



**UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**



ESCOLA DE DESIGN

Programa de Pós-graduação em Design

MESTRADO EM DESIGN

**TECNOLOGIAS DE PROTOTIPAGEM APLICADAS AO ENSINO:
O PROCESSO DO DESIGN NO SUPORTE À APRENDIZAGEM**

Belo Horizonte

2017

Bárbara Arantes de Paula

**TECNOLOGIAS DE PROTOTIPAGEM APLICADAS AO ENSINO:
O PROCESSO DO DESIGN NO SUPORTE À APRENDIZAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade do Estado de Minas Gerais como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Design, na área de concentração em Design, Inovação e Sustentabilidade. Linha de pesquisa: design, materiais, tecnologias e processos.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Silva de Miranda

Belo Horizonte

2017

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho,
por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa,
desde que citada a fonte.

Paula, Bárbara Arantes de.

Tecnologias de representação tridimensional aplicadas ao ensino
de desenho técnico: O processo do design no suporte à
aprendizagem / Bárbara Arantes de Paula. -- 2017.

98 f. : il. color.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Silva de Miranda (UEMG)
Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade do
Estado de Minas Gerais, Curso de Design, Programa de Pós
Graduação em Design, Belo Horizonte, MG , 2017.

Bibliografia: f. 91-98.

1. Desenho técnico. 2. Design de produto. 3. Representação
tridimensional. 4. Ergonomia cognitiva. 5. Inteligência espacial. I.
Miranda, Carlos Alberto Silva de , orient. II. Título.

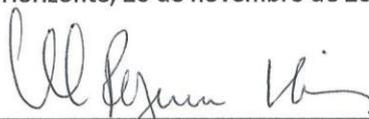
Denyse, Roberval, Camila, Vicente, Lia, André, Luiza, Fram, Samuel, professor Carlos, UEMG e a todos os outros que colaboraram ao longo do processo de elaboração deste estudo. Muito obrigada pelo suporte!

TECNOLOGIAS DE PROTOTIPAGEM APLICADAS AO ENSINO: O PROCESSO DO DESIGN NO SUPORTE À APRENDIZAGEM.

Autora: Bárbara Arantes de Paula

Esta dissertação foi julgada e aprovada em sua forma final para a obtenção do título de Mestre em Design no Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade do Estado de Minas Gerais.

Belo Horizonte, 20 de novembro de 2017.



M. Regina Álvares C. Dias
Coordenação Mestrado e Doutorado
MASP 1258945-3
ESCOLA DE DESIGN - UEMG

Prof^a. Maria Regina Álvares Correia Dias
Coordenadora do PPGD

BANCA EXAMINADORA



Prof. Carlos Alberto Silva de Miranda, Dr.
Orientador
Universidade do Estado de Minas Gerais



Prof. Rafael Pinheiro Amantea, Dr.
Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais



Prof. Sérgio Antônio Silva, Dr.

Universidade do Estado de Minas Gerais

RESUMO

TECNOLOGIAS DE PROTOTIPAGEM APLICADAS AO ENSINO: O PROCESSO DO DESIGN NO SUPORTE À APRENDIZAGEM

A pesquisa apresenta e dialoga sobre o desafio no ensino de desenho técnico em um cenário mundial que demanda uso intensivo da ciência e tecnologia e que exige profissionais altamente qualificados. É possível perceber que até o próprio conceito de qualificação profissional vem se alterando com a presença cada vez maior de exigências associadas às capacidades de coordenar informações, interagir com pessoas e interpretar de maneira dinâmica a realidade. As instituições de ensino no Brasil têm procurado, através de reformas periódicas em seus planos de ensino e conteúdos programáticos, equacionarem estes problemas e solucioná-los de maneira adequada, inserindo estes conteúdos gradativamente em suas grades.

Ao longo deste trabalho é demonstrada a expressiva preocupação com a reformulação dos métodos de ensino da disciplina desenho técnico, método de desenho conhecido por preceder o desenvolvimento fabril de produtos. Desta maneira, ao longo do trabalho é descrita a importância do desenho técnico para o profissional de design, as aptidões e habilidades necessárias para o desenvolvimento da atividade, parte do processo projetual e como este saber se comporta frente às novas tecnologias de visualização tridimensional. Também são discussões sobre o ensino desta disciplina ao longo da formação do profissional, apresenta ferramentas de visualização espacial e prototipagem rápida que advoguem pelo aprimoramento da aprendizagem do desenho técnico e contrasta os cenários de ensino assentados sobre um contexto de modificação, alternando entre analógico e digital.

O objetivo principal deste trabalho é apresentar a proposta de adequação das tecnologias de visualização tridimensional como instrumentos didáticos ao longo do processo de aprendizagem de desenho técnico e saberes congruentes, avaliando qual e em que momento cada ferramenta se faz propícia ao ensino, tanto no espectro técnico, quanto financeiro ou educacional. Em uma segunda instância, pondera e analisa tais ferramentas a partir do método paramétrico, a fim de delinear a aplicabilidade de cada uma destas no referido contexto acadêmico. Ao final do estudo é esperado que o uso das ferramentas de visualização tridimensional seja devidamente pormenorizado, facilitando o acesso e interesse no ferramenta, tanto aos professores quanto a alunos de desenho técnico.

Palavras-chave: desenho técnico, prototipagem rápida, design de produtos, ensino, novas tecnologias de visualização

ABSTRACT

PROTOTYPING TECHNOLOGIES APPLIED TO EDUCATION: THE DESIGN PROCESS TO IMPROVE LEARNING

This research presents and discusses the challenge in teaching technical drawing in a world scenario that demands intensive use of science and technology and requires highly qualified professionals. It is possible to perceive that even the concept of professional qualification has been changing with the increasing presence of requirements associated with the capacity to coordinate information, to interact with people and to interpret dynamically the reality. Educational institutions in Brazil have sought, through periodical reforms in their teaching plans and programmatic contents, to equate these problems and to solve them adequately, by gradually inserting these contents into their grids.

Throughout this work it is demonstrated the expressive concern about the reformulation of the teaching methods on technical drawing lectures, method of drawing known to precede the industrial development of products. In this way, the importance of the technical drawing for design professionals, the skills and abilities needed for the development of the activity, part of the design process and how this knowledge behaves in relation to the new technologies of three-dimensional visualization are fully described. There are also debates about the teaching of this discipline throughout the training of the professional, along with the presentation of spatial visualization and rapid prototyping tools that advocate for the improvement of the learning of technical drawing and contrasts the teaching scenarios based on a context of modification, alternating between analog and digital environment.

The main objective of this work is to present the proposal of adaptation of three-dimensional visualization technologies as didactic instruments throughout the process of learning technical drawing and congruent knowledge, evaluating when and where each tool is propitious to teaching, both in the technical spectrum, as well as financial or educational. In a second instance, weights and analyzes these tools from the parametric method, in order to delineate the applicability of each of these in the said academic context. At the end of the study, it is expected that the use of three-dimensional visualization tools will be duly detailed, facilitating access and interest in the tool, both for teachers and technical drawing students.

Key words: technical drawing, rapid prototyping, product design, teaching, new visualization technologies

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – IMAGENS PINTADAS COM PIGMENTOS VERMELHOS E PRETOS. CAVERNA CHAUVET, FRANÇA, 30.000 A.C.....	19
FIGURA 2 – PRIMEIRAS ESCRITAS PICTOGRÁFICAS SUMÉRIAS, 3.100 A.C.....	20
FIGURA 3 – PRIMEIRO DESENHO PLANO URBANO, DISTRITO DE NIPUR, MESOPOTÂMIA, 1.300 A.C.....	20
FIGURA 4 – ESBOÇO DA PERSPECTIVA PARA A BASÍLICA DO ESPÍRITO SANTO, 1428, ITÁLIA.....	21
FIGURA 5 – LEONARDO DA VINCI, MANUSCRITO DO MONUMENTO SFORZA, 1493, ITÁLIA.....	22
FIGURA 6 – CADEIRA <i>DIATOM</i> E SEU DETALHAMENTO TÉCNICO (SIMPLIFICADO, POR RAZÕES COMERCIAIS), CRIADA PELO DESIGNER ROSS LOVEGROVE, 2014.....	25
FIGURA 7 – HORTUS DELICARUM.....	26
FIGURA 8 – CAFETEIRA "MOKA EXPRESS", DESENVOLVIDA POR ALFONSO BIALETTI, 1933.....	27
FIGURA 9 – EXERCÍCIO DE ROTAÇÃO MENTAL.....	43
FIGURA 10 – OBJETO REPRESENTADO EM <i>WIREFRAME</i>	48
FIGURA 11 – ÁRVORE CSG.....	49
FIGURA 12 – MODELAGEM SÓLIDA B-REP.....	50
FIGURA 13 – FACE INCONGRUENTE.....	51
FIGURA 14 – OBJETO REPRESENTADO POR OCUPAÇÃO ESPACIAL.....	52
FIGURA 15 – PROJEÇÃO POLARIZADA.....	55
FIGURA 16 – REALIDADE AUMENTADA.....	57
FIGURA 17 – <i>POKÉMON GO</i>	58
FIGURA 18 – PROTÓTIPOS EM IMPRESSÃO 3D.....	59
FIGURA 19 – DEPOSIÇÃO DE CAMADAS.....	60
FIGURA 20 – IMPRESSÃO 3D EM CERÂMICA.....	60
FIGURA 21 – IMPRESSÃO 3D POR DEPOSIÇÃO E IMPRESSORA.....	61
FIGURA 22 – ESFERAS EM STL COM MENOR E MAIOR NÍVEL DE DETALHES.....	64
FIGURA 23 – MODELAGEM EM PREPARAÇÃO DE SUPORTE PARA IMPRESSÃO.....	64
FIGURA 24 – MODELAGEM IMPRESSA COM SUPORTE.....	65
FIGURA 25 – OBJETO 1: DETALHAMENTO TÉCNICO, PERSPECTIVA E PEÇA.....	67
FIGURA 26 – OBJETO 2: DETALHAMENTO TÉCNICO, PERSPECTIVA E PEÇA.....	67
FIGURA 27 – OBJETO 3: DETALHAMENTO TÉCNICO E PEÇA.....	68

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – METODOLOGIA DE PESQUISA.....	17
TABELA 2 – NORMAS BRASILEIRAS DE DESENHO TÉCNICO EM VIGOR.....	36
TABELA 3 – BACHARELADOS REGISTRADOS NO MEC.....	70
TABELA 4 – 25 MELHORES CURSOS DE DESIGN EM 2016 E DISCIPLINAS DE DESENHO TÉCNICO.....	71
TABELA 5 – ANÁLISE PARAMÉTRICA.....	75
TABELA 6 - ANÁLISE PARAMÉTRICA DAS FERRAMENTAS DE ENSINO.....	82

LISTA DE SIGLAS

- ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 86
- ABS: acrilonitrilo butadieno estireno, 64
- ASME: American Society of Mechanical Engineers, 39, 89
- B-rep: Boundary Representation, 50, 51, 52
- BSI: British Standards Institution, 37
- CAD: Computer Aided Design, 25, 47, 48, 54, 60, 64, 87, 90, 92, 94
- CADD: Computer Aided Design and Drafting, 47
- CAE: Computer Aided Engineering, 90 CAM:
Computer Aided manufacturing, 54, 90 CFE:
Conselho Federal de Educação, 30
- CLP: Controlador Lógico Programável, 54
- CN: Controle Numérico, 54
- CNC: Comando Numérico Computadorizado, 54, 64
- CSG: Constructive Solid Geometry, 49, 51, 52
- DLP: Digital Light Processing, 63
- DMLS: Direct Metal Laser Sintering, 63
- DNC: Coletores de Dados, 54
- ISO: International Organization for Standardization, 24, 36, 37, 39, 86
- MEC: Ministério da Educação, 31, 32
- MJM: Multijet Modelling, 64
- NASA: National Aeronautics and Space Administration, 39
- PLA: Ácido poliláctico, 64
- SLM: Selective Laser Melting, 63
- SLS: Selective Laser Sintering, 63
- STL: Stereolithography, 63, 64
- VRML: Virtual Reality Modeling Language, 56

SUMÁRIO

RESUMO.....	IV
ABSTRACT.....	VI
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	VII
LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE SIGLAS.....	IX
1 Introdução.....	12
1.1 Objetivos.....	14
1.2 Metodologia.....	14
1.3 Estrutura do documento.....	17
2 Desenho como meio de representação.....	19
2.1 Histórico.....	19
2.2 Desenho e design.....	23
2.3 Ensino de desenho no Brasil.....	28
2.4 Formação em design no Brasil.....	30
2.4.1 Ensino de desenho técnico.....	32
2.4.2 Normatização.....	35
3 Capacidades cognitivas e organização do ensino.....	39
3.1 Inteligência espacial.....	42
3.2 Ergonomia cognitiva.....	44
4 Tecnologias de visualização tridimensional.....	46
4.1 Métodos de representação em <i>softwares</i>	47
4.1.1 <i>Softwares</i>	54
4.2 Estereoscopia.....	54
4.3 Realidade virtual.....	55
4.4 Realidade aumentada.....	56
4.5 Impressão 3D.....	58
5 Desenvolvimento.....	69
5.1 Coleta de dados.....	69
5.1.1 Cursos registrados no Ministério da Educação.....	69
5.1.2 Estrutura curricular do bacharelado em design.....	71
5.2 Análise crítica dos dados.....	74
<i>Softwares</i>	75
<i>Estereoscopia</i>	78

<i>Realidade virtual</i>	SUMÁRIO	79
<i>Realidade aumentada</i>		80
<i>Impressão 3D</i>		81
5.3 Considerações finais.....		85
5.3.1 Conclusões.....		85
5.3.2 Trabalhos futuros.....		90
Referências		91

1 Introdução

Devido à intensa automatização dos processos produtivos, a disciplina de desenho técnico vem integrando a estrutura curricular de diversos cursos superiores e técnicos. No exercício do magistério desta disciplina, fica patente a ausência de contato prévio do aluno com o desenho projetual, desenho técnico ou ainda com o desenho geométrico, o que gera estranheza e dificuldades no desenvolvimento das habilidades necessárias para a disciplina, como a capacidade de abstração e de visualização da forma que, por não pertencerem ao repertório do aluno, acabam demandando um tempo além do disponível em sala para alcançar o nível de entendimento esperado de um futuro profissional.

Há cada vez mais a difusão de recursos que transformam as metodologias de ensino. Em 2013, um estudo da Universidade Estadual Paulista sobre instrumentos de aprendizagem concluiu que a introdução de suportes tecnológicos no ensino das disciplinas de nível médio, como Matemática e Física, aprimorou em 32% o aproveitamento dos alunos (PORVIR, 2013). Soma-se a isto a recente disseminação das tecnologias digitais no país, que acompanham o desenvolvimento cognitivo de uma geração que se cerca de *gadgets*¹.

Assim, utilização de suportes didáticos que representem objetos reais e que se enquadrem no contexto das experiências cotidianas e no aprendizado do aluno podem reduzir essas dificuldades de aprendizagem. Nesta conjuntura, as tecnologias de prototipagem se mostram ideais por oferecerem processos rápidos, acessíveis, de baixo custo e que, por estarem presentes no meio universitário, podem tornar-se interessantes aliadas dos professores. Faz-se necessário, portanto, que se proponham novas estratégias de ensino em desenho técnico, com a utilização de recursos computacionais, inserindo nas práticas didáticas a possibilidade de visualização dos objetos em três dimensões, através da apropriação e do uso dessas novas tecnologias de representação (Revista Gestão Educacional, 2013).

Algumas disciplinas do ensino fundamental são baseadas em grandes áreas do ensino superior, de forma que, ao chegar à universidade, o estudante já teve contato prévio com o assunto durante, pelo menos os últimos cinco anos da vida. É assim com a Matemática para o ensino de cálculo, com a Física e Química nas áreas de exatas e engenharias e com a Biologia

¹ Equipamento com propósito e função específica, prática e útil no cotidiano. São comumente chamados de gadgets dispositivos eletrônicos portáteis como *personal digital assistant*, celulares, *smartphones*, leitores de MP3, entre outros. (WIKIPEDIA, 2016)

para grande maioria dos cursos de Ciências da Saúde e Biológicas. O ensino de desenho, no entanto, vem sendo constantemente negligenciado durante a formação dos estudantes, de forma que muitos deles só irão se defrontar com o desenho pela primeira vez no ensino superior, muito além da faixa etária considerada ideal ao desenvolvimento desta habilidade (PIAGET, 1971). Isto posto, torna-se imprescindível a presença de artifícios e tecnologias que suportem tal desenvolvimento, tornando o caminho menos penoso.

Outras áreas do saber já se apropriam de ferramentas de visualização tridimensional com a intenção de aprimorar sua estrutura didática. Reconhecidamente utilizada no ensino em Medicina, autores afirmam que a realidade aumentada é uma inovação ainda à espera de ser intensamente explorada como ferramenta didática. Tal tecnologia permite que os estudantes compreendam as relações espaciais e estruturas internas do corpo humano, oferecendo experiências de aprendizagem significativas e contextualizadas. Ainda como parte do suporte ao aprendizado, a realidade aumentada aplicada ao ensino da Medicina ajuda a criar experiências de simulação autêntica, ostentando atratividade subjetiva em seu uso, aumentando a retenção de aprendizagem e o desempenho dos alunos e, portanto, se estabelecendo como um suporte válido e de confiança para formação de futuros médicos. Nos últimos anos, as áreas das ciências médicas mais dedicadas a este propósito foram: cirurgia laparoscópica, procedimentos neurocirúrgicos e ecocardiografia (BARSOM; GRAAFLAND; SCHIJVEN, 2016).

Através da visualização dos objetos de geometria espacial em 3D, o aluno de desenho técnico tem uma percepção mais completa do objeto, o que auxilia os procedimentos de ensino-aprendizagem da disciplina. Estes processos fazem parte da constante busca de soluções no design que tragam ao profissional melhorias em suas condições de trabalho, bem como no aprendizado, otimizando recursos didáticos empregados no ensino de suas disciplinas básicas, aqui destacando a área de conhecimento da representação técnica.

O emprego dessas novas tecnologias, portanto, merece cuidadosa atenção antes de sua aplicação precipitada. A fim de promover seu uso e aplicação de forma eficiente, tornam-se necessárias pesquisas que norteiem processos de seleção e avaliação da aplicabilidade destas novas tecnologias, que são de domínio e familiaridade da geração de discentes com os quais temos nos deparado em sala de aula.

Em face das dificuldades de aprendizagem, como as tecnologias emergentes de representação tridimensional, utilizadas nos processos atuais de design, podem auxiliar no

ensino de desenho técnico? As tecnologias de representação tridimensional são suportes viáveis e oportunos aos educadores?

1.1 Objetivos

Para a presente proposta de estudo, define-se como o objetivo geral a aplicação das tecnologias emergentes de representação tridimensional, utilizadas nos processos atuais de design, como estratégia para aprimorar o ensino e aprendizagem do desenho técnico, otimizando tempo e recursos para tal finalidade.

Assim, esta pesquisa pretende, como objetivo, verificar como o uso de ferramentas de representação tridimensional é capaz de auxiliar no exercício de desenvolvimento da inteligência espacial.

Contudo, para cumprirmos a tarefa a que nos propomos, primeiramente torna-se necessário identificar tecnologias de representação tridimensional disponíveis atualmente; desenvolver métodos de análise e avaliação da aplicabilidade destas tecnologias dentro da perspectiva do ensino de desenho técnico; nortear o processo de seleção e avaliação destas tecnologias considerando seu uso final; identificar e promover o uso daquelas que melhor se adéquem tanto ao processo de ensino de desenho técnico e aos demais requisitos a serem estabelecidos durante as etapas de avaliação das tecnologias.

1.2 Metodologia

O processo metodológico desta pesquisa se apropriou de três referências centrais a fim de nortear seu andamento: Gil (2002), Gerhardt e Silveira (2009) e Quivy & Campenhoudt (2005). Estes autores encontram-se alinhados no posicionamento a respeito do problema de pesquisa ao afirmarem que, embora sua elaboração não seja uma tarefa simples, o problema precisa ser claro e preciso, empírico e passível de solução, uma vez que configura o início norteador do processo de investigação (BIANCHETTI; MEKSENAS, 2008).

O questionamento original deste trabalho se dá no contexto do ensino de desenho técnico nos cursos de design de produto no Brasil, verificando sua coerência com a aplicação deste saber no ambiente industrial. A indagação inicial se alicerça em “como as tecnologias emergentes de representação tridimensional, utilizadas nos processos atuais de design, podem

auxiliar no ensino de desenho técnico? As tecnologias de representação tridimensional são suportes viáveis e oportunos aos educadores?”. Estas duas questões se posicionam de forma clara na medida em que estabelecem o objeto de investigação, pois focam especificamente no ensino de desenho técnico e em como os processos de design – caracterizados aqui pelas tecnologias de visualização tridimensional – são capazes de aprimorar ou não o ensino de tal competência, além de propor a verificação da viabilidade de tal método, tanto em níveis educacionais quanto técnicos e econômicos.

O questionamento se faz pertinente por não estabelecer juízo de valor sobre os métodos empregados (GIL, 2002), mas por se apropriar dos artefatos disponíveis em seu melhor uso possível. Verifica-se ainda que o problema apresentado não é de ordem filosófica ou especulativa, mas prática, pois baseia-se no uso de ferramentas para implementação da atividade e na possibilidade de verificação de efetividade deste uso.

A etapa seguinte trata dos tópicos delineadores da pesquisa, sendo feita uma profunda investigação por meio de artigos científicos, livros, documentos governamentais e educacionais, materiais didáticos e afins, de forma possibilitar um levantamento sólido de dados, considerando a verificação de distintos aspectos norteadores desta investigação, como: a validade histórica do ensino do desenho técnico e seu teor documental; a configuração do ensino de desenho técnico nas escolas de design de produto ao redor do Brasil, correlacionando a carga horária de aula e ementas propostas; e o uso efetivo das tecnologias de visualização tridimensional no ambiente acadêmico.

O estágio subsequente se constitui pela problemática, abordagem que se dedica a interrogar os objetos estudados, refinando paulatinamente tanto o objeto de estudo quanto a perspectiva pela qual este será abordado. Segundo Quivy & Campenhoudt (2005, p.103) a formulação da questão inicial, as leituras e a problemática constituem de fato componentes complementares de um processo em espiral onde se efetua a ruptura e onde se elaboram os fundamentos do modelo de análise que operacionalizará a perspectiva escolhida. Nesta instância, considerou-se necessária a resposta para três questionamentos essenciais: o quê, como e por quê.

