada uma.

7) Foram utilizadas ferramentas de gestão do processo, como ferramentas de comunicação, de monitoramento de progresso, etc?

Somente Whatsapp.

8) Você sentiu falta de algo ou teria alguma sugestão que poderia melhorar a atividade realizada hoje?

Nada a princípio.

7) Testes

Nome:

Função na equipe: Bolsista de Acessibilidade

Data: 30/09/2021

1) Que atividades/tarefas você realizou hoje?

Eu e a servidora cega, Cristina Fumaco fomos até a sala do INCLUIR para verificar os gráficos adaptados pela Marisa.

2) Qual o objetivo/resultado final alcançado com a realização dessas tarefas?

O objetivo foi na análise dos gráficos adaptados pela servidora Cristina Fumaco.

3) Você trabalhou sozinha ou com alguém? Como vocês se comunicaram?

Fui junto com a Servidora Cristina Fumaco. Combinamos nosso encontro pelo WhatsApp.

4) Quanto tempo aproximado você despendeu em cada tarefa?

Levou mais ou menos 45 minutos.

5) Você sentiu alguma dificuldade? Qual?

Nenhuma.

6) O quão apoiada você se sentiu com o processo de projeto e as ferramentas nele incluídas para o auxiliaram a atingir os objetivos?**7) Foram utilizadas ferramentas de gestão do processo, como ferramentas de comunicação, de monitoramento de progresso, etc?**

Somente foi realizada uma conversa pelo WhatsApp, pois o material já estava pronto.

8) Você sentiu falta de algo ou teria alguma sugestão que poderia melhorar a atividade realizada hoje?

ANEXO G - Parecer Consubstanciado do CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: FRAMEWORK PARA A PRODUÇÃO DE GRÁFICOS INSTRUCIONAIS TÁTEIS NAS INSTITUIÇÕES FEDERAIS DE ENSINO SUPERIOR

Pesquisador: Régio Pierre da Silva

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 26181619.3.0000.5347

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

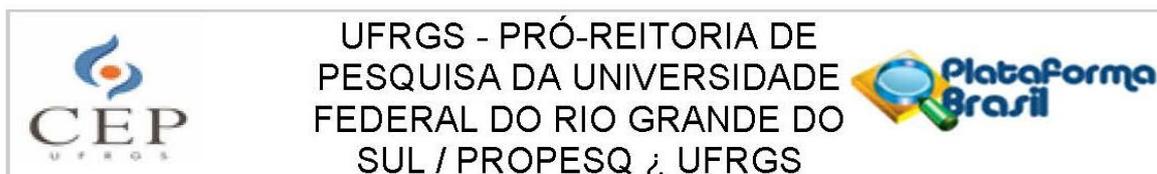
DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.912.571

Apresentação do Projeto:

O projeto de pesquisa trata da análise do processo projetual e da produção de Gráficos Instrucionais Táteis (GIT), para prover acessibilidade às informações gráficas às Pessoas com Deficiência Visual (PCDV), dentro do recorte das Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) do RS, nos seus os Núcleos de Acessibilidade. O projeto coordenado pelo Prof. Régio Pierre da Silva, envolve a pesquisa de doutorado do aluno Felipe Schneider Viaro. Desta forma, os temas pertinentes à pesquisa são a percepção e cognição das PCDV, a deficiência visual no ensino superior, a acessibilidade nas IFES e Design Instrucional. Neste contexto, o enfoque está centrado nos Gráficos Instrucionais Táteis (GIT), os quais são "representações visuais do conteúdo projetados de forma que auxiliem na aprendizagem, como fotografias, ilustrações, diagramas, tabelas, infográficos, modelos tridimensionais (3D), animações, vídeos, e outros gráficos interativos". Segundo os autores a pesquisa tem abordagem qualitativa, com quatro macro etapas, com procedimentos específicos: 1) Conhecimento do contexto de projeto: conhecer e analisar os processos projetuais de GIT, a partir de um levantamento nas IFES do RS, buscando identificar os elementos, procedimentos e recursos utilizados, para poder estabelecer critérios de referência para a elaboração do framework. Quatro etapas compõem este procedimento: mapeamento dos recursos físicos através de levantamento fotográfico; levantamento dos aspectos inseridos no processo de projeto através de grupo focal; compreensão do uso dos GIT por professores e ADV