A primeira questão se dedica a delinear os objetos básicos de estudo: o desenho técnico e as tecnologias de visualização tridimensional. Sendo o primeiro uma área de saber comum a diferentes currículos, optamos por focar apenas na aplicação de tal saber nos cursos de

graduação em Desenho Industrial, Design ou Design de Produto no Brasil, delimitando o escopo da pesquisa a fim de obter resultados mais precisos, além de limitarmos a investigação também ao âmbito nacional, uma vez que os requisitos e configurações do desenho técnico são pautados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas. Já no que concerne às tecnologias de visualização tridimensional, foram investigados os métodos habitualmente utilizados para visualização espacial em diversas áreas de ensino, considerando o design, engenharias, arquitetura e medicina, em sua grande maioria.

O segundo questionamento destina-se a investigar como é desenvolvido o processo de ensino-aprendizagem de desenho técnico no cenário delimitado, com o propósito de identificar padrões de ensino da disciplina. Para tal, foi feita uma coleta de dados dos cursos de graduação em Desenho Industrial, Design e Design de Produto registrados no MEC, entre públicos e privados, seguida de uma investigação acerca da carga horária dos cursos como um todo, das disciplinas de desenho técnico, desenho geométrico ou desenho projetivo, com o intuito de relacioná-las e estabelecer parâmetros. Por fim, foram buscadas informações de conteúdo destes cursos, como: grade horárias, ementas, conteúdo programáticos e demais registros, com a intenção de estabelecer uma discussão qualitativa em relação à abordagem do assunto nos cursos investigados.

Os dados então obtidos foram analisados conforme as necessidades desta pesquisa. De forma geral, a estrutura curricular e os conteúdos das disciplinas de desenho técnico, desenho geométrico e desenho projetivo foram esmiuçados considerando os tópicos abordados e o tempo dedicado a este conhecimento, averiguando o que se apresentava em comum entre diferentes universidades, possibilitando compreender quais habilidades requeridas de um bacharel em design pelas instituições de ensino superior no Brasil. Além disso, a estrutura curricular dos cursos foi utilizada de suporte para sugerir a possibilidade do uso das tecnologias de visualização tridimensional a fim de amenizar as dificuldades no processo de aprendizagem e, ao mesmo tempo, explicitar as capacidades e possibilidade desta ferramenta no ambiente de trabalho.

Por fim, na última etapa da investigação, analisamos as conclusões obtidas no decorrer da pesquisa. Nesta etapa, nos propusemos a correlacionar a motivação do estudo e seus desdobramentos, conclusões que também servem de alicerce às proposições de melhoria do ensino de desenho técnico apresentadas a seguir.

Classifica-se a presente pesquisa como exploratória por ter como objetivo a investigação e adequação de recursos diretamente aplicáveis ao ensino. É entendido também que os resultados das análises propostas serão de ordem qualitativa, visto que a investigação se baseia em levantamento bibliográfico das áreas que delineiam as ferramentas de representação tridimensional, possibilitando a investigação das ferramentas propriamente ditas, mensurando suas capacidades, seus níveis de dificuldade, considerando ainda a facilidade de acesso e praticidade destas ferramentas, bem como como sua adequação ao método de ensino tradicionalmente estabelecido nas disciplinas de desenho técnico, plenamente utilizáveis em ambientes com escassez de recursos.

Investigados os limites de cada uma das tecnologias disponíveis e viáveis ao ensino, as etapas seguintes se caracterizam por avaliar, mapear e identificar aquilo que pode ser usufruído de cada um destes recursos com a finalidade de esquematizar quando e quais destes artificios são adequados ao ensino do desenho técnico, suas funções específicas e expectativas de alcance e aprimoramento.

TABELA 1 – Metodologia de pesquisa

Objetivos	Atividades	Indicadores
- Identificar os recursos didáticos de visualização tridimensional.	- Pesquisa bibliográfica; - Observação de aulas.	- Levantamento e fichamento de informações.
- Análise e avaliação dos recursos obtidos pelos métodos utilizados.	- Pesquisa bibliográfica; - Observação de aulas.	- Redação de artigo científico. - Projeto de iniciação científica
- Sugestão de utilização dos recursos.	- Avaliação, mapeamento e identificação das possibilidades de cada uma das ferramentas encontradas.	- Redação de artigo científico.
- Divulgação dos resultados.	- Preparação de material referencial e bibliográfico da pesquisa	- Dissertação.

Fonte: Da autora, 2017

1.3 Estrutura do documento

O capítulo 1 se dedica a estabelecer a introdução e escopo do estudo, assim como seus processos metodológicos e objetivos enquanto pesquisa acadêmica, definindo sua área de abrangência.

O capítulo 2 perpassa pela importância do desenho como meio de comunicação desde os primórdios da humanidade, evoluindo conforme o surgimento e desenvolvimento do design enquanto saber. Por fim, este capítulo apresenta um breve histórico do ensino e formação superior em design no Brasil, os requisitos essenciais desta área de conhecimento, assim como a importância do desenho na formação do profissional no cenário atual.

O capítulo 3 discorre sobre os preceitos de várias inteligências, ao invés de uma capacidade única, esquadrinhando a inteligência que se dedica ao entendimento da visualização espacial e suas características básicas. Posteriormente, é apresentado e definido o estudo que se dedica a investigar formas e adequações da estrutura de ensino, com a intenção de propor um aproveitamento intelectual do discente, no cenário atual de ensino e aprendizagem: a ergonomia cognitiva.

O capítulo 4 apresenta e discorre sobre as ferramentas de visualização tridimensional, suas competências e funcionalidades. Nesta etapa são delineadas as capacidades de cada uma destas para que seja possível a transposição destas habilidades em um contexto educacional.

Por fim, o capítulo 5 apresenta o desenvolvimento desta pesquisa, os dados coletados para tal e a análise do uso destas ferramentas enquanto objetos de ensino-aprendizagem, além da análise destas enquanto objetos didáticos. O texto se encerra com as conclusões da pesquisa, possibilidades de novos estudos e contribuições acadêmicas.

2 Desenho como meio de representação

2.1 Histórico

O desenho, assim como a fala e a escrita, configura uma forma genuína de comunicação, possibilitando a representação de ideias com clareza. Desde os primórdios da humanidade, o desenho fornece uma importante ferramenta de comunicação para o homem, trazendo grandes contribuições para a compreensão de nossa História. Desenhos registram hábitos e estilos de vida e são capazes de transmitir a trajetória de povos antigos até os dias de hoje (MOTA, 1997).

A palavra desenho, com esta grafia, tem origem no Renascimento, tendo seu primeiro registro conhecido em 1567 (ISODA, 2013). Há, no entanto, pelo menos 30 mil anos que o homem pré-histórico iniciou suas primeiras atividades de representação, constituídas de linhas registrando os objetos que observava – geralmente animais que pretendiam caçar ou figuras consideradas míticas (Figura 1). Estas eram as primeiras manifestações do que hoje conhecemos como desenhos e, através delas, o homem começava a compreender e dominar o mundo em que vivia, uma vez que também possuía uma capacidade simbólica, intelectual e artística, análoga à do homem moderno.

Figura 1 – Imagens pintadas com pigmentos vermelhos e pretos.
Caverna Chauvet, França, 30.000 a.C.



Fonte: archeologie.culture.fr²

Por mais controversa que a discussão seja (MOTA, 1997), registros históricos mostram que o desenvolvimento da escrita e da linguagem visual estão entrelaçados, tendo suas origens

² Caverna Chauvet. Disponível em: <<http://archeologie.culture.fr/chauvet/fr/plus-pres-art-parietal>>. Acesso em: jun. 2016.

mais remotas em figuras simples, que caracterizavam tanto o traçado do desenho quanto o da escrita. Segundo Philip B. Meggs (2009), os mais antigos registros do que viria a ser a escrita são as tabuletas da cidade de Uruk, na Mesopotâmia. Essas placas de argila serviam de suporte na contagem de mercadorias e apresentavam pictogramas relativos à colheita, numerais e nomes de pessoas inscritos em colunas e de maneira organizada (Figura 2). O autor afirma, ainda, que a escrita pode ter evoluído em tal cenário pela necessidade de ordem e estabilidade social, sendo o método mais propício para manter os registros da cidade-Estado. Podemos perceber que a linguagem nesse período se estabelecia entre o desenvolvimento de símbolos e a linguagem pictórica.

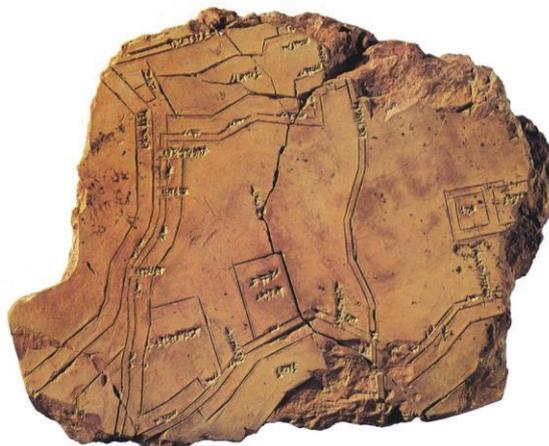
Figura 2 – Primeiras escritas pictográficas sumérias, 3.100 a.C.



Fonte: MEGGS, 2009.

A linguagem do desenho, então, evoluiu em uma direção distinta da escrita (Figura 3), mas ainda como um meio de comunicação que permitiu ao homem registrar suas ideias, acompanhando a crescente complexidade dos conceitos a serem transmitidos.

Figura 3 – Primeiro desenho plano urbano, Distrito de Nipur, Mesopotâmia, 1.300 a.C.

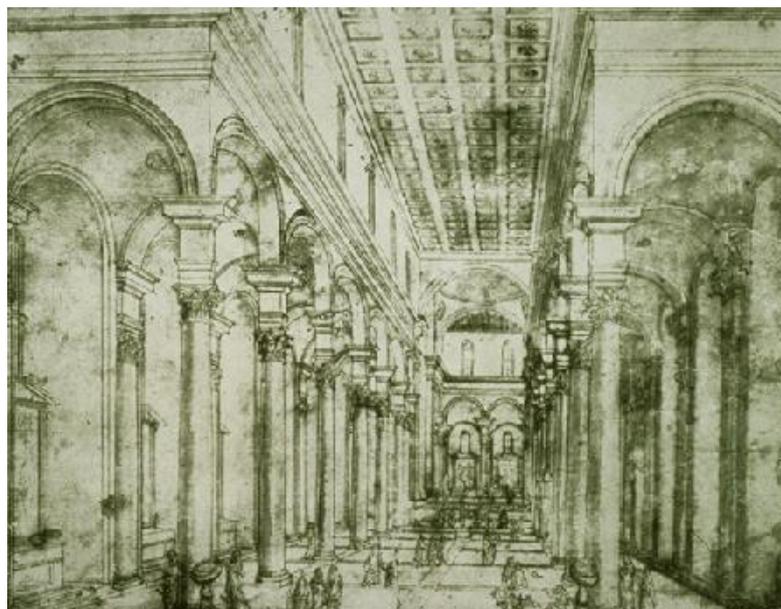


Fonte: ISODA, 2013

Já na Era Clássica, nos deparamos com a aplicação funcional que a cultura grega atribuía ao desenho, uma vez que as representações eram empregadas para fins de produção. Conforme registros históricos, dos mais simplórios objetos à construção de complexas estruturas, a geometria se fazia presente cotidianamente no processo civilizatório como método de elaboração de procedimentos de construção, sendo o Parthenon um recorte desse cenário.

A representação de objetos tridimensionais em superfícies bidimensionais evoluiu gradualmente ao longo da história. Os exemplos mais antigos a respeito das técnicas de representação do desenho arquitetônico são de Filippo Brunelleschi (1377-1446) (Figura 4) e Leon Battista Alberti (1404-1472), considerados pais da técnica de perspectiva, principal instrumento de representação volumétrica até os dias de hoje.

Figura 4 – Esboço da perspectiva para a Basílica do Espírito Santo, 1428, Itália.



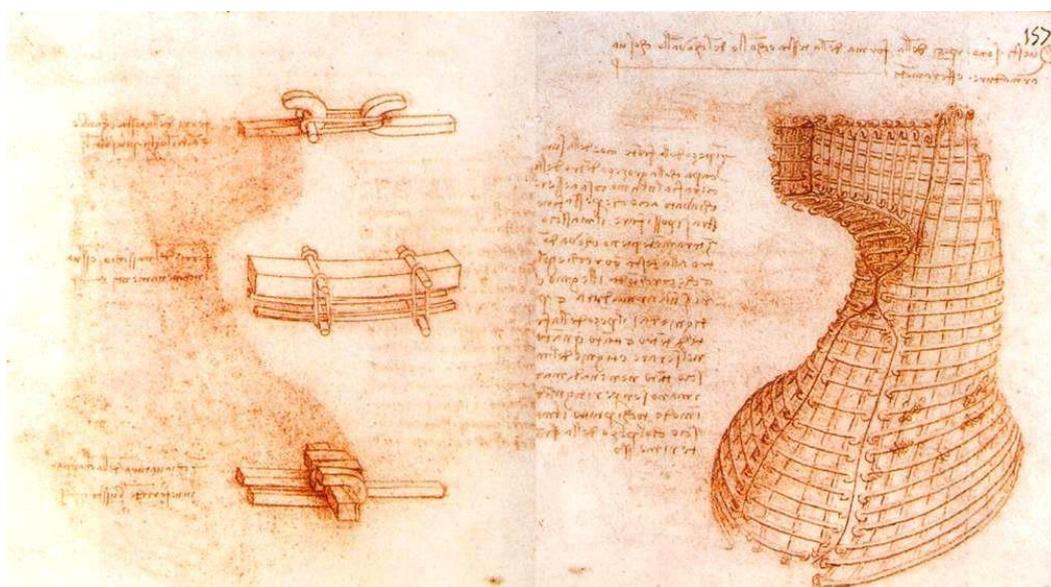
Fonte: Wikiart.org³, 2017

Enquanto ainda não se estabeleciam regras para tal método de representação, o estilo de desenho que mais se aproximava do que hoje reconhecemos por técnico – que se legitima precisamente por sua estrutura procedimental, sistemática e abundante de normas – era descomprometido com as regras e métodos de execução, permitindo o que podemos denominar “licença poética” do desenhista. Uma vez que inexistia uma consolidação de normas para esta forma de representação, estabelecia-se uma intensa dificuldade em retratar a volumetria dos

³ Disponível em: <<https://www.wikiart.org/en/filippo-brunelleschi/perspective-drawing-for-church-of-santo-spirito-in-florence>> Acesso em jan. 2017.

artefatos em superfícies planas, uma vez que cada desenhista desenvolvia sua própria linguagem visual, como afirma Alan Pipes (2010). Todavia, este problema foi minimizado por Leonardo da Vinci (1452-1519) que, além de desenvolver diversos estudos relativos à teoria do desenho, representou graficamente inúmeros de seus inventos (Figura 5), desenvolvendo uma intensa biblioteca visual que se baseava em normas lógicas de representação, servindo de referência tanto a seus contemporâneos quanto a futuros profissionais.

Figura 5 – Leonardo da Vinci, manuscrito do monumento Sforza, 1493, Itália.



Fonte: Web Gallery of Art⁴

No século XVII, visando aprimorar as construções de fortificações, o matemático francês Gaspard Monge (1746-1818) desenvolveu, utilizando projeções ortogonais, um sistema com correspondência entre os elementos do plano e do espaço. O sistema desenvolvido por Monge, intitulado *Geometrie Descriptive* (1795), é a base da linguagem utilizada para o desenho técnico, aprimorado por diversos estudiosos da prática:

A geometria descritiva de Gaspar Monge se mostrou a mais eficiente, entre outras, na representação dos modelos matemáticos tridimensionais, permitindo a visão de volume a partir de um conjunto de projeções ortogonais em planos de projeção que particularizam setores do espaço. Assim, a geometria descritiva formou a base do chamado desenho técnico adotado como linguagem universal na representação dos projetos de arquitetura e engenharia em geral, além de todas as manifestações necessárias de representação para execução final de produção material. (OLIVEIRA, 2009)

⁴ Disponível em: <<http://www.wga.hu/frames-e.html?/html/l/leonardo/15sculpt/index.html>> Acesso em jun. 2016.

Já no final do século XVII era possível observar uma expressiva diferença entre a formação do projetista, arquiteto ou engenheiro, em relação à formação técnica do artesão ou daquele que executava os processos de confecção do artefato (PIPES, 2010). Em relação aos primeiros, houve um intenso processo de institucionalização das chamadas “escolas de vocação técnica”, que tinham por função formar projetistas que dominassem a linguagem técnica do desenho. Dentre estas instituições, pode-se citar as escolas francesas de Arquitetura Naval (1741), Arquitetura Civil e de Edifícios (1747), Engenharia Civil Pontes e Estradas (1747) e Engenharia Militar (1748) (TRINDADE, 2002, p. 32).

No século XIX, com o impetuoso desenvolvimento industrial da Inglaterra, percebeu-se a necessidade de normalizar a utilização da geometria descritiva com a finalidade de fundamentá-la como um meio de comunicação gráfica que, a nível global, simplificasse a compreensão dos métodos de produção dos artefatos e viabilizasse o intercâmbio de informações tecnológicas (ZORZO, 2013). Desta forma, a Organização Internacional para Padronização (ISO) normalizou os métodos de utilização da geometria descritiva como linguagem gráfica da engenharia, arquitetura e, posteriormente, design, sendo reconhecida por desenho técnico.

2.2 Desenho e design

De acordo com a definição do departamento de Arquitetura, Design e Artes da Universidade de Illinois⁵, no estado americano de Chicago, falar em design é falar em progresso. É a conceituação e criação de coisas novas: ideias, interações, informações, objetos, tipos, livros, cartazes, produtos, lugares, sinais, sistemas, serviços, móveis, sites, entre outros. Designers imaginam e fazem, também pesquisam e pensam. Habilidosos em uma ou mais especialidade, as usam colaborativamente com outras áreas e outros profissionais. O desenvolvimento de um projeto de design é marcado por um complexo caminho entre otimização de ideias, resolução de problemas e criação de conceitos, evidenciado pela constante verificação de tais desenvolvimentos, uma vez que a ideia se materializa em produtos, serviços, ambientes, entre outros.

⁵ *University of Illinois. What is Design?* Disponível em: <<http://design.uic.edu/what-is-design>>. Acesso em jan. 2017.

Ao longo do desenvolvimento dos projetos, uma ferramenta que invariavelmente acompanha o designer é o desenho. Seja à mão livre, com o auxílio de instrumentos ou digital, o desenho o recurso que acompanha este profissional durante sua carreira, nas mais diversas áreas de atuação. *Sketch*, esboço, ilustração, desenho final, desenho conceitual, desenho técnico, desenho de apresentação e ilustração técnica são alguns dos numerosos exemplos de modalidades que requisitam a habilidade do desenho e o incorporam à carreira do designer (MEGGS, 2009). A relação é tão intensa entre a área do saber e esta habilidade que, em muitos idiomas, a denominação das duas é a mesma. (ISODA, 2013)

Imersos na era digital, o uso do desenho digital se tornou comum, tanto como ferramenta profissional quanto como material didático, mas ainda suscita a questão: os *softwares* seriam capazes de substituir a habilidade manual? Devemos somente desenhar à mão de maneira tradicional? Ou podemos encontrar um meio de nos apropriar das diversas formas de expressão que cercam a habilidade do desenho? O que se sabe é que o ato de desenhar estimula outras ideias, demandando outro desenho e despertando um desenvolvimento intermitente, independentemente da plataforma utilizada, ratifica Pipes (2010, p.35), afirmando que “é discutível se o CAD⁶ sufoca ou não a criatividade, mas em mãos experientes ele pode dar tempo ao designer para pensar em outras soluções alternativas”. O ideal é fazer uso dos benefícios oferecidos por cada suporte em diferentes momentos do processo de desenvolvimento do projeto, sem comprometer as habilidades básicas do futuro designer, sejam estas manuais ou cognitivas. Como são diversas as modalidades de desenho, este trabalho se dedica a investigar as possibilidades de aprimoramento do ensino em desenho técnico nos cursos superiores de design no Brasil. Tanto nas carreiras de design quanto na arquitetura, engenharias e demais áreas tecnológicas, desenhos técnicos são executados por profissionais que detêm plena capacidade de representar a ideia do produto através de suas formas, linhas, dimensões, posições e medidas. Frequentemente, esses desenhos – que devem ser compreendidos como documentação do artefato, estrutura ou ambiente – são passados por toda a cadeia envolvida na execução, fabricação, finalização e montagem do produto, atuando como o principal método de comunicação entre eles. Se não houvesse este registro técnico e o pleno entendimento das informações ali contidas, o profissional que concebeu o artefato precisaria estar presente durante todo o processo de produção, perpassando uma a uma as etapas do

⁶ Desenho assistido por computador, em inglês.

desenvolvimento e fabricação para que o produto final correspondesse àquilo que foi originalmente idealizado (Figura 6).

Figura 6 – Cadeira *Diatom* e seu detalhamento técnico (simplificado, por razões comerciais), criada pelo designer Ross Lovegrove, 2014.



Fonte: Adaptado de Moroso.it⁷

A função principal do desenho técnico, além de prover a documentação oficial do produto, é comunicar-se com distintas áreas de atuação compreendidas no desenvolvimento do objeto sem que haja ambiguidades ou informações imprecisas, orientando profissionais de distintas áreas na produção de um artefato, ao passo que facilita e descreve uma ideia por meio de procedimentos e normas.