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 311 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: 3.912.571

através de entrevista; e estabelecimento de critérios para a elaboração do framework através da análise e interpretação dos dados. 2) Sistematização do framework: propor o framework preliminar para auxiliar no projeto de GIT, embasando-se em critérios definidos no conhecimento do contexto de projeto, bem como, nas abordagens projetuais estudadas e nos métodos, técnicas e ferramentas levantados com base na literatura. Este procedimento é composto por três etapas: levantamento de métodos, técnicas e ferramentas projetuais na literatura; definição da estrutura e formato do framework com base na análise da revisão bibliográfica e nos resultados do procedimento metodológico anterior; e estabelecimento da relação entre métodos, técnicas e ferramentas com a estrutura definida para o framework. Nesta macro etapa não há previsão de contato com pessoas. 3) Desenvolvimento de GIT e observação: desenvolver e observar dois GIT utilizando o processo de desenvolvimento vigente no Incluir/UFRGS, bem como, o FW preliminar sistematizado. São utilizadas três etapas na execução deste procedimento: desenvolvimento de GIT utilizando o método atual do Incluir/UFRGS e observação sistemática direta do processo; capacitação da equipe de projeto por meio de oficina explicado o uso do framework preliminar; desenvolvimento de GIT pelo Incluir/UFRGS utilizando o framework preliminar, em conjunto de observação sistemática direta. 4) Verificação e revisão: verificar a aplicabilidade do framework proposto, bem como, verificar a qualidade e o uso dos GIT gerados. Este procedimento é desenvolvido em três etapas: análise e interpretação dos dados obtidos no procedimento metodológico anterior; verificação da qualidade e utilização dos GIT produzidos através de um minigrupo focal; avaliação e revisão do framework a partir da análise e interpretação dos resultados das duas etapas anteriores. Critério de Inclusão: Relacionados ao primeiro procedimento metodológico - Conhecimento do contexto de projeto: i) IFES. Portanto, há contato com pessoas, na primeira macro etapa por meio de grupo focal e entrevistas; na terceira macro etapa por meio de oficina e da utilização o uso do framework preliminar desenvolvido pelos pesquisadores. E por fim na quarta macro etapa os pesquisadores preveem um minigrupo focal para avaliação e revisão do framework. Os participantes serão responsáveis dos Núcleos de Acessibilidade, e Alunos com Deficiência Visual (ADV), Professores de ADV e membros de Equipes de projeto de GIT - Os participantes que participarão desta entrevista serão selecionados com o auxílio dos responsáveis dos Núcleos de Acessibilidade, tendo como critério de inclusão o fato de já terem participado do desenvolvimento de GIT. As instituições envolvidas são o Núcleo Incluir/RS - O Núcleo de acessibilidade da UFRGS e IFES do RS - participarão da pesquisa Instituições Federais de Ensino Superior localizadas no Rio Grande do Sul, que promovem serviços para apoiar a permanência de PCD, especificamente produzindo materiais instrucionais adaptados para PCDV e

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 311 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: 3.912.571

com acesso às tecnologias de fabricação digital.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo geral da pesquisa é propor um framework que oriente o processo de projeto de GIT, fundamentado em abordagem centrada no usuário, contemplando o uso de métodos, técnicas e ferramentas projetuais e métodos de fabricação digital. Como objetivos específicos são citados: (i) Conceituar e classificar os gráficos instrucionais táteis a fim de identificar parâmetros que contribuem para a sua qualidade; (ii) Compreender como ocorre o processo de interação do usuário com o gráfico tátil, a fim de identificar fatores relevantes aos processos perceptivos e cognitivos do usuário com deficiência visual, considerando o contexto de aprendizagem e especificamente aspectos que contribuem para a legibilidade e leiturabilidade dos gráficos; (iii) Identificar e descrever abordagens projetuais, estruturas de frameworks, e elementos de projeto relevantes ao desenvolvimento de gráficos instrucionais táteis nas IFES; (iv) Propor o framework preliminar para promover o desenvolvimento de GIT a partir da sistematização de métodos, técnicas e ferramentas relevantes ao contexto de projeto identificado; e (v) Avaliar o framework proposto por meio de uma aplicação em um processo de desenvolvimento de GIT.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

São apontados como riscos “questões de privacidade, proteção de imagem, estigmatização, perda de compromissos em função de horários.”

Os autores apontam que a “pesquisa beneficia diretamente projetistas envolvidos no projeto de GIT, através da sistematização do framework que abarca um processo projetual sistematizado que orienta o desenvolvimento de gráficos instrucionais táteis, apoiado por técnicas e ferramentas, e utilizando métodos de fabricação digital. Indiretamente, são beneficiados professores e alunos com deficiência visual presentes nas IFES, usuários secundários do framework.”

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O estudo está bem estruturado, com objetivos claros e pertinentes. O tema é bastante relevante por tratar do aporte técnico às iniciativas de inclusão no ensino superior. O referencial teórico apresentado no texto do projeto está bem fundamentado, e a metodologia descrita indica a exequibilidade da pesquisa. O projeto contempla a descrição dos procedimentos metodológicos a serem realizados, tais como grupo focal, entrevistas, observação sistemática e teste de uso de GIT.