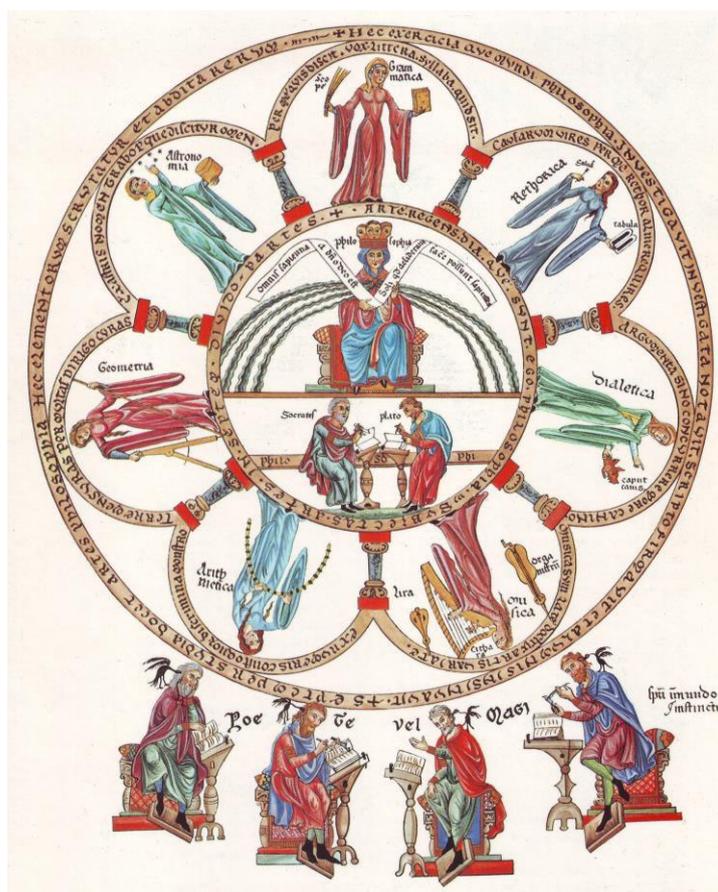
Todos os conceitos e definições acerca do desenho técnico são pautados em diretrizes, que constituem um amplo conjunto de especificações que desempenham o papel de uniformizar os métodos de representação, além de oferecer um amparo para representações que exijam maiores especificidades. A normatização do desenho técnico se dedica a padronizar desde a caligrafia, espessura de linhas e símbolos, métodos de representação e organização, até convenções mais complexas, de forma que, para interpretar um desenho técnico, é preciso ter o treino adequado, além de possuir habilidades de abstração e visualização espacial. Sobre a complexidade do desenho técnico, Pipes (2010, p.29) discorre:

Na Idade Média, o desenho – como aparentam aos nossos olhos modernos – dava mais ênfase às características mecânicas e atributos de uma máquina do que a retratar uma

⁷ Disponível em: <<http://moroso.it/prodotti/diatom/?lang=en>> Acesso em jan. 2017.

realidade física. Por exemplo, a abadessa Herrad de Landsberg (c. 1130-1195), em sua Hortus Deliciarum (Jardim das Delícias) [Figura 7] de 1160 – um compêndio de todas as ciências e ofícios estudados naquele tempo – sacrificou verdades geométricas, tamanhos e posições comparativos em favor de uma descrição, segundo as convenções daquele tempo, de como era realmente o funcionamento de um moinho (ou de qualquer outro assunto tratado). Seus desenhos produzidos empiricamente são tão impenetráveis e difíceis de “ler” como os desenhos em vistas ortográficas dos engenheiros o são para um leigo de hoje.

Figura 7 – Hortus Deliciarum



Fonte: Bibliothèque Alsatique du Crédit Mutue⁸

Da mesma forma é o desenho técnico: sem o treinamento adequado, uma representação que descreva tais níveis de complexidade pode não ser comunicada para seu leitor caso este desconheça as normas. Uma disciplina de desenho técnico ministrada em cursos de nível técnico ou superior tem a função de apresentar estas normas, estabelecer os conceitos essenciais e desenvolver as habilidades do aluno para que este se torne capaz de representar projetos, fazer

⁸ Disponível em:

<http://web.archive.org/web/20110720213646/http://bacm.creditmutuel.fr/HORTUS_DELICARUM.html

> Acesso em jun. 2016.

a leitura adequada, utilizar plenamente suportes e materiais propícios, desenvolvendo constantemente as habilidades básicas de abstração e visualização espacial, obtendo a fluência necessária para se comunicar plenamente através desta linguagem (Figura 8). Quando o profissional detém as ferramentas básicas para utilização de tal linguagem, ele se tornará competente a levar a investigação mais adiante e se apropriar de artifícios mais complexos.

Figura 8 – Cafeteira "Moka Express", desenvolvida por Alfonso Bialetti, 1933.



Fonte: Adaptado de mokaclube.com.br

A disciplina de desenho técnico integra grades curriculares de diversos cursos hoje lecionados no Brasil, tanto a nível técnico quanto superior, tendo por característica comum o fato de formarem profissionais aptos a fabricar e desenvolver objetos, construções, ambientes e demais estruturas relacionadas à construção civil, mecânica, metalúrgica e áreas correspondentes. Neste contexto, a disciplina é incumbida de lecionar um meio de expressão gráfica que tem por finalidade a representação de formas, dimensionamentos, especificações técnicas, posicionamentos, encaixes, além de demais informações que devam ser apresentadas de forma devidamente detalhadas, essenciais na produção industrial de determinado artefato, atuando como o registro documental do objeto a ser desenvolvido.

2.3 Ensino de desenho no Brasil

O ensino de desenho nas escolas brasileiras se dá de forma conturbada (BARBOSA, 1998), tendo seus primeiros registros históricos durante a Primeira República (1890-1930), quando ainda era lecionado nas escolas em níveis correspondentes ao ensino fundamental⁹ e ensino médio¹⁰ como parte das disciplinas de Ciências ou Matemática. Assim permaneceu durante as décadas seguintes, dado que o país buscava aprimorar seu processo de industrialização em função das mudanças promovidas pela Segunda Guerra Mundial, que refletiu diretamente na redução das importações e exigiu o desenvolvimento de habilidades técnicas em empresas nacionais (OLIVEIRA; AITA, 1985) (ELLIS, 1985).

Também como consequência deste processo, foi instituído no país o exame vestibular para a entrada nos cursos superiores em 1911. O Plano Nacional de Ensino instituiu que o conhecimento em desenho fosse também requisitado neste exame através de uma avaliação específica, a fim de verificar se a habilidade dos estudantes encontrava-se de acordo com as exigências profissionais que se seguiriam.

Nas décadas seguintes, entre 1950 e 1960, as disciplinas responsáveis por introduzir o ensino do desenho no nível correspondente hoje ao ensino fundamental perpassavam do desenho artístico ao desenho técnico, abrangendo diversas categorias de desenho na tentativa de elucidar o aluno sobre as possibilidades deste conhecimento. Já no estágio que corresponde hoje ao ensino médio, as disciplinas ministradas eram o desenho técnico, desenho geométrico e geometria descritiva, preparando o estudante para o exame de vestibular e, posteriormente, para a graduação.

No entanto, no início da década de 1970 foi instituída a Reforma do Ensino através da Lei 5.692 de 11/08/71, que fixava diretrizes e bases para o ensino do 1º e 2º graus, definindo que os currículos escolares dispõem de uma base comum, obrigatória em âmbito nacional, e uma seção diversificada com intuito de atender, conforme as necessidades e possibilidades, às peculiaridades locais, aos planos dos estabelecimentos educacionais e às diferenças individuais dos alunos. Assim, determinou-se também a obrigatoriedade do ensino de Educação Moral e

⁹ Uma das etapas da educação básica no Brasil, que tem duração de nove anos, obrigatória aos brasileiros entre os 6 e 14 anos de idade. (PORTAL BRASIL, 2014)

¹⁰ Nível de ensino consequente ao fundamental, com duração de três anos, ministrado a adolescentes com idades compreendidas entre os 16 e os 18 anos. (PORTAL BRASIL, 2014)

Cívica, Educação Física, Educação Artística e Programas de Saúde. Já na resolução n.º 8, instituída no ano seguinte, o Conselho Federal de Educação (CFE) estabelece as disciplinas da base comum: Comunicação e Expressão (Língua Portuguesa), Estudos Sociais (Geografia, História, Organização Social e Política do Brasil) e Ciências (Matemática, Física e Biologia).

Diz o parecer que “a Língua Portuguesa não pode estar separada, enquanto forma de comunicação e expressão, de educação artística ou de um desenho que lhe acrescente sob pena de inevitável empobrecimento.” Constata-se, na citação, uma preocupação com o ensino de desenho, embora não proponha nenhuma solução para sua implementação. (TRINDADE, 2002, p.35)

O último documento oficial que trata da implementação das disciplinas de desenho é o parecer n.º. 540/77 do Conselho Federal de Educação de 10/12/1977, discorrendo mais especificamente sobre a disciplina de Educação Artística. Ao fazer referências ao ensino de desenho, posiciona-o como parte da formação geral estética e menciona que, quando o ensino de desenho concentra-se na matéria de geometria e desloca-se com mais propriedade para o campo das Ciências, na disciplina de Matemática, configura-se como conteúdo específico de obrigatoriedade. Portanto, desde esta definição, o ensino de desenho geométrico foi incluído ao conteúdo de matemática e, por conseguinte, pertencente ao núcleo comum e obrigatório em âmbito nacional. Entretanto, a falta de detalhamento do CFE abriu uma brecha na compreensão das incumbências da escola, uma vez que o parecer 4.833/75, que estrutura a disciplina de Matemática, não prevê o ensino de desenho geométrico junto à mesma. Até os dias atuais, o ensino deste assunto fica a cargo de cada instituição, não sendo obrigatoriamente ministrado na maioria das escolas brasileiras, gerando prejuízos para o ensino fundamental e médio.

O aluno que hoje chega ao ensino superior vem, geralmente, com insuficiência nesses fundamentos matemáticos, o que torna a geometria descritiva um aprendizado penoso e, para alguns, quase impossível de entender se não se resgata a sua deficiência oriunda do ensino de origem, o que se entende – por princípio – não ser papel da universidade. (OLIVEIRA, 2009, p.1)

Através deste breve histórico podemos perceber como o ensino de desenho vem sendo reiteradamente apontado como imprescindível para desenvolver no aluno um meio de expressão e forma de raciocínio matemático; todavia tal importância não parece ser suficiente para configurar a obrigatoriedade deste conhecimento na formação basal do discente. A ausência deste assunto na educação básica dos estudantes prejudica o posterior desenvolvimento de habilidades essenciais necessárias à carreira de projetista. A ausência da obrigatoriedade no ensino de tais saberes eleva ainda mais as disparidades do ensino básico no Brasil, destoando alunos que receberam estas instruções daqueles que desconhecem completamente o assunto.

2.4 Formação em design no Brasil

A graduação em design no Brasil é regulamentada por dois pareceres e uma resolução no Ministério da Educação: CES/CNE 0146/2002, CNE/CES 0195/2003 e Resolução nº 5, de 8 de março de 2004, respectivamente. O primeiro destes anula a regra da uniformidade mínima profissionalizante, que exige que os cursos de graduação possuam uma grade mínima e uma grade máxima. Esta estrutura requiritava que as escolas cumprissem um calendário comum pouco flexível, com um programa de disciplinas detalhado e aprovado pelo Ministério da Educação para garantir a igualdade de oportunidades entre os profissionais formados em diferentes escolas, facilitando a transferência entre universidades, entre outros aspectos. O desmonte desta estrutura se dá com a finalidade de "assegurar às instituições de ensino superior ampla liberdade na composição da carga horária a ser cumprida para a integralização dos currículos, assim como na especificação das unidades de estudos a serem ministradas".

A partir disto, o Ministério da Educação (MEC) apresenta um "perfil desejado do formando" em design, resumidamente descrito como um

profissional que se ocupa do projeto de sistemas de informações visuais, objetos e os sistemas de objetos de uso através do enfoque interdisciplinar, consideradas as características dos usuários e de seu contexto sócio-econômico-cultural, bem como potencialidades e limitações econômicas e tecnológicas das unidades produtivas onde os sistemas de informação e objetos de uso serão produzidos (CNE/CES 0195/2003, p. 22).

Além disto, o parecer ainda descreve uma série de habilidades e competências exigidas deste profissional e estabelece os conteúdos curriculares, que se dividem entre básicos e específicos; todavia, estas definições compõem uma lista de assuntos bastante genéricos acerca da formação deste profissional:

I - capacidade criativa para propor soluções inovadoras, utilizando do domínio de técnicas e de processo de criação;

II - capacidade para o domínio de linguagem própria expressando conceitos e soluções, em seus projetos, de acordo com as diversas técnicas de expressão e reprodução visual;

III - capacidade de interagir com especialistas de outras áreas, de modo a utilizar conhecimentos diversos e atuar em equipes interdisciplinares na elaboração e execução de pesquisas e projetos;

IV - visão sistêmica de projeto, manifestando capacidade de conceituá-lo a partir da combinação adequada de diversos componentes materiais e imateriais, processos de fabricação, aspectos econômicos, psicológicos e sociológicos do produto;

V - domínio das diferentes etapas do desenvolvimento de um projeto, a saber: definição de objetivos, técnicas de coleta e de tratamento de dados, geração e avaliação de alternativas, configuração de solução e comunicação de resultados;

VI - conhecimento do setor produtivo de sua especialização, revelando sólida visão setorial, relacionado ao mercado, materiais, processos produtivos e tecnologias abrangendo mobiliário, confecção, calçados, joias, cerâmicas, embalagens, artefatos de qualquer natureza, traços culturais da sociedade, softwares e outras manifestações regionais;

VII - domínio de gerência de produção, incluindo qualidade, produtividade, arranjo físico de fábrica, estoques, custos e investimentos, além da administração de recursos humanos para a produção;

VIII - visão histórica e prospectiva, centrada nos aspectos socioeconômicos e culturais, revelando consciência das implicações econômicas, sociais, antropológicas, ambientais, estéticas e éticas de sua atividade (CNE/CES 0195/2003, p. 7).

Já o segundo parecer disponibilizado pelo MEC reforça as informações anteriormente apresentadas e acrescenta a necessidade de conteúdos teórico-práticos na formação do designer, determinados por "domínios que integram a abordagem teórica e a prática profissional, além de peculiares desempenhos no estágio curricular supervisionado, inclusive com a execução de atividades complementares específicas, compatíveis com o perfil desejado do formando" (CNE/CES 0195/2003). Por fim, a Resolução apresentada em 2004 é incumbida de apresentar as Diretrizes Curriculares Nacionais dos cursos de design, trazendo uma versão expandida dos pareceres anteriormente referidos e sustentando a proposição estrutural do curso com grades flexíveis estabelecidas de acordo com as instituições.

Considerando os cursos denominados "Design", "Design de Produto" e "Desenho Industrial", há hoje no Brasil mais de 150 cursos de graduação em design registrados no Ministério da Educação, variando entre instituições públicas e privadas. Na amostra, podemos perceber a relação direta entre a exclusão da grade mínima feitas pelo MEC e as mudanças de currículo nos cursos. De forma geral, a carga horária dos cursos tem uma variação notável de acordo com a universidade, uma vez que a mesma habilitação pode ser conseguida em 2400 horas pelas universidades Presbiteriana Mackenzie, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho e Faculdade de Tecnologia do Instituto Europeo di Design, enquanto a Universidade De São Paulo estabelece um currículo de 3870 horas e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul de 3975 horas. No currículo geral, pode-se notar uma expressa diferença entre a carga horária de universidades federais em comparação com as demais, apresentando um currículo médio de 3100 horas para a formação superior em Design. Existe ainda uma diferença substancial na nomenclatura, estrutura curricular e disposição das disciplinas, tanto em seu conteúdo quanto no período da graduação em que ela é ofertada aos alunos.

2.4.1 Ensino de desenho técnico

Apesar dos recursos representativos possibilitados por ferramentas tecnológicas e pela computação gráfica, o ensino de desenho técnico de maneira clássica ainda é considerado imprescindível na formação de qualquer área de atuação que necessite da representação gráfica como parte do seu processo produtivo, uma vez que, além do aspecto da linguagem gráfica que permite a transmissão de ideias a serem executadas por terceiros, o desenho técnico desenvolve o raciocínio, o senso de rigor geométrico, disciplina, organização e a habilidade de visualização espacial.

Mesmo com o avanço da tecnologia, o desenho manual tem o potencial de superar o achatamento de uma superfície bidimensional e representar desenhos tridimensionais da Arquitetura de forma clara, legível e convincente. Para tanto, é preciso aprender a executar e ler a linguagem gráfica do desenho. O ato de desenhar não é só uma questão técnica, é também uma ação cognitiva que envolve percepção visual; avaliação e raciocínio de dimensões; e relacionamentos espaciais. (Ching, 2011 *apud* Marques, 2015)

A bibliografia de desenho técnico é vasta, porém se desatualiza com facilidade e requer constante revisão, posto que a associação regulamentadora desta atividade trabalha a nível nacional e desenvolve seus requisitos, atualizando-os com frequência sempre que necessário. Segundo Pires, Bernardes e Linden (2015), merece atenção o fato de se encontrar nas listas das referências bibliográficas, dos cursos de Engenharia, Arquitetura, Geologia, Design, Agronomia e demais áreas tecnológicas que utilizam o Desenho Técnico como linguagem fundamental, livros que já não são impressos ou reeditados a muitos anos (p.229).

Estão disponíveis hoje uma enorme quantidade de livros técnicos publicados e não se tem mais uma visão clara de quais devem ser adotados como referência pelas disciplinas de Desenho Técnico nas universidades brasileiras (MARQUES, 2015). De acordo com Pires, Bernardes e Linden (2015, p.227) as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas são quase uma unanimidade entre todas as universidades pesquisadas e não deveria ser diferente, pois não é uma publicação de um ou alguns autores e sim o conjunto de regras que unificam a linguagem do desenho técnico no Brasil. Todavia, destaca-se também a presença do livro *Desenho Técnico* (1979) de Thomas E. French e o *Comunicação Gráfica Moderna* (1998) de Frederick E. Giesecke constando planos de ensino das maiores e melhores universidades na pesquisa dos referidos autores. Dentre outros aspectos da pesquisa sobre a

existência de alguma bibliografia de desenho técnico consagrada no país, os autores apontam que as cinco principais publicações utilizadas para este assunto são de autoria norte americana (2); autoria alemã (1) e de autoria portuguesa (2), todos publicados no idioma português (p.230), o que se configura em um empecilho quanto às normas técnicas estabelecidas no Brasil, sendo este aspecto detalhado no tópico que se segue.

Considerando tal perspectiva, o material didático desenvolvido pela plataforma de ensino Telecurso 2000 (FERREIRA; SILVA, 2009) foi definido como uma referência suficientemente satisfatória para delinear os assuntos essenciais ao desenho técnico, dentro do escopo desta pesquisa, enquanto conhecimento prático. O material didático é uma adaptação elaborada por Joel Ferreira e Regina Maria Silva, do material "Leitura e interpretação de desenho técnico mecânico", publicado pelo SENAI¹¹-SP e elaborado por Lauro Annanias Pires e Regina Maria Silva, destinado ao ensino à distância.

O conteúdo é apresentado em três volumes, compostos por dez capítulos cada, contudo, é ordenado de forma um tanto quanto inusitada. O primeiro capítulo tem um caráter introdutório, apresentando questionamentos sobre "o que é desenho técnico", enquanto o segundo já retoma conceitos básicos sobre figuras geométricas. Relembrados os conceitos essenciais, o material didático dedica suas atenções ao ensino da perspectiva isométrica e não de vistas ortográficas, desta forma, o aluno é guiado a exercitar a visualização espacial através de algo que ele já conhece cotidianamente: a perspectiva.

Depois de quatro capítulos dedicando-se à perspectiva, o discente já começa a desenvolver as referências visuais para se dedicar ao estudo da projeção ortográfica ou vistas ortográficas, temática considerada de difícil entendimento durante o ensino da disciplina, visto que é na projeção ortográfica que o estudante se vê dialogando entre objetos tridimensionais sendo representados em planos bidimensionais.

Material didático Telecurso 2000 – Volume 1

01	O que é o desenho técnico?
02	Figuras geométricas
03	Desenhando perspectiva isométrica
04	Perspectiva isométrica de modelos com elementos paralelos e oblíquos

¹¹ Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

05	Perspectiva isométrica de modelos com elementos diversos
06	Projeção ortográfica de figura plana
07	Projeção ortográfica de sólidos geométricos
08	Projeção ortográfica de modelos com elementos paralelos e oblíquos
09	Projeção ortográfica de figura plana modelos com elementos diversos
10	Projeção ortográfica e perspectiva isométrica

Fonte: Telecurso 2000

Já segundo volume traz mecanismos de representação, métodos utilizados no desenho técnico para retratar peças consideravelmente complexas, como cortes, seções e vistas auxiliares. Todavia, a organização do material didático se incumbe de desenvolvê-los de maneira fluida, introduzindo aspectos normatizadores mais complexos com espontaneidade.

Material didático Telecurso 2000 – Volume 2

11	Corte total
12	Mais de um corte nas vistas ortográficas
13	Corte composto
14	Meio-corte
15	Corte parcial
16	Seção e encurtamento
17	Omissão de corte
18	Vistas auxiliares
19	Projeção com rotação
20	Representações especiais

Fonte: Telecurso 2000

O terceiro e último volume apresenta mais algumas das normas essenciais à atividade, como a cotagem e escalas, bem como informações mais elaboradas e específicas, como tolerâncias e estados de superfície. Embora sejam de plena importância à atividade de designer de produto, é incomum que estas integrem à ementa das disciplinas já que superam o caráter introdutório do tema.

Material didático Telecurso 2000 – Volume 3

11	Cotagem de dimensões básicas
----	------------------------------

12	Cotagem de elementos
13	Escalas
14	Supressão de vistas em peças prismáticas e piramidais
15	Supressão de vistas em peças compostas
16	Cotagens especiais
17	Sistemas de cotagem
18	Tolerância dimensional
19	Tolerância geométrica
20	Estado de superfície

Fonte: Telecurso 2000

Para o desenvolvimento desta pesquisa, os três volumes do material didático supracitado são tomados como bibliografia coerente, adequada aos requisitos desta pesquisa, com a carga horária da disciplina na maior parte das instituições de ensino estudadas, assim como abrange o conteúdo que compete à formação do bacharel em design e design de produto.

2.4.2 Normatização

O desenho técnico é normatizado no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), mas essas normas não são exclusivamente brasileiras. Para que seja possibilitada a troca de informações em âmbito global, há também um órgão regulamentador de tais normas, a Organização Internacional para Padronização (ISO).

O desenvolvimento de normas só se tornou possível depois de 1840, quando o processo de plotagem foi inventado e, pela primeira vez, era possível que muitos fabricantes pudessem trabalhar a partir de desenhos idênticos. A padronização das diretrizes utilizadas no desenho técnico têm seu início registrado em 1927 com BS 308, no Reino Unido, conhecido como o primeiro padrão para desenho ortográfico de engenharia (PIPES, 2010) que, em quarenta e cinco anos de existência, já compreendia grandes três volumes abrangendo detalhadamente assuntos como dimensões e tolerâncias, resguardando a prática de inconsistências ou incompreensões na representação técnica.

À medida que o avanço tecnológico se aproximava dos meios de produção, a norma BS 308 já não era mais capaz de abranger e reger todas as normas necessárias para a plena

realização do trabalho relativo ao desenho técnico. Dessa maneira, em 1992 o organismo normatizador do Reino Unido, conhecido por *British Standards Institution* (BSI), incorporou todos os padrões anteriormente estabelecidos pela ISO e os nomearam Normas Britânicas. Neste período, a ISO se estabelecia ao mesmo passo que o desenvolvimento tecnológico, dado que o manual da instituição compreendia 155 padrões dispostos em 1496 páginas, em contraste com as 260 páginas oferecidas pela BS308.