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 311 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: 3.912.571

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Entre os documentos anexados para apreciação estão:

- Folha de rosto adequada.
- Projeto de Pesquisa com todos os elementos necessários para a compreensão do estudo, referências e cronograma adequado.
- O formulário da Plataforma Brasil preenchido adequadamente.
- A redação do TCLEs adequada.
- São apresentadas duas cartas de anuência de núcleos de instituições de ensino superior que tratam da acessibilidade de alunos com Deficiência Visual.
- Cronograma adequado até o momento.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

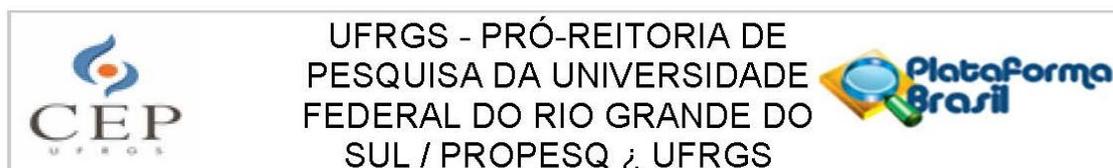
PENDÊNCIAS PRIMEIRA VERSÃO

1. Para o desenvolvimento da pesquisa é necessária a adesão de Instituições Federais de Ensino Superior localizadas no Rio Grande do Sul, que promovem serviços para apoiar a permanência de PCD, especificamente produzindo materiais instrucionais adaptados para PCDV e com acesso às tecnologias de fabricação digital. Pois há previsão de contato com professores e pessoal técnico destas instituições. Solicita-se carta de anuência das instituições envolvidas na coleta de dados, preenchida e assinada por pessoa responsável pelo órgão. **PENDÊNCIA NÃO ATENDIDA**
2. Carta de anuência do INCLUIR – Ufrgs preenchido e assinado por pessoa responsável pelo órgão. 3. Descrever os riscos no Formulário da Plataforma Brasil e não somente as medidas padrão para resguardo do participante. **PENDÊNCIA NÃO ATENDIDA**
4. Da mesma forma, descrever os riscos nos TCLEs não somente as medidas padrão para resguardo do participante. **PENDÊNCIA PARCIALMENTE ATENDIDA**
5. Nos TCLEs esclarecer que o termo será arquivado pelo pesquisador ao longo de 5 anos. **PENDÊNCIA ATENDIDA**

PENDÊNCIAS SEGUNDA VERSÃO

1. Solicita-se a APRESENTAÇÃO, nos arquivos submetidos na Plataforma Brasil, das cartas de anuência das instituições envolvidas na coleta de dados, **PREENCHIDAS E ASSINADAS** pessoa responsável pelo órgão, inclusive a carta de anuência do INCLUIR – Ufrgs – **PENDÊNCIA ATENDIDA**

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 311 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



**UFRGS - PRÓ-REITORIA DE
PESQUISA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO GRANDE DO
SUL / PROPEAQ UFRGS**

Continuação do Parecer: 3.912.571

2. Na Plataforma Brasil os autores colocam na descrição de risco questões de “custos de deslocamento ou participação”, sobre isto lembramos que os custos da participação são de responsabilidade do pesquisador e não cabe colocá-lo como risco. - PENDÊNCIA ATENDIDA

Assim foram atendidas todas as pendências apontadas.

Considerações Finais a critério do CEP:

Aprovado.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1465957.pdf	05/03/2020 06:25:04		Aceito
Outros	carta_CEP.pdf	05/03/2020 06:23:39	Régio Pierre da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Ap_N_ok.pdf	05/03/2020 06:22:21	Régio Pierre da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Ap_M_ok.pdf	05/03/2020 06:22:06	Régio Pierre da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	AP_J_CTAAssinado_ok.pdf	05/03/2020 06:21:48	Régio Pierre da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	AP_L_J_IncluirAssinado_ok.pdf	05/03/2020 06:21:32	Régio Pierre da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Ap_K_ok.pdf	05/03/2020 06:20:56	Régio Pierre da Silva	Aceito
Outros	Carta_resposta.pdf	18/01/2020 18:32:37	Régio Pierre da Silva	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	18/01/2020 18:31:43	Régio Pierre da Silva	Aceito
TCLE / Termos de	Ap_N.pdf	18/01/2020	Régio Pierre da	Aceito

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 311 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@propeq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.912.571

Assentimento / Justificativa de Ausência	Ap_N.pdf	18:23:35	Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Ap_M.pdf	18/01/2020 18:23:29	Régio Pierre da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Ap_L.pdf	18/01/2020 18:23:20	Régio Pierre da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Ap_K.pdf	18/01/2020 18:23:07	Régio Pierre da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Ap_J.pdf	18/01/2020 18:14:32	Régio Pierre da Silva	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	FW_projeto.pdf	18/01/2020 18:05:05	Régio Pierre da Silva	Aceito
Folha de Rosto	PR_Felipe_Viario.pdf	26/11/2019 16:10:05	Régio Pierre da Silva	Aceito

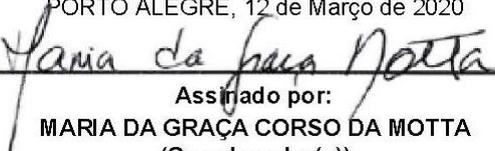
Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

PORTO ALEGRE, 12 de Março de 2020


Assinado por:
MARIA DA GRAÇA CORSO DA MOTTA
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 311 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farrroupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br