A ideia central por trás do desenvolvimento de um guia padrão ao suporte da atividade é motivada pela necessidade de oferecer um roteiro que norteie o profissional ou estudante sobre como proceder e ser plenamente compreendido pelos demais profissionais que manusearão a determinada documentação durante o processo de produção e também apresentar uma codificação universal à atividade, permitindo o trânsito internacional de informações sem perdas ou impasses. A partir do instante em que o desenho técnico é assimilado como uma linguagem tal qual um idioma, torna-se mais clara a compreensão de suas regras, uma vez que são amplamente conhecidos os critérios de embasamento da atividade. As normas brasileiras são oferecidas e comercializadas pela ABNT, que disponibiliza um catálogo online, apresentando as diretrizes em vigor e aquelas que já foram canceladas. Hoje possuímos 26 títulos em vigor, conforme tabela a seguir:

Tabela 2 – Normas brasileiras de desenho técnico em vigor

Norma	Título
ABNT NBR 14957:2003	Desenho técnico - Representação de recartilhado
ABNT NBR 14699:2001	Desenho técnico - Representação de símbolos aplicados a tolerâncias geométricas - Proporções e dimensões
ABNT NBR 14700:2001	Desenho técnico - Representação do local de medição de dureza
ABNT NBR 14611:2000	Desenho técnico - Representação simplificada em estruturas metálicas
ABNT NBR 13142:1999	Desenho técnico - Dobramento de cópia
ABNT NBR 13272:1999	Desenho técnico - Elaboração das listas de itens
ABNT NBR 13273:1999	Desenho técnico - Referência a itens
ABNT NBR 10126:1987 Errata 2:1998	Cotagem em desenho técnico - Procedimento
ABNT NBR 10067:1995	Princípios gerais de representação em desenho técnico - Procedimento
ABNT NBR 12298:1995	Representação de área de corte por meio de hachuras em desenho técnico – Procedimento
ABNT NBR 8402:1994	Execução de caracter para escrita em desenho técnico - Procedimento
ABNT NBR 12288:1992	Representação simplificada de furos de centro em desenho técnico- Procedimento
ABNT NBR 10126:1987 Errata 1:1990	Cotagem em desenho técnico - Procedimento
ABNT NBR 11145:1990	Representação de molas em desenho técnico - Procedimento
ABNT NBR 10582:1988	Apresentação da folha para desenho técnico - Procedimento
ABNT NBR 10126:1987 Versão Corrigida: 1998	Cotagem em desenho técnico - Procedimento
ABNT NBR 8404:1984	Indicação do estado de superfícies em desenhos técnicos - Procedimento
ABNT NBR 13043:1993	Soldagem - Números e nomes de processos - Padronização
ABNT NBR 10068:1987	Folha de desenho - Leiaute e dimensões - Padronização
ABNT NBR 8403:1984	Aplicação de linhas em desenhos - Tipos de linhas - Larguras das linhas – Procedimento
ABNT NBR 7191:1982	Execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado
ABNT NBR ISO 3864-1:2013	Símbolos gráficos — Cores e sinais de segurança Parte 1: Princípios de design para sinais e marcações de segurança
ABNT NBR 14646:2001	Tolerâncias geométricas - Requisitos de máximo e requisitos de mínimo material

ABNT NBR ISO 2768-1:2001	Tolerâncias gerais Parte 1: Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicação de tolerância individual
ABNT NBR ISO 2768-2:2001	Tolerâncias gerais Parte 2: Tolerâncias geométricas para elementos sem indicação de tolerância individual
ABNT NBR 6409:1997	Tolerâncias geométricas - Tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento - Generalidades, símbolos, definições e indicações em desenho

Fonte: abntcatalogo.com.br

Por mais que as normas hoje oferecidas pela ISO sejam a padronização utilizada na maior parte do mundo, os Estados Unidos ainda se baseiam nas normas oferecidas pela *American Society of Mechanical Engineers* (ASME). A organização dispõe de duas publicações normatizadoras, a ASME Y14.5 e Y14.5M, mais recentemente revisada, no ano de 2009. Essa normatização, diferente da utilizada na maior parte do mundo, se sustenta por ser utilizada por grandes organizações, tais como a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), e pelo fato do país ainda ser um dos poucos que permanece utilizando unidades do sistema Imperial¹², seguindo seu próprio caminho quanto às normas.

O que podemos extrair desse breve histórico a respeito do desenvolvimento das normatizações é que as regras ampliaram seu campo e intensidade de atuação de forma tão extensa que, em busca da simplicidade e entendimento universal, se tornaram extremamente complexas e completamente incompreensíveis para qualquer um que não possua conhecimentos acerca do desenho técnico. Estas normas, todavia, devem ser acolhidas como ferramentas de trabalho, essenciais na formação do projetista.

¹² Refere-se ao sistema de medidas tradicionalmente utilizado nos Estados Unidos e se baseia na polegada, pé, jarda e milha como unidades de medida. Os únicos países do mundo que ainda adotam este sistema são Libéria, Birmânia e Estados Unidos. (ORÁCULO, 2017)

3 Capacidades cognitivas e organização do ensino

A inteligência é tida como a faculdade cognitiva de um indivíduo, uma aptidão de conhecer e aprender, bem como a capacidade de compreender e resolver novos problemas e conflitos e de adaptar-se a novas situações. Sabemos que a inteligência abrange todas essas características, porém definir e avaliar tal competência de forma única danifica os múltiplos aspectos dessa faculdade mental. A inteligência humana não pode ser tratada como uma competência binária, como ocorre com os processos avaliativos habitualmente aplicados nas escolas de estrutura didática tradicional, onde existe uma única resposta correta para cada questão (ABRANTES, 2011). Na sociedade moderna, podemos perceber que os indivíduos apresentam facilidades e habilidades em distintas áreas do saber, em diferentes níveis, configurando uma perspectiva mais fluida dos saberes (SABINO; ROQUE, 2006). Desta maneira, se abre uma lacuna que nos instiga a questionar o que é ou o que são as inteligências do ser humano e por que estas habilidades são mensuradas de maneira única durante toda a vida escolar.

Dentro deste contexto, o principal aspecto da investigação de Howard Gardner (1995) se dá ao redor das inteligências que cada ser humano possui. O autor desmonta a perspectiva tradicional da inteligência humana, abolindo os conceitos de uma virtude geral, apresentando como alternativa a teoria de uma inteligência pluralista. Segundo Gardner, o ser humano nasce com distintas formas de inteligência e estas são desenvolvidas ao longo da vida em consonância com diferentes fatores: de acordo com o ambiente no qual o indivíduo está inserido, com aquilo que é incentivado a desenvolver e as influências que recebe. Desta forma, Gardner põe em questão a estrutura educacional e os métodos avaliativos da escola, uma vez que esta valoriza e premia somente a inteligência geral, ignorando a pluralidade de inteligência dos indivíduos.

O referido estudo começou por curiosidade do autor em como se desenvolve a mente humana, mais especificamente como se desenvolvem as atividades artísticas em indivíduos vivenciando situação de pós-trauma (PAVAN, 2014). Gardner, então, propõe a teoria das Inteligências Múltiplas em 1983, momento em que o processo educacional sofria severos questionamentos sobre sua estruturação, apresentando indagações que colocam em cheque o papel do professor, muitas vezes somente um canal transmissor de conhecimento, sem que haja incentivo à investigação partindo dos discentes. Questionamentos estabelecidos, a Teoria das Inteligências Múltiplas apresenta "alguns meios de se incorporar o respeito às múltiplas

inteligências aos currículos escolares, às práticas docentes e a novas formas de avaliação da aprendizagem, para que sejam consideradas as potencialidades de cada indivíduo" (PAVAN, 2014).

A teoria de Gardner apresenta sete tipos de inteligências: Linguística, notável expressão por meio da linguagem; Musical, distinta habilidade em tocar instrumentos e distinguir sons; Lógico-matemática, resolução de problemas lógicos de raciocínio; Espacial, habilidade de localização e entendimento do espaço sem suportes, como mapas; Corporal-sinestésica, facilidade em se expressar com o corpo; Interpessoal, facilidade em lidar com pessoas; e Intrapessoal, facilidade em acessar sentimentos e guiar comportamentos.

De acordo com o autor, todo indivíduo tem a possibilidade de desenvolver plenamente cada uma das habilidades, todavia o ambiente em que se insere e fatores genéticos são fortes propulsores ao desenvolvimento de uma em detrimento de outra. Ao longo do desenvolvimento mental do indivíduo, uma inteligência sobressai à outra, apresentando mais forças em determinada área da mente. Estas inteligências trabalham em conjunto e definem a capacidade de uma pessoa de realizar bem uma determinada função: é a combinação das inteligências necessárias para tal, como elucida Gardner fazendo uso da habilidade da dança, que "requer capacidades nas inteligências corporal-sinestésica, musical, interpessoal e espacial em graus variados" (GARDNER, 1995, p. 30).

A estrutura educacional atual continua fortalecendo um déficit na formação do estudante; conforme afirma Pavan (2014), "tal conceito de inteligência, ao invés de contribuir para a inclusão dos estudantes com dificuldades cognitivas, exclui do processo educacional aqueles que necessitariam de maior atenção dos professores". Já para Gardner, a inteligência é um potencial biopsicológico de processar informações de certas formas, com a finalidade de solucionar problemas ou modelar produtos que sejam reconhecidos em uma cultura ou comunidade. Desta forma, a inteligência está profundamente atrelada ao cenário em que o indivíduo se insere.

Este cenário estabelece novas formas de pensar as organizações, inclusive a Universidade, que deve preparar-se para os novos desafios, para um mercado de educação superior competitivo, cuja população de estudantes já não tem as características homogêneas do passado para as demandas pela educação continuada e para a formação de um profissional preparado para um novo contexto de trabalho (MATTEI, 2012).

Considerando que a inteligência tenha maior valor percebido no espaço em que se insere, só são verdadeiramente valiosas as inteligências que desenvolvem algo de valor para a sociedade a que pertencem. Já para a educação, essa perspectiva significa promover um ambiente de aprendizagem mais estimulante, que saia do estágio de testagem formal para a avaliação contínua (PAVAN, 2014), além de requerer uma sociedade mais envolvida nos processos educacionais, visando a construção dos saberes como um ganho coletivo e não apenas por promoção pessoal.

A teoria das inteligências múltiplas, por outro lado, pluraliza o conceito tradicional. Uma inteligência implica na capacidade de resolver problemas ou elaborar produtos que são importantes num determinado ambiente ou comunidade cultural. A capacidade de resolver problemas permite à pessoa abordar uma situação em que um objetivo deve ser atingido e localizar a rota adequada para esse objetivo. A criação de um produto cultural é crucial nessa função, na medida em que captura e transmite o conhecimento ou expressa às opiniões ou os sentimentos da pessoa. Os problemas a serem resolvidos variam desde teorias científicas até composições musicais para campanhas políticas de sucesso (GARDNER, 1995, p.21).

Sete inteligências já são conhecidas, mas o autor deixa claro, ao continuar a investigação, que são inúmeras e distintas, abrangendo toda forma de conhecimento.

O que podemos presumir a partir do contraste entre a inteligência como a habilidade tradicional que conhecemos e as inteligências múltiplas propostas por Gardner, é a necessidade de uma intensa reformulação e organização dos métodos de ensino e avaliação, desde os níveis de escolaridades mais básicos. Um dos caminhos utilizados para estabelecer uma nova ordem na estrutura educacional de determinado saber é a ergonomia cognitiva, método capaz de despertar a inventividade na coletividade da sala de aula, de alcançar os indivíduos separadamente, incentivando os discentes a desenvolverem uma gama de habilidades anteriormente não requisitadas pelo exercício da didática.

De forma geral, a caracterização destes perfis auxilia os profissionais de ensino a gerarem diversas abordagens a diferentes formações cognitivas, tentando atingir a todos os presentes no ambiente de sala de aula, além de incentivar os demais ao desenvolvimento de habilidades possivelmente adormecidas. Em casos mais específicos, como testes de habilidades exigidos anteriormente a entrada em determinados cursos, a identificação dos perfis de inteligência do aluno o ajuda a perceber suas capacidades e aplicá-las mais satisfatoriamente.

3.1 Inteligência espacial

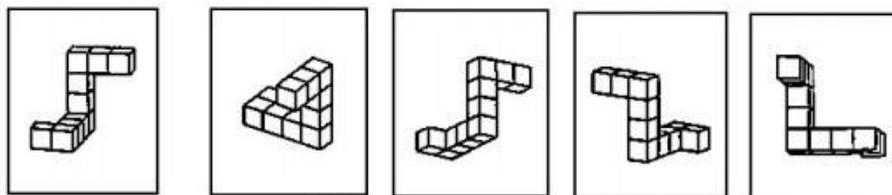
O exercício do desenho requer uma intensa atividade cerebral antes e durante a ação (PIPES, 2010) e um destes esforços é realizado pela inteligência ou visualização espacial. Ao discutirmos tal inteligência, alguns questionamentos são feitos acerca da capacidade imaginativa dos indivíduos.

O elemento central da inteligência espacial é a capacidade de perceber o mundo visual com precisão, para realizar transformações e modificações sobre suas percepções iniciais, e ser capaz de recriar os aspectos da sua experiência visual, mesmo na ausência de estímulos físicos relevantes. Um indivíduo pode ser solicitado a produzir formas ou simplesmente para manipular as que foram fornecidas. Estas habilidades não são claramente idênticas: um indivíduo pode possuir aguçada, digamos, a percepção visual, e ter pouca habilidade para desenhar, imaginar e transformar um mundo ausente. Mesmo a inteligência musical que consiste nas habilidades rítmicas e de compasso, às vezes são dissociados um do outro, e como a inteligência linguística consiste na capacidade sintática e pragmáticas, que também podem vir desacoplado, assim, também, inteligência espacial surge como um amálgama de habilidades (GARDNER, 1995).

Pesquisador da inteligência espacial, Thurstone (1924) (1938) dividiu a habilidade mental em três componentes: a habilidade de reconhecer um objeto idêntico quando visualizado por outro ângulo, a capacidade de imaginar movimento ou deslocamento interno entre as partes de um conjunto e a capacidade de estabelecer relações espaciais de um determinado local em que a orientação corporal do observador é parte essencial do problema. O também pesquisador Kelley (1928) propõe para as habilidades espaciais que se faça a distinção entre a habilidade em detectar e reter formas geométricas e a capacidade mental de manipular relações espaciais. Enquanto alguns pesquisadores se dedicam a enumerar e estabelecer rígidos parâmetros que determinem o que é a inteligência espacial, outros ocupam-se de enumerar as possibilidades e habilidades que compõem esta inteligência.

Dentre as habilidades características, a rotação mental é a mais conhecida e se define pela competência de girar um objeto mentalmente, visualizando todos seus possíveis arranjos. Pela descrição, podemos compreendê-la como uma habilidade simples, porém, esta exige uma avançada capacidade de identificar parâmetros e relacioná-los no espaço a fim de estabelecer relações entre o objeto e identificá-lo em inúmeras posições. Um exercício comum para verificação desta habilidade é a apresentação de duas imagens de objetos similares, porém em posições distintas. A pessoa avaliada precisa descobrir se as duas figuras são referentes ao mesmo objeto, visualizando mentalmente as possibilidades (Figura 9).

Figura 9 – Exercício de rotação mental



Fonte: Caissie; Vigneau & Bors (2009)

Outras competências ainda possíveis à faculdade de visualização espacial se referem à habilidade de reconhecer partes distintas de um mesmo elemento, ter a capacidade mental de simular a transformação de um elemento em outro, transformação de informações bidimensionais em tridimensionais e assim por diante.

A capacidade de visualizar espacialmente um objeto é essencial às áreas de desenvolvimento de projetos, como design, arquitetura e engenharias. Esta habilidade vem sendo bastante discutida nas últimas décadas devido à intensa presença de computadores e *softwares* de modelagem em disciplinas de desenho técnico.

A utilização do computador em sala de aula atua tanto como uma ferramenta para o aluno como um recurso didático para o professor, todavia, ainda é questionado o quanto a presença do *software*, ainda nos estágios de alfabetização do aluno na linguagem visual, pode afetar no desenvolvimento da visualização espacial. O ponto central do debate se dá em função do *software* oferecer uma "falsa segurança" ao discente de que ele detém a habilidade de imaginar o objeto projetado, desconcertando o processo de aprendizagem conceitual (SFORNI, 2004). Outro aspecto inconsistente gira em torno da didática da disciplina, uma vez que em muitos cursos a carga dedicada ao ensino à mão livre foi praticamente dizimada, mas os métodos de lecionar o desenho permanecem os mesmos, ainda que frente à outra plataforma. Por esta perspectiva, ficam os questionamentos acerca do desenvolvimento da capacidade visual destes alunos, uma vez que não recebem treinamento apropriado a nenhum dos métodos, seja no método clássico ou na plataforma digital.

O que está envolvido nessa transição entre o analógico e o digital não é apenas uma troca de denominação de tecnologias. É uma profunda mudança que vai refletir na organização do currículo da escola/universidade, na forma de transmissão/construção do conhecimento – portanto com repercussões que ultrapassam a questão da metodologia em direção à epistemologia – e, o que está criando dificuldades maiores, uma forma diferente de relação entre professores e alunos, uma vez que estes estão sendo formados em uma ambiência digital, ao passo que aqueles concluíram seus

cursos predominantemente em um contexto no qual a tecnologia era a analógica (MATTOS; BIANCHETTI, p. 63, 2008).

3.2 Ergonomia cognitiva

Valendo-nos de uma breve síntese sobre a relação homem-máquina no último século, podemos afirmar que o trabalho exercido pela maior parte da população era então configurado por uma atividade quase que essencialmente física, facilmente compreendida pelo termo "mão-de-obra". Já no período que segue a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), quando a sociedade já contava com um significativo avanço tecnológico, o trabalho braçal era então destinado às máquinas, enquanto ao homem, o raciocínio.

Comparativamente, se na Revolução Industrial (1760-1860) o homem veio a se tornar um acessório para que a máquina funcionasse com louvor, com o passar do tempo, este homem se aprimora para que o maquinário pudesse ser operado em conformidade com o desejado, ou seja, era ele quem coordenava os procedimentos e o maquinário se encarregava da tarefa árdua. Assim, a lógica do trabalho foi severamente modificada: de agente ativo, o capital humano passa a ser o passivo da função, no que concerne a esforços físicos. Com essa mudança brusca na lógica do trabalho, o corpo humano foi obrigado a se adaptar a uma nova rotina, novos hábitos e a passar muito mais tempo parado no exercício de seu trabalho. Como reação em cadeia, muda também sua forma física, sua postura e até mesmo sua alimentação, o que acarreta numa série de problemas de saúde, antes incomuns.

A partir da década de 1980 surgem os estudos da ergonomia, que abrangem ainda outras especificidades da atividade laboral e do bem estar do homem no ambiente de trabalho e passam a investigar mais profundamente o processo cognitivo humano durante a atividade de trabalho, ou seja, averiguar quais as formas mais adequadas para organização, transmissão e processamento de informações ao homem. Dentre os diversos aspectos que essa mudança afeta, ergonomia cognitiva se incumbem de estabelecer uma relação ensino-aprendizagem adaptada ao usuário e, portanto, de maneira mais eficaz (GINSBERG, 1993).

Assim, podemos perceber que o uso da ergonomia cognitiva é um forte aliado às ferramentas de ensino (BRAGA, 2013) (GRIZ; CARVALHO; PEIXOTO, 2007), alcançando efetivamente discentes e permitindo que os saberes adquiridos possam ir além de seu objetivo ferramental, permitindo que os estudantes se apropriem do conhecimento, conforme explicitam Ritto e Machado Filho (1995, p.31), a função da educação na atualidade é "promover o

desenvolvimento das pessoas e estar comprometida com o aumento de seus conhecimentos e da sua percepção de mundo visando a sua formação para a atuação no mercado de trabalho". Podemos afirmar que a educação nos dias de hoje encara um desafio complexo de preparar os educandos a aprender constantemente, ratifica Rejane Mattei: "A emergência de uma sociedade globalizada onde é necessário aprender a aprender continuamente, caracterizada pela velocidade na geração e na distribuição de informações, marca as últimas décadas do século XX" (MATTEI, 2012, p.2).

O aprimoramento do ensino se torna mais que necessário nesse momento histórico, em função de amenizar dois extremos constantemente presenciados em sala de aula e que dizimam a propagação do conhecimento: a constante obsolescência dos conteúdos curriculares e a transformação do conhecimento em ferramental básico, sendo aplicado de acordo com parâmetros preestabelecidos, induzindo a formação de profissionais prostrados criativamente.

4 Tecnologias de visualização tridimensional

Os sistemas *Computer Aided System* são ferramentas essenciais para o desenvolvimento da atividade de qualquer designer, arquiteto ou engenheiro. Estas ferramentas têm por função principal trazer mais confiabilidade aos trabalhos desenvolvidos, além de auxiliar no processo de criação, modificação, análise e otimização de um projeto, uma vez que são dotadas de algoritmos¹³ capazes de fixar relações geométricas entre cada um dos elementos do desenho, nos garantindo que uma reta é reta ou um ângulo de 37° possui exatos 37°. Estes *softwares* dispõem ainda de alguns níveis de inteligência, fornecendo uma série de ferramentas para construção de entidades geométricas planas ou tridimensionais, disponibilizando mecanismos para correlacioná-las, e sendo configurados para compreender relações paramétricas, ratificando a integridade do documento, facilitando o processo de edição e compartilhamento do arquivo de modelagem.

Assim, os *softwares* de CAD se configuram como ferramentas de aprimoramento da atividade profissional, uma vez que aperfeiçoam o trabalho e ainda oferecem mecanismos inexistentes na prática manual, em um processo consideravelmente reduzido e aprimorando o desenvolvimento de modelagens mais complexas (PRATINI; FALEIRO, 2001).

O *software* melhora a qualidade da representação técnica, a comunicação através de documentação e suporta o desenvolvimento de banco de dados para a fabricação, uma vez que as partes de um desenho podem ser salvas em formato de bloco e reutilizadas em projetos posteriores, sem a necessidade de serem redesenhadas. Os formatos de saída dos arquivos de CAD são, muitas vezes, sob a forma de arquivos eletrônicos, destinados a impressão 3D, usinagem ou métodos de fabricação, sendo o termo *Computer Aided Design and Drafting* (CADD) também empregado para classificar esta ferramenta.

O termo modelagem geométrica ganhou visibilidade ao longo da década de 1970, aliado ao desenvolvimento ascendente dos microcomputadores, *softwares* de CAD e tecnologias de manufatura, abrangendo métodos da geometria computacional para definição de formas e características geométricas de um objeto (MORTENSON, 1985). Todavia, o acesso à tecnologia se deu um pouco mais tarde:

¹³ Sequência finita de regras, raciocínios ou operações que, aplicada a um número finito de dados, permite solucionar classes semelhantes de problemas. (OLIVEIRA)

Os sistemas CAD somente saíram dos laboratórios de pesquisas e universidades para se tornarem sistemas comerciais no início da década de 1980. Juntamente com a explosão da IBM PC, surgiram os primeiros programas de CAD para microcomputadores. Estes primeiros programas eram bastante limitados em seus recursos em função da capacidade dos processadores, memórias, interfaces gráficas e dispositivos de entrada interativa. Nesta época, era até mesmo incomum que os computadores fossem dotados de mouse, que hoje é um periférico indispensável. Por isso, a entrada de dados era basicamente feita através do teclado com comandos escritos e usando-se teclas de movimentação do cursor para deslocar um apontador gráfico na tela (BOGADO, 1997 *apud* DOMINGOS, 2002, p. 8).

4.1 Métodos de representação em *softwares*

A acelerada evolução dos microcomputadores baseados nos processadores Intel permitiu que os *softwares* se tornassem mais sofisticados e se dotassem de funções mais complexas, indo além de meras “pranchetas eletrônicas” e se tornando verdadeiras ferramentas de projeto e simulação. Para tal, foi preciso abandonar o foco nas modelagens bidimensionais e se apropriar das ferramentas tridimensionais, que hoje compõem parte considerável de *softwares* disponíveis no mercado.

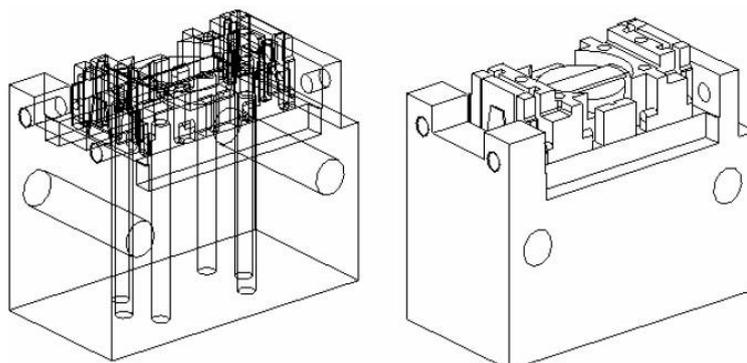
Podemos perceber uma divisão básica entre os *softwares* CAD baseada na capacidade do programa em desenhar bidimensionalmente ou criar modelos tridimensionais, sendo os últimos subdivididos ainda no que diz respeito à tecnologia utilizada no modelador tridimensional. Para alguns níveis de complexidade, como instalações elétricas, hidráulicas, circuitos, placas eletrônicas ou de baixa complexidade, os sistemas em 2D apresentam ferramentas suficientes para realização do trabalho, sendo plenamente adequadas à função. Na indústria mecânica, por exemplo, no estágio de desenvolvimento de conjuntos é comum que os projetistas se utilizem de desenhos bidimensionais por ser uma etapa que emprega um grande número de peças normalizadas, incluídas no desenho de forma interativa; além do menor custo de aquisição e formação de funcionários para a utilização do *software* mais complexos (FIGUEIRA, 2003, p.10).

Os sistemas de modelagem tridimensional apresentam dificuldades pertinentes ao processo de desenho, uma vez que o projetista é levado a considerar as três dimensões do artefato simultaneamente. Não obstante, há hoje diversas áreas de desenvolvimento de projetos em que as modelagens 3D são imprescindíveis para execução do trabalho e oferecem uma possibilidade de interação com o objeto desenhado, antes possível somente na etapa de prototipagem. Isto é, não se trata somente de um desenho, mas sim de um modelo matemático

que replica de maneira fiel o objeto concebido (DOMINGOS, 2002, p. 9). Desta forma, podemos considerar que os sistemas de modelagem tridimensional se apresentam em diversos procedimentos distintos, conforme verificamos a seguir.

O mais antigo dos métodos de modelagem tridimensional é conhecido por *wireframe* (Figura 10) e se caracteriza por ser um sistema que permite a ligação de pontos e retas num espaço tridimensional, definindo somente as bordas do objeto. Além de ser o método mais antigo dentre os utilizados, e o mais difundido por algum tempo, atualmente se tornou obsoleto por não apresentar nenhuma informação específica concernente aos processos de manufatura ou características físicas dos componentes modelados. Este modelo é capaz de definir o objeto por uma malha de linhas trançadas, havendo ainda a possibilidade de ambiguidade na leitura de modelos, possibilitando interpretações distintas do artefato real, o que conflita também com a pouca informação gerada nesse tipo de modelagem. Ou seja, se houver ambiguidade na modelagem, não há informações suficientes para a verificar qual dos possíveis entendimentos seria o correto. Apesar disto, o método apresenta uma vantagem em relação aos demais, que é a velocidade na exibição dos modelos, devido à sua simplicidade de dados (DOMINGOS, 2002).

Figura 10 – Objeto representado em *wireframe*



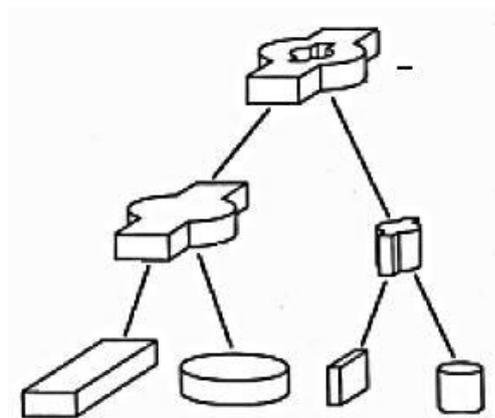
Fonte: Domingos, 2002.

Podemos definir um modelo sólido como uma “representação digital da geometria de qualquer objeto físico existente ou idealizado” (REQUICHA; ROSSIGNAC, 1999). Capazes de construir objetos sólidos, a modelagem *Constructive Solid Geometry* (CSG) (Figura 11) se

constitui em uma árvore binária¹⁴ construída por objetos primitivos e operadores booleanos¹⁵, onde os primitivos são representados pelas folhas da árvore e os objetos mais complexos são os nós, enquanto a raiz da árvore representa o produto completo.

Cada objeto primitivo é associado a uma transformação tridimensional que o especifica, seja de orientação, posição ou dimensão. Esse método se caracteriza por construir modelos a partir de sólidos básicos, o que possibilita que a modelagem passe a adquirir propriedades físicas tais como volume e densidade, permitindo cálculos de centro de massa, momento de inércia e demais propriedades físicas do objeto. Apesar dos pontos fortes, este método também apresenta suas limitações, uma vez que são baseadas num conjunto limitado e primitivo de operações, estreitando também a ação do projetista (FIGUEIRA, 2003, p.12).

Figura 11 – Árvore CSG



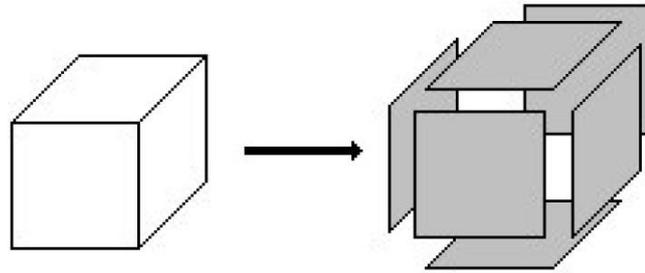
Fonte: Domingos, 2002.

Outro tipo de modelagem sólida é conhecido por *Boundary Representation* (B-rep), que em sua primeira geração representava objetos somente de modo "facetado" de forma que seus elementos primitivos se constituíam por faces, arestas e vértices (Figura 12).

¹⁴ Estrutura de dados caracterizada por: Ou não tem elemento algum (árvore vazia), ou tem um elemento distinto. (WIKIPEDIA, 2016)

¹⁵ Operadores Booleanos são termos que informam ao sistema de busca como combinar os termos de sua pesquisa. São eles: AND, OR e NOT e significam, respectivamente, E, OU e NÃO e devem sempre serem digitados em letras maiúsculas para diferenciá-los dos termos pesquisados. (AMATO, 2009)

Figura 12 – Modelagem sólida B-rep

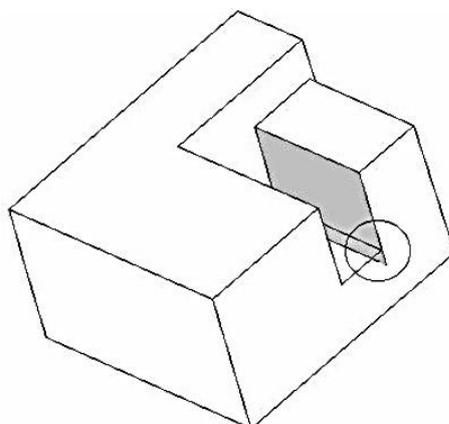


Fonte: Speck, 2005

Em sua segunda geração, os modeladores B-rep apresentavam objetos primitivos com superfícies analíticas, como cilindros, esferas e cones. Dessa forma, foi permitido ao usuário a criação de modelagens mais complexas, de geometria adequada, com uma considerável expansão no número de geometrias suportadas pelo modelador, além de melhoria na efetividade das operações booleanas (FIGUEIRA, 2003, p.12), permitindo a redução de verificações de interferências entre as faces da modelagem. Este tipo de modelagem tridimensional apresenta certa vantagem em relação à CSG no que concerne à versatilidade na geração de modelos complexos e na velocidade de verificação de relações entre os elementos da modelagem, em função do modo como registra os parâmetros do modelo.

Uma dificuldade frequentemente encontrada na modelagem B-rep é a descrição de superfícies inválidas (Figura 13), problema verificado em modelos complexos, onde a determinação das faces e suas relações se tornam demasiadamente complexas ao operador do *software*, criando superfícies que não possuem interseção umas com as outras ou que excedem essa interseção. Quando isso ocorre, o sólido apresenta faces não completamente fechadas ou extrapolando os limites, invalidando a determinação de características físicas do objeto (DOMINGOS, 2002, p. 19).

Figura 13 – Face incongruente



Fonte: Domingos, 2002.

Existe ainda a possibilidade de *software* de modelagem híbrida, que combina os métodos do CSG e B-rep, conforme as necessidades do projeto. Outro modelo que se apropria de módulos prontos é conhecido por modelagem sólida baseada em *features* ou particionamento espacial, e se trata de um *software* que possui objetos primitivos mais complexos, como um furo ou um chanfro, diferente dos citados que se baseavam em elementos básicos da geometria, como cubos, por exemplo.

Este tipo de modelagem tem o intuito de facilitar os processos de representação tridimensional por apresentar elementos prontos e convencionados, mas o que de fato ocorre em sua utilização é que, como a biblioteca de blocos necessita ser constantemente atualizada, a ação do projetista se torna limitada. Desta forma, é sugerido que a biblioteca de blocos deveria ser direcionada ao usuário final, preenchendo os requisitos destacados por ele, podendo ser delimitado o escopo de seu acervo de acordo com a área de atuação do usuário.

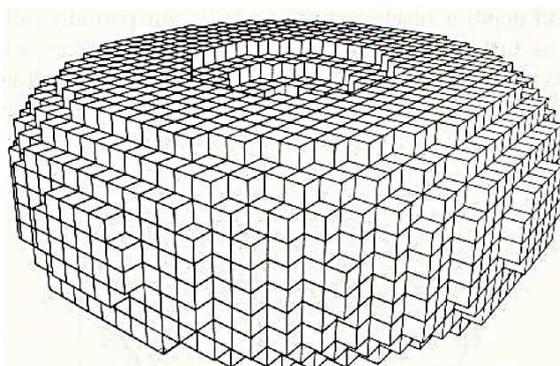
O método conhecido como enumeração por ocupação espacial apresenta uma técnica de decomposição espacial celular, onde o sólido modelado é decomposto por células, normalmente cúbicas, dispostas em uma grade regular e fixa (Figura 14). Devido à semelhança destas células com *pixels*¹⁶, foram denominadas *voxels*¹⁷ (FOLEY, 2013), dotadas de tamanho e orientação uniforme. Os *cuberilles*, nome dado à estas células quando cúbicas, que podem ser descritos matematicamente por suas arestas ou pelo seu centro devido à regularidade da malha,

¹⁶ Na língua inglesa, combinação das palavras "picture" e "element", ou seja, elemento da imagem. (FOLEY, 2013)

¹⁷ A representação de um valor tridimensional em uma grade regular de espaço. O nome deriva da combinação de "volume" e "pixel". (FOLEY, 2013)

são uma subdivisão regular do espaço tridimensional nesta. Neste método de representação, é configurada somente a presença ou a ausência de *voxels* em cada posição da matriz, sendo consideravelmente simples o processo de determinação se o *voxel* está dentro ou fora do sólido, ou ainda as relações de adjacências entre os volumes do sólido (DOMINGOS, 2002, p; 22).

Figura 14 – Objeto representado por ocupação espacial



Fonte: Foley, 1990 *apud* Domingos, 2002.

Por mais que apresente consideráveis vantagens em seu uso, a ocupação espacial é obviamente uma técnica aproximativa. Superfícies que não são coplanares com qualquer dos planos coordenados só poderão ser representadas de forma aproximada, sem perfeição matemática, além de apresentarem falhas de representação, tais quais as apresentadas pelos pixels quando visualizamos seus detalhes. É possível aumentar a resolução do modelo diminuindo o tamanho dos *voxels*, todavia este método aumenta consideravelmente o tamanho do arquivo de modelagem assim como seu tempo de renderização.

Perante constante evolução das ferramentas digitais, é importante frisar um modelo muito utilizado nos *softwares* mais modernos, que é a modelagem sólida paramétrica. Esta consiste em um ambiente virtual onde as dimensões do objeto são interligadas através de expressões matemáticas, não sendo necessário informar e definir todos os parâmetros dos modelos, uma vez que estes se relacionam geometricamente, facilitando consideravelmente o desenvolvimento de produtos com variações dimensionais, contanto que as relações permaneçam as mesmas.

A possibilidade de criação de modelos com dimensões variacionais contribui significativamente para a redução do tempo de projeto, apresentando a grande vantagem de possibilitar a modificação em qualquer etapa do desenvolvimento. O produto modelado pode

ser ajustado a qualquer instante, sem que se perca o trabalho já realizado, economizando tempo em relação aos demais *softwares*.

A evolução das ferramentas CAD do ambiente bidimensional para o tridimensional representou uma grande evolução no processo de desenvolvimento de produtos, introduzindo novos conceitos de modelagem e permitindo que mais decisões sejam tomadas ainda na fase de desenvolvimento do projeto. Esta nova etapa propiciou o desenvolvimento dos sistemas *computer aided engineering* (CAE), que consistem em ferramentas capazes de definir características além dos aspectos geométricos do objeto. Estes sistemas atuam diretamente nas áreas de engenharia, onde são realizadas simulações de análise e verificação estrutural.

Outros *softwares* que se apropriam da linguagem CAD para estabelecer suas atividades são aplicações de sistemas de manufatura assistidas por computador, conhecidas por *computer aided manufacturing* (CAM). São sistemas que relacionam com operações de maquinários de controle numérico¹⁸, capazes de fabricar os modelos tridimensionais, traduzindo a integração essencial entre computadores e produção, hoje necessários ao pleno funcionamento da indústria. O sistema CAM pode ser brevemente definido como auxílio via computador de preparação para manufatura, ao qual compete a automação de processos de “chão de fábrica”, mas também de processos menores como comando numérico computadorizado (CNC), controlador lógico programável (CLP), coletores de dados (DNC), plano operacional, etc. (GIESECKE, 2002 *apud* DOMINGOS, 2002, p. 12). Mesmo com toda essa abrangência, os sistemas CAM ainda são diretamente relacionados à programação controle numérico (CN), antigamente expresso pela relação CAD/CAM.

É ingenuidade acreditar que, nos dias de hoje, um profissional vá executar manualmente uma enorme demanda de detalhamentos técnicos. O *software* é uma ferramenta de suporte, criada para minimizar e otimizar o tempo de execução de um trabalho que, se executado de maneira tradicional demandaria um tempo consideravelmente maior e fazendo uso de diferentes profissionais no decorrer do processo, além de estar bastante suscetível a erros e ilegibilidades. Além disso, diversos *softwares* CAD trabalham diretamente com modelagem tridimensional, onde o detalhamento técnico é gerado a partir do arquivo de modelagem, o que exige ao profissional verificar e ajustar o desenho técnico, ao invés de começá-lo do zero. O

¹⁸ Método de controle dos movimentos de máquinas pela interpretação direta de instruções codificadas na forma de números e letras. (DOMINGOS, 2002)

mesmo raciocínio serve para o desenho de detalhes, vistas explodidas e demais procedimentos que tenham o intuito de aprimorar o entendimento do produto, uma vez que o artefato está modelado em meio virtual, os procedimentos de detalhamento deste partem de um mesmo arquivo, não havendo, portanto, a necessidade de redesenho, somente adaptações. Outro benefício latente na utilização de *softwares* é a possibilidade de correção, edição ou compartilhamento por outros profissionais ou em outros computadores.

Todavia, mesmo com as facilidades oferecida pelo suporte da ferramenta, no que se refere ao ensino da disciplina de desenho técnico, não há ainda método digital que reproduza os passos dados no exercício do desenho à mão, visto que o processo de modelagem virtual exige do projetista habilidade que este usualmente desenvolve durante o exercício do desenho: a visão espacial.

O trabalho mental de visualização abstrata da peça projetada é substituído pela visão na tela do monitor como se, atemporalmente, estivesse construída. O trabalho físico de construção das projeções no papel, o raciocínio matemático exigido, essas ações, em grande parte, ficam exercidas pelo computador (OLIVEIRA, 2009, p. 1).

4.1.1 *Softwares*

O universo dos *softwares* é vasto, assim como suas potencialidades. Desta forma, serão considerados para esta pesquisa duas categorias de *softwares* que atendam aos requisitos essenciais da profissão de designer: os de desenho técnico, que funcionam como “pranchetas eletrônicas” (ex.: AutoCAD); e os *softwares* de modelagem paramétrica, com recursos CAD e CAE (ex.: SolidWorks).

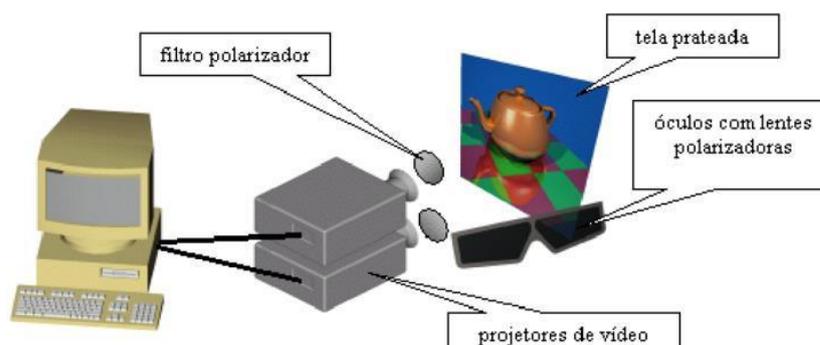
4.2 Estereoscopia

Há ainda outros métodos de visualização do artefato antes de sua produção, mecanismos que também auxiliam ao desenvolvimento das habilidades de visualização tridimensional através de ambientes imersivos.

A estereoscopia é um processo que ocorre quando o cérebro combina as diferentes imagens captadas pelo olho esquerdo e direito, gerando uma sensação de profundidade e permitindo a visualização tridimensional. Este efeito pode ser induzido através da utilização de

alguns equipamentos, de óculos obturadores¹⁹ à cristal líquido, projetores polarizados ou *Head-Mounted Displays*²⁰ (SEABRA; SANTOS, 2004) (MASCHIO, 2008) (Figura 15). Por fornecer imagens em alta resolução, a estereoscopia define um nicho importante entre as tecnologias de imersão em ambiente virtuais.

Figura 15 – Projeção polarizada



Fonte: Santos, 2000.

O uso do estereoscópio como um artefato instrucional comprovou seu benefício para estudantes com habilidade espacial ainda pouco desenvolvida, além de inibir as diferenças de percepção visual existentes entre os gêneros, ainda que vários estudos demonstrem a diferença entre a cognição espacial entre o sexo masculino e feminino, tanto pela formação cerebral quanto pela diferença hormonal (SORBY, 2001; SEABRA; SANTOS, 2004).

4.3 Realidade virtual

Outra ferramenta computacional que se enquadra na categoria de meios alternativos que auxiliam no ensino de desenho e que aprimoram a habilidade de visualização tridimensional é o *virtual reality modeling language* (VRML). A linguagem de programação que nos permite a criação de ambientes em 3D na web se enquadra dentre as inúmeras definições para o termo realidade virtual, uma vez que permite uma plena experiência de imersão: são apresentadas ao

¹⁹ Dispositivos que interrompem momentaneamente a visão de um olho enquanto apresentam a imagem no outro, onde alternam-se rapidamente e estão sincronizadas ao monitor de vídeo, permitindo a sensação de profundidade característica da visão 3D. (SEABRA; SANTOS, 2004)

²⁰ Capacete composto por dois monitores de vídeo que exibem imagens distintas para cada olho, proporcionando ao usuário a sensação de presença em um ambiente virtual tridimensional. (SEABRA; SANTOS, 2004).

usuário imagens 3D geradas em tempo real por um computador (BRAGA, 2001 *apud* FERNANDES *et al.*, 2013).

O desenvolvimento da aptidão espacial é uma habilidade que auxilia o aluno não só em seu desenvolvimento acadêmico e profissional, mas o acompanha em suas atividades cotidianas (ADÁNEZ; VELASCO, 2007 *apud* FERNANDES *et al.*, 2013). Desta forma, nada mais apropriado que as instituições de ensino se modernizem e acompanhem o crescimento tecnológico proveniente da indústria, a fim de ambientar o aluno aos processos tecnológicos vigentes. Segundo Fernandes *et al.* (2013), o ambiente virtual não tem a intenção de substituir o professor, mas oferece um material de suporte com interesse em ajudar o aluno a visualizar o objeto no espaço, mesmo que virtualmente.

Posto de maneira breve, podemos perceber que a realidade aumentada se caracteriza por uma tecnologia de visualização tridimensional que minimiza as dificuldades de interpretação de objetos tridimensionais, uma vez que possibilita sua rotação e alguma manipulação do objeto, ainda que em ambiente virtual. Além disto, outra contribuição dessa tecnologia é estabelecer a possibilidade de comparação do dimensionamento da peça: uma vez que a peça é apresentada em um ambiente de simulação virtual, é possível compará-la a outros artefatos já conhecidos pelo discente, materializando o entendimento de escala e proporções (SANTOS, 2000).

4.4 Realidade aumentada

Pode ser descrita como a disposição de objetos tridimensionais desenvolvidos pelo computador mesclados com elementos reais em um mesmo ambiente – ou seja, a sobreposição de objetos virtuais tridimensionais em um ambiente real, por meio de algum dispositivo tecnológico (BERGAMASCHI; SILVEIRA, 2012), tendo por objetivo principal suplementar o mundo real com objetos virtuais que coexistem no mesmo espaço (Figura 16).

Esta tecnologia é uma alternativa de sobreposição de elementos virtuais a situações reais, a fim de proporcionar o exercício da visualização espacial pela experiência (MOREIRA; RUSCHEL, 2015). Multidisciplinar, a realidade aumentada necessita de *softwares* que suportem sua aplicação e demanda uma série de procedimentos técnicos de preparação e execução para que seja plenamente implantada.

Figura 16 – Realidade aumentada



Fonte: blogdaarquitectura.com²¹, 2016.

Por mais que pela descrição pareça ser uma tecnologia demasiadamente complexa em seu uso, um exemplo que reflete a fácil aceitação da realidade aumentada, utilizando o *smartphone* como suporte ao uso, é o aplicativo *Pokémon Go* (Figura 17). O aplicativo, baseado na animação japonesa *Pokémon*, propõe que a captura de mascotes, assim como feita no desenho, fosse replicada através do aparelho celular. Ou seja, os mascotes se apresentam em alguma localização física, estabelecida por coordenadas geográficas e, ao passar por alguma delas, o usuário consegue visualizar o mascote pela tela do celular, sobreposto à imagem da câmera do *smartphone*, mesclando imagens reais e virtuais.

²¹ Disponível em <<http://blogdaarquitectura.com/augment-o-app-que-une-3d-e-realidade-aumentada/>>. Acesso em jun. 2016.

Figura 17 – *Pokémon Go*

Fonte: macworld.com²², 2016

Da mesma maneira que se faz presente no entretenimento, tal artifício poderia ser facilmente aplicado como instrumento didático. Nas décadas passadas, livros e apostilas que dispunham de matéria extra para sala de aula o apresentavam através de um CD ou DVD no final do material. Já a manipulação da realidade aumentada como material complementar ao estudo em sala de aula poderia ser apresentada na forma de *QR code*²³, por exemplo. Ao escanear o código com seu *smartphone*, o discente poderia manipular e visualizar um objeto tridimensional, conforme o assunto lecionado.

4.5 Impressão 3D

Devido à grande importância da disciplina de desenho técnico para estrutura curricular dos profissionais das áreas de produção de artefatos, podemos dizer que ensino da disciplina tem se distanciado consideravelmente dos ambientes em que é devidamente praticada durante vida profissional. Os processos industriais se modernizam dia após dia, de forma que se tornou um trabalho árduo acompanhar e perceber cada inovação que bate à porta. Todavia, à medida que essas inovações sobrevivem a um processo de seleção natural (BASALLA, 1989), estas

²² Disponível em <<http://www.macworld.com/article/3094801/software-games/the-beginner-s-guide-to-pok-mon-go-an-faq-on-how-to-catch-em-all.html>>. Acesso em nov. 2016

²³ Sigla do inglês *Quick Response*, é um código de barras bidimensional facilmente escaneado pela maioria dos telefones celulares equipados com câmera. Esse código é convertido em texto, um endereço URL, um número de telefone, uma localização georreferenciada, um e-mail, um contato, um SMS, entre outros. (WIKIPEDIA, 2016)

tecnologias se tornam mais palpáveis e acessíveis aos usuários comuns, sendo devidamente apropriadas para o uso doméstico, conforme tem acontecido com as impressoras 3D.

O desenvolvimento e a produção de um protótipo são etapas essenciais para a confecção de um produto em sua versão final, já que permite um estudo detalhado e a verificação da efetividade do projeto em desenvolvimento. Protótipo é um modelo confeccionado nos estágios finais do processo de desenvolvimento, com a finalidade de representar o objeto concebido em suas dimensões reais, permitindo a interação e o estudo deste (Figura 18). Desta maneira, a função do protótipo é evidenciar problemas técnicos e possibilitar a fase de testes do produto antes que este seja de fato fabricado, evitando custos desnecessários. O protótipo configura o primeiro exemplar de uma determinada tiragem e, até algumas décadas atrás este era finalizado à mão ou por processos rudimentares. Atualmente, vivenciamos o método de produção chamado prototipagem rápida (VOLPATO, 2006).

Figura 18 – Protótipos em impressão 3D



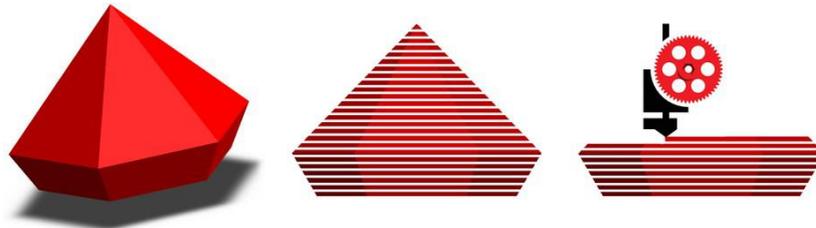
Fonte: colombodesignstudio.com²⁴, 2017

A prototipagem rápida é um processo de fabricação através da adição de materiais em forma de camadas bidimensionais, umas sobre as outras, finalizando um produto de três dimensões. Esta tecnologia denominou um método de fabricação conhecido como "manufatura por camadas". O processo tem início quando um objeto modelado tridimensionalmente por *softwares* CAD é "fatiado" eletronicamente (Figura 19), com o propósito de transformar um objeto tridimensional em camadas bidimensionais de espessura constante, tais como curvas de

²⁴ Disponível em: <<http://colombodesignstudio.com/media/3d-printing-banner.jpg>>. Acesso em fev. 2017

nível. Desta maneira, as camadas são processadas gradualmente, depositando o material referente a cada uma delas, umas sobre as outras, de uma extremidade à outra do modelo, gerando, ao fim do processo, o objeto tridimensional.

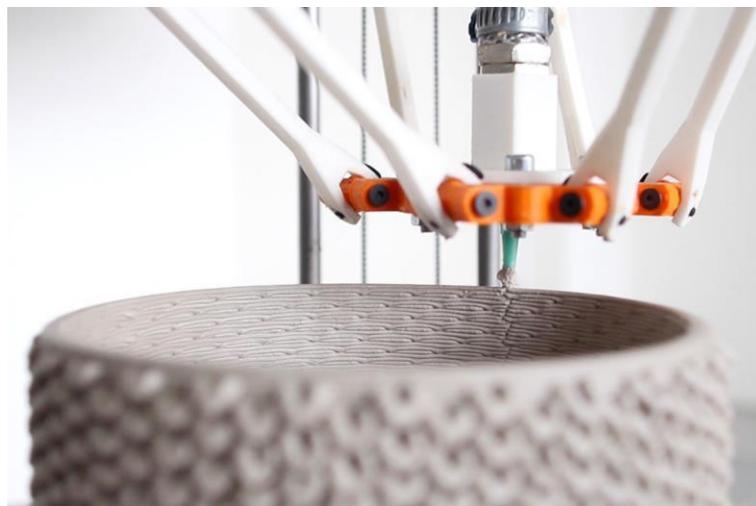
Figura 19 – Deposição de camadas



Fonte: Hotmess3d.com²⁵, 2016

A nomenclatura técnica utilizada para impressoras 3D é manufatura aditiva, sendo esta bastante descritiva em relação a como funciona o processamento do maquinário. O termo “aditivo” se refere diretamente ao método do processo de impressão no qual o maquinário ou deposita ou funde o material em camadas para formar o sólido modelado virtualmente, um objeto tridimensional (Figura 20); enquanto o termo “manufatura” refere-se ao fato de que as impressoras 3D criam camadas de acordo com um processo previsível e passível de repetição, de forma sistemática, conforme os comandos do arquivo digital.

Figura 20 – Impressão 3D em cerâmica



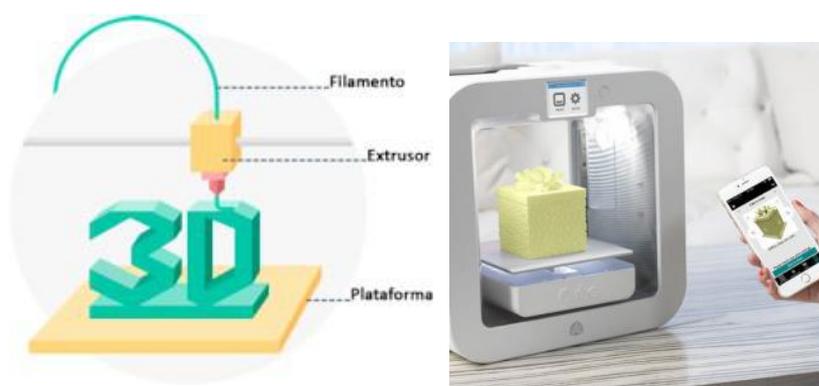
Fonte: oliviervanherpt.com²⁶, 2017.

²⁵ Disponível em: <<http://hotmess3d.com/about-3d-printing>>. Acesso em jun. 2016.

²⁶ Disponível em <<http://oliviervanherpt.com/img/3d-print-ceramic-knitted.jpg>>. Acesso em fev. 2017.

As impressoras podem ser pequenas – o Cube 3 da empresa 3D Systems, por exemplo, é um modelo considerado bastante compacto, com 15,2cm x 15,2cm x 15,2cm. As impressoras em tamanho “desktop” (Figura 21), dado que cabem na mesa de trabalho, foram desenvolvidas para atender a um público generalista, enquanto outras podem ter dimensões de um automóvel e níveis de produção consideravelmente mais específicos. Possuem uma grande variação de preço, também distintos pelo público-alvo, modo de processamento, assim como pelo desempenho. A característica comum entre os diversos tipos de impressora é seu procedimento: elas seguem instruções de um computador depositando camadas de matérias-primas para formar um objeto tridimensional. Efetivamente, impressão 3D é um processo de fabricação e não de impressão, processo este que se apresenta em duas famílias de tecnologias. A primeira tecnologia lida com a deposição de camadas de matéria-prima; já a segunda tecnologia funde estas matérias-primas.

Figura 21 – Impressão 3D por deposição e impressora



Fonte: Adaptado de THRE3D, 2014

A primeira família, as chamadas impressoras por deposição, literalmente depositam a matéria-prima em camadas, gradativamente. Esta classe de impressoras coloca sua matéria-prima, seja sólida, líquida ou em pó, através de um tipo de seringa ou bico. São normalmente adquiridas para funções domésticas ou em escritórios, por apresentarem um processo mais seguro e propício para o ambiente não-industrial, diferentemente da outra tecnologia que pode apresentar uma estrutura mais instável. Esta segunda família de impressoras é conhecida por fundir a matéria-prima, também em camadas, através de um laser. Esta classe de impressoras é conhecida por seu processo de sinterização, onde um líquido ou pó fotossensíveis são submetidos a temperaturas elevadas, ligeiramente inferiores a temperatura de fusão do material, mas suficientes pra alterar o estado do material e conformar uma estrutura impressa, a fim de obter uma peça sólida de acordo com o arquivo da modelagem.

A matéria-prima mais frequentemente utilizada para impressão são polímeros levemente amolecidos enquanto aquecidos, que enrijecem uma vez que atingem o suporte de impressão em temperatura ambiente, no processo de impressão por deposição. O nome formal para esta técnica de impressão é modelagem fundida por deposição (FDM). Estas impressoras foram desenvolvidas na década de 1980, tendo a criação reconhecida por Scott Crump, co-fundador de uma das empresas que comercializa impressoras, a Stratasys. O processo de impressão se inicia com o arquivo que irá instruir ao *software* interno da impressora a como proceder camada por camada, o *firmware*. Uma vez que o arquivo de modelagem está pronto, este deve ser salvo no formato STL²⁷, extensão de arquivo passível de leitura pelo *firmware* da impressora.

4.5.1.1 Tipos de impressão

O mais conhecido dentre estes processos é o método pioneiro da *stereolithography*. Este processo conta com uma cuba que contém polímero líquido fotossensível e uma plataforma onde o objeto será sinterizado através de um feixe de luz, um laser. O arquivo com a modelagem é enviado à impressora e o processo se inicia quando um feixe de laser ultravioleta ilumina pontos do polímero a serem solidificados, descrevendo a primeira camada da modelagem. Quando finalizada a primeira camada, a plataforma é milimetricamente rebaixada e o laser começa a descrever a segunda camada da modelagem, podendo apresentar precisão de até 60 microns. Quando terminadas todas as camadas, o polímero sobressalente é drenado pelo maquinário e, habitualmente, é necessária a limpeza do modelo com o propósito de finalizar a secagem do polímero. Este processo é conhecido também por *digital light processing* (DLP), apresentando variação nas fontes de luz (TAKAGAKI, 2012).

Outro processo é o *selective laser sintering* (SLS), que se destaca pela gama de materiais possíveis a serem trabalhados, como poliestireno, *nylon*, cerâmica, vidro, cera, aço, alumínio e uma diversidade de ligas metálicas. Este método consiste na deposição de material em pó na plataforma, onde o laser funde seletivamente cada camada do objeto de acordo com o arquivo da modelagem. Ao final da sinterização, os grânulos de pó não fundidos, além de servirem como suporte à peça ao longo do processo, podem ser reutilizados. Quando o processo de sinterização é utilizado na produção de objetos em metal, pode ser denominado *direct metal*

²⁷ *Stereolithography*.

laser sintering (DMLS). Outra variante do processo é o *selective laser melting* (SLM), que consiste no derretimento dos grânulos através de laser, posteriormente fundidos em conjunto, também em camadas.

Conhecido por ser o mais acessível dos processos, o FDM contém uma cabeça de impressão com um bico que é aquecido e amolece o material. Quando amolecido, o material é depositado numa plataforma semi-aderente, conforme as instruções recebidas pelo arquivo de modelagem, as demais camadas são processadas. Este processo frequentemente utiliza materiais termoplásticos, como ABS²⁸, PLA²⁹ e similares, sendo sua precisão de até 0,1 mm.

O *multijet modelling* (MJM) consiste em deposição de camadas de pó que descrevem o objeto tridimensionalmente e são aglutinadas por um líquido liberado por um cabeçote de impressão, tal qual um jato de tinta, "colando" somente os grânulos necessários para modelagem. *Plastic Sheet Lamination* é um processo onde as camadas são recortadas em finas lâminas plásticas e coladas conforme o desenho final do objeto, sendo o corte feito por laser ou lâmina. Outra técnica bem familiar de prototipagem rápida é o CNC e funciona de maneira um pouco distinta das técnicas anteriormente descritas. Enquanto os métodos apresentados depositam materiais, o CNC esculpe um bloco de material utilizando um laser, proporcionando o desgaste da peça até a forma desejada.

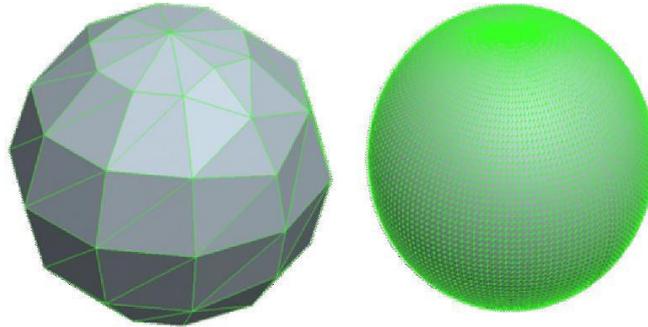
O processo de impressão 3D começa muito antes da impressora, uma vez que todos os métodos apresentados necessitam do arquivo de modelagem tridimensional para realizar suas etapas. O primeiro passo consiste em modelar o objeto em algum *software* de CAD 3D profissional; depois, assegurando as relações paramétricas do artefato, é necessário que o modelo tridimensional seja convertido ao formato STL, atualmente padrão universal entre as impressoras. Quando salva em STL, significa que a superfície do objeto foi preparada para ser impressa, ou seja, todas as superfícies internas e externas da peça são descritas em uma espécie malha formada por elementos triangulares, de tamanhos e proporções distintas (Figura 22), descrevendo seus detalhes de acordo com a precisão requerida. Quanto maior a quantidade de elementos na malha, mais detalhada a impressão. O arquivo em STL descreve as informações

²⁸ Acrilonitrilo butadieno estireno.

²⁹ Ácido poliláctico.

de cada um dos triângulos que forma a superfície da modelagem nos três eixos ortogonais, x, y e z.

Figura 22 – Esferas em STL com menor e maior nível de detalhes



Fonte: Takasaki, 2012

Preparado o arquivo, é impressa uma base que sustente o objeto ao longo do processo (Figura 23), o plano de referência. Se o objeto for muito recortado, a maioria das impressoras necessita imprimir alguns suportes ao longo da manufatura (Figura 24), para sustentar o objeto. Posteriormente, o objeto é digitalmente fatiado paralelo ao plano de referência, e a espessura de cada fatia é determinada pela tecnologia utilizada ou pela precisão requerida. Quanto mais fatias, mais precisa será a impressão.

Figura 23 – Modelagem em preparação de suporte para impressão



Fonte: thingiverse.com³⁰, 2017.

³⁰ Disponível em: <https://cdn.thingiverse.com/renders/d4/4d/ee/ee/ae/bear-support_preview_featured.jpg>. Acesso em fev. 2017.

Ao adicionar esses suportes, o processo de impressão ganha mais uma etapa que é o pós-processamento, aquilo que foi impresso a mais para sustentação da peça precisa ser removido para que esta apresente apenas a geometria desejada. Por mais simples que pareça, o processo de remoção é detalhado e pode afetar a malha de impressão. No entanto, algumas marcas já apresentam a opção de impressão do suporte em outro material, facilitando a remoção destes por meio de solventes (TAKAGAKI, 2012).

Figura 24 – Modelagem impressa com suporte



Fonte: thingiverse.com³¹, 2017.

Apesar de apresentarem um novo método de desenvolvimento de protótipos, as impressoras 3D também possuem alguns ônus. Um dos mais facilmente percebidos é a demanda de tempo para conclusão do processo de impressão. Desconsiderando as etapas anteriores, como a modelagem, que consiste em um processo longo e detalhado por natureza, a impressão de peças consideravelmente pequenas pode demorar horas, variando de acordo com o nível de complexidade da peça. Também podemos considerar as dimensões do suporte um limitante. As impressoras tipo *desktop* têm uma área consideravelmente pequena, mas que atende às requisições dos usuários a quem se destina. A indicação do uso é para produção de pequenas demandas ou objetos unitários, e não para escalas industriais.

³¹ Disponível em:

<https://cdn.thingiverse.com/renders/29/f1/e4/0d/6e/d2b5ca33bd970f64a6301fa75ae2eb22_preview_featured.jpg>. Acesso em fev. 2017.

Mesmo com as restrições citadas, o processo de impressão 3D materializa um avanço tecnológico capaz de minimizar impasses industriais, de dar suporte aos novos e pequenos laboratórios de pesquisa, atuando na Medicina e em diversos possíveis setores, tornando factíveis formas e geometrias impossíveis aos processos tradicionais ou os realizando com precisão e rigor técnico consideravelmente superior.

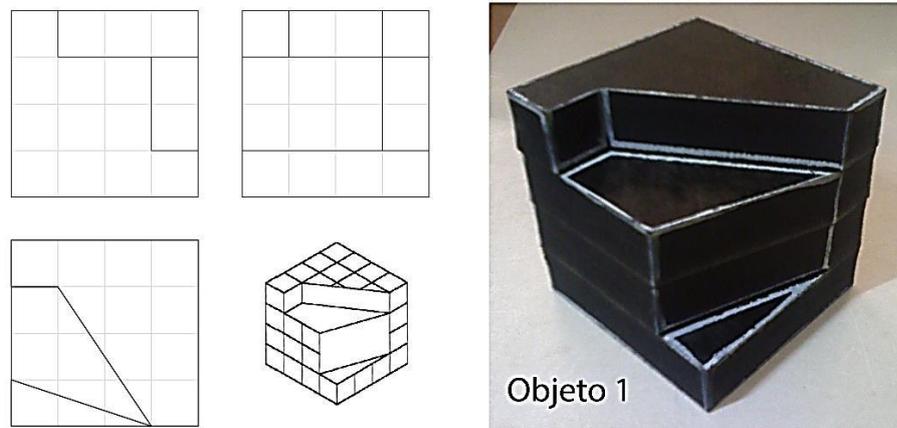
De acordo com Côrtes, Benatti e Paula (2017), as maiores dificuldades dos alunos em relação ao aprendizado de desenho técnico consistem em tópicos como: perspectivas (36,2%), cortes (33,3%), vistas ortográficas (26,1%) e seções (24,6%), considerando entrevistas realizadas com 69 alunos da Escola de Design da Universidade do Estado de Minas Gerais, entre as graduações em Design de produto, Design gráfico e Design de ambientes. No que concerne ao aprimoramento da disciplina, é percebido que dois dos três maiores interesses destes alunos, quando se trata do aprimoramento do aprendizado do desenho técnico, são relacionados à maior presença da tecnologia em salas de aulas (56,5%) e mais protótipos como exemplos de exercícios (40,6%).

Com o intuito de melhorar o aprendizado das representações técnicas, os referidos autores utilizaram a tecnologia de prototipagem rápida, com o propósito de facilitar o entendimento nas questões que concernem à perspectiva visual.

Assim, foram desenvolvidos três protótipos através de métodos de fabricação distintos, a fim de avaliar e investigar as possibilidades de cada um, além de seus limites no campo fabril. O objeto 1 (Figura 25) é um protótipo desenvolvido a partir da tecnologia de corte a laser em MDF³². Este protótipo teve seu desenvolvimento focado em aprimorar os tópicos de vistas ortográficas e perspectivas isométrica na disciplina de desenho técnico, devendo ser apresentado junto ao exercício impresso com o objetivo de auxiliar visualização tridimensional e na correlação com as vistas em suporte bidimensional.

³² Placa de fibra de média densidade

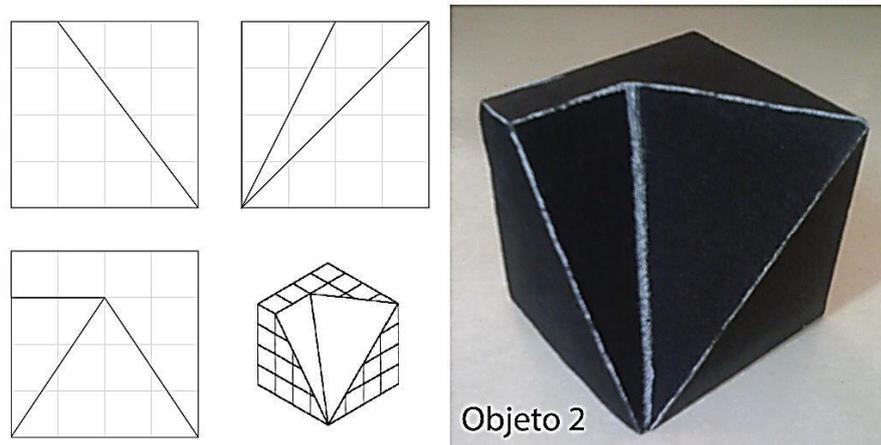
Figura 25 – Objeto 1: Detalhamento técnico, perspectiva e peça



Fonte: Adaptado de Côrtes, Benatti e Paula (2017)

Já o objeto 2 (Figura 26), também adequado ao ensino das vistas ortográficas e perspectiva isométrica, foi produzido com a máquina modeladora através de subtração em poliuretano modelado através de CNC, processo produtivo que permite construção em ângulo.

Figura 26 – Objeto 2: Detalhamento técnico, perspectiva e peça



Fonte: Adaptado de Côrtes, Benatti e Paula (2017)

O objeto 3 (Figura 27), por sua vez, foi produzido por adição de camadas, seccionado em duas partes que se encaixam, visando elucidar o entendimento do uso de cortes e seções em desenho técnico. Ao meio da peça foi adicionado material macio para ser utilizado como um carimbo, auxiliando nos tópicos supracitados.

Figura 27 – Objeto 3: Detalhamento técnico e peça



Fonte: Adaptado de Côrtes, Benatti e Paula (2017)

Analisando as informações obtidas, foi percebido que os três objetos didáticos teriam uma aplicação viável para o professor no ensino do desenho técnico, por serem de fácil apresentação e manuseio, além de reafirmar a dificuldade de alunos em fazer a transposição da peça tridimensional para o desenho bidimensional. Os objetos demonstraram expressiva melhora na compreensão dos conceitos básicos da disciplina, diminuindo os obstáculos enfrentados pelos estudantes em relação às perspectivas, cortes, vistas ortográficas e seções das peças.

Essa é uma das diversas possibilidades de aplicação das tecnologias de visualização tridimensional como ferramenta de ensino e que estão disponíveis e relativamente acessíveis no ambiente acadêmico, que visa o aprimoramento dos métodos educacionais e a adaptação da estrutura didática em prol do melhor aproveitamento dos conhecimentos disseminados em sala de aula.

5 Desenvolvimento

Esta pesquisa teve por motivação a adequação do ensino de desenho técnico nas escolas de design, se apropriando das ferramentas disponíveis no mercado sem negligenciar o ensino formal da disciplina. Este capítulo descreve o passo-a-passo da pesquisa, sua metodologia e resultados.

5.1 Coleta de dados

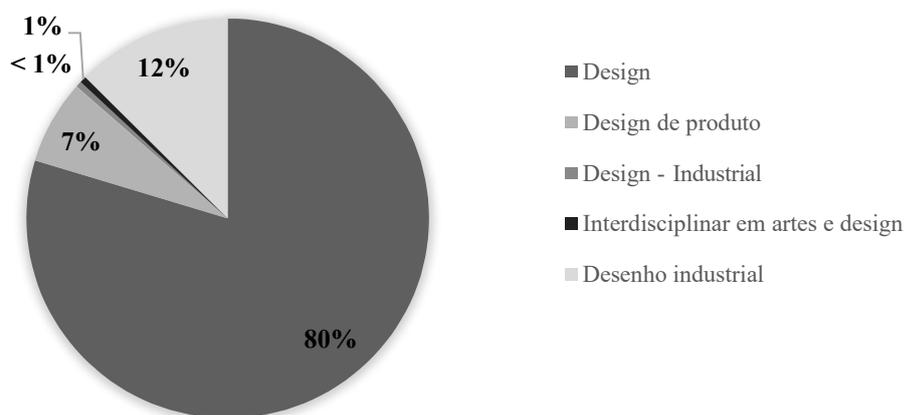
5.1.1 Cursos registrados no Ministério da Educação

As informações apresentadas a seguir foram coletadas diretamente no site do Ministério da Educação (MEC), em 11 de janeiro de 2017. O Relatório da Consulta Avançada, arquivo que lista as instituições de ensino superior registradas no MEC, se encontra disponível na página oficial do Ministério³³, selecionando a opção "Portal do MEC" e posteriormente, à esquerda, "IES" seguido de "Instituições de Ensino Credenciadas", selecionando a opção "Acesse o e-MEC". Nesta página é apresentada a base de dados oficial do Ministério da Educação relativo as Instituições de Educação Superior (IES) e cursos de graduação do Sistema Federal de Ensino, disponibilizando dados relativos aos cursos superiores e respectivas instituições, de acordo com os atos de autorização e regulamentação. Para a obtenção de dados pertinentes a esta pesquisa, foi necessário prosseguir acessando a aba "Consulta textual" e selecionando a opção de consulta por "Curso de graduação" e "Nome de curso". Dentre os nomes de curso abrangidos nessa pesquisa, foram consultados os termos: Desenho industrial e Design. Devido ao fato de a nomenclatura "Design" abranger uma longa gama de cursos, foram consideradas apenas as seguintes graduações: Design, Design de Produto, Design – Industrial e Interdisciplinar em Artes e Design. Acordando com os requisitos acima,

³³ Disponível no endereço www.mec.gov.br

também foi considerado como critério de seleção da amostra somente cursos a nível de bacharelado, de modo presencial e que estivessem em atividade.

Tabela 3 – Bacharelados registrados no MEC



Fonte: Da autora, 2017.

De acordo com as nomenclaturas supracitadas, existem hoje no Brasil 153 bacharelados em Design, 13 bacharelados em Design de produto, 1 bacharelado em Design – Industrial, 1 bacharelado Interdisciplinar em Artes e Design e 24 bacharelados em Desenho Industrial, totalizando 192 graduações nesta área do saber. Após analisar o documento, concluímos que este número não é real, visto que algumas instituições apresentam até quatro registros para o mesmo curso. Esta situação comumente se justifica quando há renovação na estrutura curricular do curso ao ponto de ser necessário um novo registro no Ministério da Educação, por exemplo. Se eliminarmos a duplicidade de registro, o número de bacharelados cai para 146, sendo 33 destes em instituições públicas e 113 em instituições privadas.

Assim como é imprecisa a definição dos bacharelados em design, também são suas estruturas curriculares. Conforme podemos perceber a seguir, a formação em design no Brasil conta com dificuldades em estabelecer um perfil de seu profissional, suas capacidades intelectuais e cognitivas, fruto de estruturas curriculares consistentemente distintas. Desta forma, o design – profissão de certa forma considerada jovem no país – encontra ainda muitos desafios para se estabelecer no mercado de trabalho e se fazer

essencial, posto que as escolas formadoras ainda buscam a definição de um ou alguns perfis para este profissional.

5.1.2 Estrutura curricular do bacharelado em design

Para entendermos melhor como funciona o estabelecimento de requisitos para formação superior em design, analisamos a estrutura curricular das 25 melhores graduações em design no Brasil no ano de 2016, de acordo com o Ranking Universitário Folha 2016³⁴, aferido pela Folha de São Paulo. Estabelecido desde de 2012, o ranking analisa as instituições de ensino por diversas perspectivas, considerando a qualidade de ensino; avaliação de mercado; estabelecimento de mestrado e doutorado; avaliadores do MEC; nota no Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (Enade); dedicação integral ou parcial dos docentes, entre outros.

Considerando as 25 melhores graduações em design no ano passado, foram analisadas suas grades curriculares, programas pedagógicos e demais documentos disponíveis online para estabelecer o entendimento acerca da disciplina de desenho técnico e seus saberes congruentes, considerando em que momento é lecionada, carga horária dedicada à disciplina e quais os tópicos básicos abordados. Nem todas as instituições disponibilizam dados suficientes sobre suas graduações para a análise realizada (Tabela 4).

Tabela 4 – 25 melhores cursos de design em 2016 e disciplinas de desenho técnico

Posição	Nome	UF	Desenho técnico	Período	Nomenclatura
1	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	RS	150h	1º e 2º	Desenho geométrico/Desenho técnico/Geometria descritiva
2	Universidade de São Paulo	SP	30h	1º	Geometria descritiva
3	Universidade Federal do Rio de Janeiro	RJ	(Não consta)	2º e 3º	Desenho técnico I e II
4	Universidade Federal de Minas Gerais	MG	210h	2º, 3º e 4º	Oficina I (geometria descritiva) /Desenho técnico I/Desenho técnico II

³⁴ Disponível em <http://ruf.folha.uol.com.br/2016/ranking-de-cursos/design/>

5	Escola Superior de Propaganda e Marketing	SP	(Não apresenta)	(Não apresenta)	(Não apresenta)
6	Universidade Federal de Santa Catarina	SC	198h	(Não apresenta)	Desenho técnico e geometria descritiva/Desenho técnico e CAD/Desenho em perspectiva
7	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho	SP	180h	1º, 2º e 3º	Desenho I/II/III
8	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro	RJ			
9	Universidade Federal do Paraná	PR	270h	1º, 2º e 3º ano	Representação Gráfica I/II/III
10	Universidade Anhembi Morumbi	SP			
11	Universidade Presbiteriana Mackenzie	SP	120h	1º e 2º	
12	Centro Universitário Belas Artes de São Paulo	SP	120h	2º e 3º	Desenho construtivo aplicado ao design de produtos/Desenho de detalhamento aplicado ao design
13	Universidade do Vale do Rio dos Sinos	RS	120h	(Não consta)	Desenho geométrico/Desenho técnico
14	Universidade do Estado do Rio de Janeiro	RJ	120h	1º e 2º	Representação técnica I/II
15	Universidade de Brasília	DF	120h	(Não consta)	Desenho técnico I/II
16	Faculdade de Artes Plásticas da Fundação Armando Álvares Penteado	SP	72h	1º	Desenho geométrico
17	Centro Universitário Senac	SP	80h	(Não consta)	Desenho técnico aplicado ao produto
18	Universidade Federal de Goiás	GO			
19	Universidade Federal de Pernambuco	PE	240h	(Não consta)	Sistemas de representação bidimensional (desenho geométrico) /Sistemas de representação tridimensional/ Design e tecnologia (desenho técnico 2) /Design e tecnologia (Desenho técnico 1)
20	Universidade Federal do Ceará	CE	160h	1º e 2º	Geometria descritiva/Desenho técnico
21	Universidade do Estado de Minas Gerais	MG	192h	1º, 2º e 3º	Representação técnica I/II/III
22	Universidade Federal da Bahia	BA	(Não consta)	(Não consta)	Descritiva I/Desenho geométrico I/Descritiva II/Desenho técnico I
23	Pontifícia Universidade Católica do Paraná	PR	(Não apresenta)	(Não apresenta)	(Não apresenta)
24	Universidade Estadual de Londrina	PR			
25	Universidade Paulista	SP	120h	(Não apresenta)	Desenho técnico do objeto/Desenho técnico para design

Fonte: Da autora, 2017

Mesmo analisando este pequeno grupo de instituições, podemos perceber que as nomenclaturas das disciplinas são diversas, por mais que abordem precisamente o mesmo assunto, caracterizado por sua normatização e estabelecido pela ABNT. As universidades

que foram tachadas são aquelas que somente apresentam bacharelados em design gráfico, não atendendo aos requisitos dessa pesquisa.

Dentre as 25 universidades, foram obtidos dados sobre a carga horária de 17 instituições (68%), que apresentam uma média aritmética de 147,17 horas de carga horária destinadas à disciplina de desenho técnico e seus assuntos adjacentes, sendo consideradas somente disciplinas que lecionem o ensino à mão livre. Todavia há uma variação grande entre as cargas horárias dedicadas por cada instituição, em um espectro que varia entre as 30 horas dedicadas na Universidade de São Paulo, em contraste às 240 horas dedicadas na Universidade Federal do Pernambuco. De forma geral, estes assuntos são apresentados aos futuros designers nos primeiros períodos da graduação e na maioria dos casos de forma contínua, ou seja, o assunto é lecionado nos semestres seguintes seguindo uma linearidade, mas isso não é uma regra. Embora não seja possível ponderar sobre a quantidade de horas dedicadas ao ensino deste saber e a real capacidade cognitiva dos discentes das universidades apresentadas, podemos pressupor uma considerável diferença na formação destes profissionais que, em tese, irão ocupar os mesmos cargos no mercado de trabalho.

Em contraste com o cenário estabelecido, as disciplinas destinadas ao ensino desenho em *softwares* nas mesmas universidades não possuem uniformidade em sua apresentação, momento a ser lecionado ou mesmo se integram a estrutura curricular dos cursos. Em alguns casos, como na Universidade Federal do Paraná, este conhecimento é apresentado aos discentes durante seus três primeiros anos de formação, totalizando a carga horária de 270 horas; enquanto na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, a UNESP, uma disciplina de 45 horas no 4º período já é considerada satisfatória na formação técnica desse aluno. Mais da metade das universidades apresentadas na tabela anterior não dedicam uma disciplina ao ensino de desenho auxiliado ao computador.

Desta maneira, podemos deduzir que a formação técnica dos designers no Brasil varia de acordo com o foco mercadológico e acadêmico de cada instituição. Sendo assim,

é possível prever que cada uma destas instituições forma um profissional com um perfil distinto, variando dentro da tolerante delimitação estabelecida pelo MEC.

5.2 Análise crítica dos dados

Ao longo desta pesquisa, percebemos que novas ferramentas de visualização tridimensional surgem diariamente, com novas propostas e possibilidades, ampliando o universo de alternativas no que concerne à adequação didática de disciplinas técnicas. Todavia, entre o surgimento de novas ferramentas e sua efetiva aplicação enquanto objeto didático há uma importante lacuna a ser preenchida: a avaliação da efetividade dessa ferramenta – não apenas enquanto método didático mas ainda em seu manuseio, investimentos, conhecimento previamente necessário, entre outros.

Para a plena verificação da efetividade das ferramentas propostas ao longo deste estudo, foi utilizado o método conhecido por análise paramétrica. Método comumente utilizado na avaliação de produtos em desenvolvimento em comparação com produtos já desenvolvidos, se baseia em determinadas variáveis a fim de ponderá-las de acordo com as necessidades do produto ou ferramenta (BAXTER, 2008), foi escolhido para esta análise com a finalidade de delinear as tecnologias propostas e estabelecer grau de comparação entre suas capacidades. Tais variáveis são conhecidas por parâmetros comparativos, que podem ser quantitativos, qualitativos ou de comparação. Nesta pesquisa, serão utilizados os parâmetros qualitativos como norteadores do processo de avaliação pois, mesmo que não apresentem um valor absoluto de classificação da ferramenta, são capazes de comparar suas capacidades frente aos aspectos investigado. (FERROLI *et al.*, 2007)

Para a validação das ferramentas, esta análise se baseia na investigação de aspectos essenciais que circundam o uso e aplicação destas tecnologias em níveis cognitivos e educacionais, econômicos e estruturais. Para a validação das ferramentas, esta análise se baseia na investigação de aspectos essenciais que circundam o uso e aplicação destas tecnologias em níveis cognitivos e educacionais (dever), econômicos e

estruturais (condição). Os cognitivos e educacionais são de aspecto essencial da análise, ou seja, são aqueles de domínio do educador, que podem ser adaptados ou modificados para o pleno aproveitamento do ensino e se caracterizam como deveres destas ferramentas quando objeto didático (MADEIRA; WAINER; VERDIN; ALCHIERI; DIEHL, 2002) (MARSHALL, 2004) (MARSHALL; MEACHEM, 2007). Já os requisitos econômicos e estruturais são aqueles que dependem diretamente de outros profissionais, da própria instituição ou de investimentos, quesitos que estão fora do alcance do educador e estabelecem possibilidades de melhoria no desempenho do ensino. O terceiro e último aspecto da análise define requisitos que sejam desejosos às ferramentas (desejo), fomentando seu melhor uso.

Tabela 5 – Análise paramétrica

Requisitos básicos à tecnologia de ensino

Possibilitar interação e manuseio (<i>dever</i>)	Pouca ou nenhuma necessidade de espaço específico/acesso restrito (<i>condição</i>)
Mimetizar o processo de rotação mental (<i>dever</i>)	Não necessitar de responsável técnico (<i>condição</i>)
Aproximar da prática (<i>dever</i>)	Pouco ou nenhum conhecimento prévio ou treinamento necessários (<i>condição</i>)
Promover o desenvolvimento psíquico (<i>dever</i>)	Pouco ou nenhum desenvolvimento prévio necessário (<i>condição</i>)
Pouco ou nenhum investimento (<i>condição</i>)	Propiciar o compartilhamento de dados (<i>desejo</i>)
Não necessitar insumos (<i>condição</i>)	Ser atraente ao ensino (<i>desejo</i>)
Pouca ou nenhuma necessidade de suporte físico (<i>condição</i>)	Passível de uso remoto (<i>desejo</i>)

Fonte: Da autora, 2017.

Softwares

O ensino de *software* se fez presente no meio acadêmico brasileiro desde o momento em que a indústria validou quão indispensável era o uso desta ferramenta ao longo do processo e desenvolvimento fabril, seja pela qualidade ou pela velocidade em que as mesmas tarefas seriam executadas (MAZZAROTTO FILHO; ULBRICHT, 2016). Por esta perspectiva, podemos perceber que a inserção deste saber na estrutura curricular de bacharelados, em geral, aconteceu por uma cobrança externa da indústria, sem que houvesse os processos de preparação necessários para o desenvolvimento de espaço,

ferramentas e pessoal, ou ainda que a percepção de tal necessidade fosse advinda da sala de aula (BORGES; SOUZA, 2015) (HOCAYEN-DA-SILVA; CASTRO; MACIEL, 2008). Desta forma, o ensino de *softwares* em cursos superiores se deu, e se dá até o presente momento, através do uso da ferramenta digital replicando métodos utilizados em ferramentas analógicas, minimizando as inúmeras capacidades dos *softwares*. (PORTUGAL, 2013)

A partir dessa perspectiva, é possível discutir sobre os requisitos essenciais para inserção desta tecnologia no ambiente escolar. De acordo com os aspectos condicionantes, aqueles referentes a investimento, estrutura física ou que estejam fora do alcance do docente, a utilização de *softwares* no desenvolvimento de disciplinas exige bastante da instituição em que é utilizado. Primordialmente, para que um *software* seja utilizado são necessários computadores suficientemente eficientes, considerando os requisitos de funcionamento do programa. Estes computadores precisam ser alocados em um ambiente específico, ou seja, uma sala de aula ou laboratório dedicado. Para que o hardware funcione com segurança, também é necessário que a sala de aula seja equipada com a presença de ar condicionado, evitando que os materiais superaqueçam e tenham sua vida útil reduzida. E, para que essa estrutura física trabalhe em harmonia, é comum que haja um técnico dedicado aos cuidados dos hardwares e dos *softwares*.

A partir daí, ainda é necessário que os *softwares* sejam adquiridos pela instituição. De acordo com Forti (2005), os principais *softwares* de prototipagem virtual utilizados no Brasil são *3ds Max*, *Alias Studio Tools*, *AutoCAD*, *Rhinoceros* e *SolidWorks*. Por mais que alguns destes já apresentem a versão gratuita para estudantes e instituições de ensino, o custo da licença individual destas ferramentas pode variar entre US\$495 (aproximadamente R\$ 1.557,27 em 2017) para o *Rhinoceros* versão educacional até US\$3.995 (aproximadamente R\$ 12.624,20 em 2017) para o *SolidWorks* versão *standard*. Se considerarmos uma sala de aula com 25 computadores, esses custos tomam proporções muito além do que a maioria das instituições de ensino brasileiras poderiam arcar.

Considerando os aspectos essenciais ao uso desta ferramenta como material didático, os *softwares* oferecem baixos níveis de interação ou manuseio, uma vez que ocorrem puramente no ambiente virtual e sem qualquer contato físico com quem o manipula, por mais que mimetizem os processos de rotação mental, propiciando melhores níveis de aproveitamento do ensino de desenho técnico. A utilização de *softwares* em sala de aula carece que o docente possua conhecimentos prévios sobre a utilização de um computador, em diversos níveis de complexidade, para que seja possível o ensino e treinamento da ferramenta, provendo pleno desenvolvimento cognitivo em diferentes níveis: organizacional, espacial, matemático, entre outros.

De forma geral, os *softwares* se fazem atraentes aos estudantes como ferramenta de ensino por possibilitarem a visualização de projetos concluídos, além de simulações muito próximas ao real, apresentando encantamento ao possibilitar que etapas futuras de projeto sejam experimentadas anteriormente à produção do artefato. O modo de utilização de cada *software* é diferente, dependendo de como sua plataforma é organizada. Todavia, por via de regra, *softwares* de modelagem tridimensional apresentam seu método de desenvolvimento um tanto quanto coerentes aos métodos de produção, sendo possível chanfrar, limar ou desbastar um bloco de material virtualmente ou mesmo definir um espaço que será preenchido de matéria, simulando processos de fabricação. Já no que se refere ao compartilhamento de dados, existem diversas plataformas online gratuitas para compartilhamento de modelagens prontas, entretanto, a nível de modelagem, estas não são muito efetivas no auxílio do desenvolvimento da habilidade de modelagem, uma vez que os modelos são compartilhados quando já concluídos. E no que concerne ao acesso remoto à essas ferramentas, não se pode determinar que o aluno possua acesso à computadores ou mesmo ao *software* fora das dependências da instituição de ensino.

Em suma, o uso de *softwares* como ferramentas de ensino é uma prática vastamente difundida nas instituições de ensino superior, fortemente influenciadas pela presença destas ferramentas no ambiente industrial, uma das possíveis carreiras para o futuro designer. Podemos então perceber que a inserção desta ferramenta enquanto

disciplina dos cursos de bacharelado em design exige um notório investimento inicial das instituições de ensino, com equipamentos, *softwares*, pessoal especializado e espaço dedicado, enquanto há pouca necessidade de investimento em material de consumo ou ao longo do uso. Nos aspectos internos, apresenta certa eficiência nos quesitos de ensino e aprendizagem, entretanto, enquanto se basear apenas na replicação do método analógico, não atingirá seu maior potencial educacional.

Estereoscopia

Um dos métodos mais antigos de visualizar três dimensões em um plano bidimensional representado pela tela, a estereoscopia nada mais é do que registrar dois pontos de vista de uma mesma cena, cada um correspondente à posição de um olho, permitindo uma sensação de volume. Por mais que a explicação sobre essa tecnologia seja simples, ela necessita de suportes para ser efetivada. São necessários óculos obturadores e telas difrativas para emissão e recepção das informações visuais, consistindo em um notável investimento por si só, situação ainda mais delicada em um corpo discente médio de 25 alunos. Além do suporte específico, é necessário treinamento pra seu uso assim como ambiente restrito, possibilitando a plena funcionalidade do maquinário quando armazenado de maneira correta. Não necessita de insumos para seu funcionamento, somente da produção de imagens adequadas e com todas as informações necessárias ao maquinário. Não apresenta absoluta necessidade de constante manutenção, permitindo que a escolha de um responsável técnico dedicado ao maquinário fique a cargo da instituição de ensino.

No que concerne aos aspectos internos de uso desta ferramenta, podemos dizer que se apresenta bastante interessante ao processo de ensino e aprendizagem. Por mais que a interação seja somente visual, a estereoscopia apresenta riqueza de detalhes e diversas possibilidades de interação espacial, incentivando o exercício da habilidade de rotação mental, promovendo o desenvolvimento psíquico do discente, sem exigências de conhecimento prévio. É bastante atraente ao ensino, pois alimenta a curiosidade dos

alunos e os permite se relacionar com tecnologias industriais, por mais que não haja colaboração ou possibilidade de compartilhamento de dados com outros usuários da mesma tecnologia através de seus próprios dispositivos. Neste caso, podemos afirmar que o acesso ao ferramental necessário em modo remoto está fora das possibilidades dos discentes.

Realidade virtual

Tecnologia de uso bastante similar ao da estereoscopia, a realidade virtual simplifica alguns dos processos do método supracitado. Para a utilização desta, é necessário um dispositivo emissor da imagem, seja a tela de um computador ou *smartphone*, e os óculos. Por mais que alguns destes óculos disponíveis no mercado cheguem a custar milhares de reais, a tecnologia destes é bastante simples, podendo ser confeccionada em casa ou na sala de aula com os alunos, sendo necessários materiais como um par de lentes biconvexas, um disco de ferrite e um ímã de neodímio para fixação, papelão para estrutura e velcro para sustentação.

De acordo com os parâmetros estabelecidos previamente, a realidade virtual se mostra bastante competente em níveis de interação e abre possibilidades para relação de manuseio quando *joysticks* são conectados à estrutura; mimetiza o processo de rotação mental ao possibilitar a visitação de um espaço virtual, ou seja, possibilita a visualização de um objeto por diversos pontos de vista; não exige nenhum conhecimento prévio no que concerne à sua utilização (e não à produção de novos materiais) e é capaz de promover o desenvolvimento cognitivo do aluno de maneira bastante atraente, visto que é uma tecnologia de imersão. Não se aproxima da prática projetual por apresentar uma forma diferente de aproximação do estudo e o compartilhamento de dados pode ser relacionado ao uso do aplicativo, por exemplo, mas não é uma ferramenta estrutural dessa tecnologia. Seu acesso remoto pode ser estabelecido a partir do instante que o discente utilize seu próprio *smartphone*.

Na esfera condicionante, o uso da realidade virtual é bastante conveniente como um método de ensino, visto que não requer quase ou nenhum investimento, nem precisa de suporte físico, se partirmos do princípio que a maior parte dos alunos possui um *smartphone*; não apresenta a necessidade de treinamento nem insumos para seu pleno funcionamento, nem suporte técnico ou espaço específico para ser utilizada. A única exigência que concerne aos aspectos externos que atinge a essa ferramenta é o desenvolvimento prévio de aplicativos dentro do escopo da disciplina que suportem tal tecnologia, todavia as lojas virtuais de aplicativos já possuem uma expressiva base de dados em relação a estes materiais, tornando tal aspecto mais um oportunidade de desenvolvimento do saber.

Realidade aumentada

Por mais que seja uma tecnologia constantemente melhorada desde a década de 1930, a realidade aumentada se configurava como utilidade industrial, primitivamente advinda dos códigos de barra, sem grande adesão dos usuários. Todavia, com o lançamento do aplicativo *Pokémon Go*, em 2016, esta tecnologia adquiriu notória adesão por meio de usuários de públicos diversos, demonstrando a praticidade e acessibilidade da técnica.

A realidade aumentada se caracteriza pela interação de objetos virtuais em plataformas reais, posicionadas através de algum marcador, seja ele uma informação de geolocalização ou um *QR code*, por exemplo. Para utilização de tal tecnologia são necessários três itens bastante comuns ao cotidiano moderno: um *smartphone* (*tablets* ou similares), um marcador e um aplicativo ou *software* específico que processe estas informações.

No contexto didático, essa ferramenta se apresenta de forma interessante, uma vez que propicia interação com o usuário, é capaz de mimetizar os processos de rotação mental, além de ser atraente ao ensino e promover desenvolvimento do saber, sem exigir conhecimentos prévios. Assim como a realidade virtual, a realidade aumentada só

necessita do *smartphone* como suporte para seu uso e para o funcionamento do aplicativo ou *software* específico, possibilitando seu acesso remoto quando o *smartphone* é de posse do aluno. Não são necessários treinamentos, insumos, responsável técnico, nem mesmo espaço específico, todavia o desenvolvimento prévio se dá pela elaboração do *software* ou aplicativo.

Impressão 3D

O processo de impressão 3D ou manufatura aditiva também vem conquistando espaço como objeto didático nos últimos anos, devido a sua expressiva aproximação do usuário final. A utilização desta tecnologia como objeto didático pode ser dar em diversas facetas: seja na modelagem de uma peça a ser impressa; ou na utilização de peças impressas para exemplificação em sala de aula, gerando uma biblioteca de modelos, por exemplo. Todavia, o uso dessa tecnologia ainda é um pouco complexo para ambiente educacionais, visto que sua análise de fatores condicionantes possui mais exigências que as demais.

Por mais que o preço das impressoras 3D tenha se tornado acessível nos últimos anos, ainda é necessário um investimento na casa dos milhares de reais para adquirir o *hardware*, sendo o modelo com o melhor custo-benefício disponível nos dias de hoje a impressora 3D Stella, produzida em solo nacional e vendida pelo preço de R\$ 2.200,00 em 2017. Além do investimento inicial, a tecnologia necessita de técnico responsável para sua utilização, assim como para a manutenção do equipamento. Ainda nos requisitos essenciais ao uso desta tecnologia, ela demanda espaço específico de funcionamento e insumos para impressão.

Quanto à sua usabilidade, a manufatura aditiva apresenta diversos benefícios enquanto ferramenta de ensino-aprendizagem: possibilita efetiva interação e manuseio; não só mimetiza, mas exercita de fato o processo de rotação mental; exige somente o conhecimento prévio de modelagem ou nenhum conhecimento quando utilizamos os objetos já impressos; promove várias áreas do conhecimento; é atraente ao ensino e

promove também o compartilhamento de dados, através de modelos disponibilizados gratuitamente em plataformas *online*; e não só se aproxima da prática quanto é, de fato, um processo industrialmente utilizado por designers, e não oferece a possibilidade de acesso remoto ao uso dos alunos.

Ao compararmos as avaliações de cada uma destas ferramentas podemos perceber nuances na diferenciação de suas utilizações enquanto ferramentas de visualização tridimensional, suas capacidades e o método como podem ser ministradas aos alunos para que estes alcancem o pleno conhecimento do assunto desenho técnico. É sabido que todas se demonstram competentes a tal função e que todos os dias novas tecnologias surgem e ampliam as possibilidades das ferramentas de ensino, possibilitando não só a constante modernização da prática como sua adaptação aos métodos e processos cognitivos das novas gerações de discentes.

Tabela 6 – Análise paramétrica das ferramentas de ensino

Requisitos		Softwares	Estereoscopia	Realidade virtual	Realidade aumentada	Impressão 3D
<i>Dever</i>	Possibilitar interação e manuseio	Não atende	Atende	Atende	Atende	Atende
	Mimetizar o processo de rotação mental	Atende	Atende	Atende	Atende	Atende
	Aproximar da prática	Atende	Não atende	Não atende	Não atende	Atende
	Promover o desenvolvimento psíquico	Atende	Atende	Atende	Atende	Atende
<i>Condição</i>	Pouco ou nenhum investimento	Não atende	Não atende	Atende	Atende	Não atende
	Não necessitar insumos	Atende	Atende	Atende	Atende	
	Pouca ou nenhuma necessidade de suporte físico	Não atende	Não atende	Não atende	Não atende	Não atende
	Pouca ou nenhuma necessidade de espaço específico/acesso restrito	Não atende	Não atende	Atende	Atende	Não atende
	Não necessitar de responsável técnico	Não atende	Não atende	Atende	Atende	Não atende
	Pouco ou nenhum conhecimento prévio ou treinamento necessários	Não atende	Atende	Atende	Atende	Não atende
<i>Desejo</i>	Pouco ou nenhum desenvolvimento prévio necessário	Atende	Não atende	Não atende	Não atende	Atende

Propiciar o compartilhamento de dados	Atende	Não atende	Não atende	Não atende	Atende
Ser atraente ao ensino	Atende	Atende	Atende	Atende	Atende
Passível de uso remoto	Não atende	Não atende	Atende	Atende	Não atende

Fonte: Da autora, 2017.

Os requisitos de avaliação das tecnologias de representação tridimensional foram determinados com a finalidade de delinear os aspectos que concernem não somente ao objeto de ensino como ferramenta, mas a sua aplicação e manuseio nas instituições de ensino brasileira, norteando a seleção destas frente aos requisitos necessários ao uso. Por mais que não haja valores numéricos definindo cada um dos requisitos, o quadro acima é passível de análise a partir dos requisitos.

Os softwares de modelagem já vêm desempenhando o papel de ferramenta de ensino de desenho técnico, ao menos, pelas últimas duas décadas. Por estarem presentes na sala de aula há tanto tempo e pela constante modernização não só dos softwares quando dos computadores, suas forças já foram consolidadas ao longo dos anos, mas as fraquezas ainda são presentes. A necessidade de adquirir softwares e equipamentos competentes ao seu ensino ainda são barreiras para o pleno uso desta ferramenta em sala de aula, contornado muitas vezes pelo uso de programas pirateados, situação alarmante, mas comum, uma vez que são poucas as ferramentas competentes ao ensino disponibilizadas gratuitamente ou mesmo com licença especial para ambientes estudantis. Relativamente à oportunidades de novos usos, podemos perceber que o longo período de exposição dos softwares nas salas de aula também possibilitou que estes tópicos fossem explorados e desvendados, havendo poucas novidades neste aspecto dentro dos softwares já disponíveis e utilizados no ambiente acadêmico.

Com relação à estereoscopia, ferramenta aplicada a níveis industriais, há um desequilíbrio se compararmos os requisitos que são capaz ou não de atender, todavia isto não diminui o fato de ser uma ferramenta extremamente competente, que comporta diversas possibilidades para o ensino em design – muito além do desenho técnico – mas que necessita de um alto investimento dentro das possibilidades da universidade, além de

manutenção e cuidados especiais. Utiliza-se de um equipamento específico, o que garante sua gama de aplicações, mas também requer dedicação no trato da tecnologia. É extremamente competente ao ensino, mas, aparentemente, ainda se distancia da realidade das escolas brasileiras de design.

A realidade aumentada e a realidade virtual se apresentam proporções similares, atendendo a diversos dos requisitos estabelecidos. Isso se deve ao fato de serem ferramentas com baixo investimento, se considerarmos uma maior adesão ao uso do *smartphone* nos dias de hoje do que uma década atrás, e por serem intensamente exploradas, disponibilizando de uma grande variedade de aplicativos para seu uso. Por serem conhecidas e exploradas pelos desenvolvedores, fica claro que estas tecnologias têm possível acesso a nível programacional, além de demandarem pouco ou quase nenhum suporte físico para sua execução. Exigindo pouco suporte e tendo acesso possível, aliados ao fato de que são tecnologias sedutoras e de simples uso, a realidade aumentada e a realidade virtual validam a possibilidade de se posicionarem enquanto ferramentas de ensino, não restrita ao desenho técnico nem somente ao bacharelado em design.

Por fim, a impressão 3D apresenta muitas oportunidades de uso, mas com um ônus imperativo: o custo. Esta tecnologia vem sendo barateada a cada dia, se tornando acessível a usuários finais e às escolas de design, mas ainda necessita de investimento constante, devido ao fato de necessitar de material de consumo. Muitas das impressoras disponíveis hoje no mercado brasileiro são importadas, assim como sua matéria prima, tornando o processo ainda mais lento, caro e inacessível. À medida que a produção nacional do maquinário, assim como dos insumos necessários, se solidificar, as fraquezas desta tecnologia tendem a diminuir, possibilitando a presença desta manufatura como ferramenta educacional.

5.3 Considerações finais

5.3.1 Conclusões

Ao longo do estabelecimento desta perspectiva, pode-se perceber que a carreira em design nas escolas de nível superior no Brasil, que aos olhos da maioria da população aparenta ser algo recente, já evidencia suas obsolescências e necessita de uma reestruturação curricular mais delimitada, a fim de estabelecer uma proposta de carreira comum, com habilidades mínimas envolvidas, para que o profissional detenha ferramentas suficientes para prosperar nas áreas de especialização desejadas, além de apresentar uma carreira com habilidades e expectativas limítrofes da atividade.

O uso de ferramentas digitais deveria corroborar com o constante desenvolvimento técnico-conceitual do aluno, desenvolvimento esse que não se finda junto com as aulas, mas perdura, evoluindo cotidianamente (BRANCO; LAMEIRA; MIRANDA, 2016) (GARCÍA, 2010). O aprendizado e aperfeiçoamento do desenho técnico acompanham o designer durante toda sua vida profissional, em diversas instâncias, assim como muitas habilidades desta área de conhecimento, exigindo constante estudo e modernização dos meios e métodos de abordagem da expertise, o fazendo revisitar tanto as normas quanto os modos de trabalho, sempre que necessário.

Baseado nos diversos aspectos propostos acerca do desenho, sua capacidade de comunicação, importância histórica e acadêmica, podemos avaliar como essa área do conhecimento vem sendo negligenciada ao longo dos anos, tanto na educação básica quanto superior. O descaso com o saber advém antes mesmo da entrada do aluno na universidade, no momento em que foi suspensa a grande maioria dos exames de habilidade específica realizado pelas instituições superiores, responsáveis por reconhecer alunos que possuíam habilidades mínimas para os cursos que necessitassem de tal aptidão. Os testes talvez necessitassem de atualização em seus métodos, mas, de forma geral, apresentavam um bom impacto na carreira do estudante, caso reprovado: ou estudaria mais a fim de fortalecer a habilidade e tentaria novamente no ano seguinte ou

então perceberia que possui insuficiência em relação a este saber. Atualmente, sem este processo seletivo, o aluno pode desperdiçar um bom tempo de seu desenvolvimento até que perceba que não escolheu o curso adequado.

Mais especificamente nos cursos de bacharelado em design, no que concerne ao desenho técnico, foi observada uma profunda necessidade de organização da disciplina, sua funcionalidade na carreira para os dias atuais, métodos de ensino e suportes utilizados. Para tal reorganização, o entendimento relativo às inteligências múltiplas e as ferramentas da ergonomia cognitiva se apresentam como um sólido suporte para reestruturação do ensino desta habilidade, assim como auxilia nas propostas para inserção de alternativas visando adequar os métodos atualmente utilizados. Consolidado tal entendimento acerca dos processos mentais necessários ao desenvolvimento da visualização tridimensional, as tecnologias se apresentam como propostas possíveis, acessíveis e reais ao suporte deste ensino. Têm capacidades plenas de suprir as deficiências apresentadas pelos alunos, se apresentam em diversos suportes, sendo muitos deles possíveis ao uso em sala de aula, estruturando estratégias modernizadoras do ensino, atrativas não só aos alunos, mas competentes a alcançar bloqueios cognitivos inacessíveis pelos métodos de ensino tradicionais.

O tempo de incubação configura outro problema muito claro no desenvolvimento do assunto em sala de aula, uma vez que se o aluno possui aulas de uma mesma disciplina temporalmente muito próximas umas das outras, este aluno terá o tempo de maturação do conteúdo comprometido, atropelando-o com o próximo conteúdo a ser lecionado, tornando frágil a estrutura do seu saber. Todavia, se o aluno tem aulas de uma mesma disciplina temporalmente muito distantes umas das outras, ele ultrapassa o tempo necessário para incubação, chegando ao ponto em que pouco se recorda do conteúdo ministrado no último encontro, episódio recorrentemente verificado quando há feriados em dias letivos. Assim, se houvesse um modo no qual o aluno exercitasse o desenho técnico entre uma aula e a seguinte, seria este o cenário ideal pra que tivesse o tempo de incubação como reforço aula seguinte.

A importância de um período de "ruminação" ou "incubação" é destacado também por Klauser, que o descreve como um tempo em que nossa mente devaneia de um lado para o outro, num movimento interno e aparentemente descomprometido, como fazíamos como bebês aprendendo a língua materna. (BIANCHETTI; MEKSENAS, p. 291, 2008)

Incubação, período no qual há um deliberado afastamento do problema, tempo em que aparentemente existe o trabalho do inconsciente que consistiria, segundo a visão de um maravilhado Poincaré, em combinar ideias iniciais e em selecionar apenas as mais adequadas à solução do problema em tela. (SAIANI, p. 135, 2004)

Nesse cenário, onde ainda faltam soluções efetivas para o auxílio do desenvolvimento cognitivo, podemos perceber um ambiente propício a aceitar medidas alternativas que complementem a fixação do conhecimento. Uma opção prática e bastante acessível é o uso da internet como ferramenta de estudo. Já compondo parte da rotina cotidiana e de estudo dos alunos, o uso da internet como meio de pesquisa há algum tempo atua como substituto das enciclopédias e boa parte dos livros, além de oferecer opções como vídeoaulas, estruturas interativas e compartilhamento de materiais didáticos, ampliando de maneira imensurável a oferta de suportes.

Outro aspecto problemático em relação à disciplina é a bibliografia do assunto. Se, além do que for lecionado e disponibilizado em sala de aula, o aluno buscar aprofundar seu conhecimento, irá se deparar com algumas dificuldades na obtenção de tais referências: ou o aluno se dispõe a adquirir as normas fornecidas pela ABNT no site da associação, com um custo considerável por cada norma (variando de R\$30,00 a R\$117,00 por norma), ou então deverá buscar por autores que abordem o assunto. Já a busca por autores consiste outro problema: as bibliografias responsáveis por abranger o desenho técnico geralmente encontram-se obsoletas, baseadas em normas com mais de vinte anos de defasagem ou então sustenta por normas fornecidas por associações como a ISO, que apresenta divergências estruturais no ensino do assunto. Dessa forma, obter acesso aos materiais que discutam e ampliem o conhecimento acerca do desenho técnico apresenta-se como uma tarefa consideravelmente árdua para os alunos.

As normas técnicas são atualizadas durante os anos conforme as necessidades de aplicação, embora saibamos que estas modificações não são severas, uma vez que surgem com a necessidade de adaptar as regras aos novos processos ou então otimizar as formas de representação já existentes. Por mudar gradualmente e de forma tão branda, os usuários desta linguagem técnica parecem não sentir a necessidade de se atualizar, fazendo com que estejam quase sempre utilizando especificações obsoletas. De forma geral, é relativamente comum encontrar materiais didáticos muito aquém das normas atualmente fornecidas pela ABNT, tornando o ensino da prática falho e ultrapassado, conduzindo a possíveis falhas de comunicação. Este comportamento revela um descuido na estrutura curricular do conhecimento técnico, diretamente refletido na postura dos alunos quanto à disciplina. A falta de comprometimento no ensino e prática do desenho técnico prejudica a formação de aluno, futuros profissionais, desclassificando a área do saber e gerando transtornos para usuários do artefato ou estrutura construída.

Aliado aos diversos pontos incongruentes que caracterizam o ensino do desenho técnico nos dias de hoje, o uso da ferramenta digital ainda não se apresenta de forma organizada. A introdução do ensino do *software* na grade curricular dos cursos de design é apresentada por estratégias diversas: em alguns casos, são ensinados simultaneamente com a alfabetização do aluno acerca da visualização espacial (CORRÊA, 2016); em outros, são alocados nos últimos períodos do curso se embasando nos conhecimentos previamente adquiridos, porém espacialmente distantes do momento em que receberam a carga teórica correspondente. Todavia, no que concerne à função do *software* durante a formação do discente, podemos afirmar que o programa é introduzido como apenas uma ferramenta, sem o intuito de aperfeiçoar o trabalho do profissional, mas somente de agilizá-lo ou digitalizá-lo.

Talvez num futuro próximo a discussão que gera rivalidade entre os desenhos feitos à mão e os desenhos confeccionados a partir de sistemas de CAD seja um tópico dado por resolvido, mas nos dias de hoje ainda há divergências substanciais sobre como devemos empregá-los e em que altura no ensino do desenho nos cursos superiores em

design deve ser incluída a utilização da ferramenta digital; ou ainda, se o uso de um instrumento não prejudica o desenvolvimento de habilidades para outro.

Em alguns casos, pode-se arriscar a afirmação de que a modelagem tridimensional em ambientes virtuais pode atuar como espécie de substituta do ensino do desenho técnico, todavia tal declaração acarreta em uma série de questões inconclusas: a dependência que o profissional tem do *software*, tornando-o incapaz de desenvolver projetos sem o uso deste recurso; o fato de uso do suporte durante as primeiras fases do desenvolvimento do produto poder minar a capacidade criativa do designer, uma vez que o profissional só desenvolve aquilo que é capaz de modelar no *software*; a pertinência do ensino do desenho técnico à mão livre visando o desenvolvimento de habilidades de visualização espacial; além disso, caso o *software* apresente problemas na execução do artefato, o designer será incapaz de solucioná-lo se o *software* for sua única plataforma de desenvolvimento; por fim, há ainda os aspectos financeiros acerca da obtenção e aprendizagem do uso da ferramenta *software*.

De forma geral é possível perceber que cada uma das tecnologias de visualização apresentadas ao longo deste trabalho se comporta de maneira distinta, se adaptando aos diferentes momentos da disciplina e necessidades do aprendiz, sendo então de responsabilidade e escolha do docente qual e quando utilizar. Finalmente, podemos constatar que a maior parte dos empecilhos que cercam a aplicação e plena utilização das tecnologias de visualização tridimensional dentro do ambiente acadêmico no cenário brasileiro se relaciona ao investimento e à adaptação. Estas tecnologias apresentam um alto custo no momento em que são adquiridas e, algumas delas, também trazem custos ao longo do uso, distanciando a possibilidade de torná-las ferramentas didáticas no ensino de desenho técnico. Já no aspecto adaptativo, é necessário considerar as diferentes gerações de docentes e seus referenciais tecnológicos para que seja aplicada alguma tecnologia de acordo com o conhecimento prévio do educador, ou que este esteja disposto a se adaptar aos novos métodos disponíveis.

O desafio que se encerra no ensino de Desenho Técnico é um cenário mundial que demanda uso intensivo da ciência e tecnologia e exige profissionais altamente qualificados. O próprio conceito de qualificação profissional vem se alterando com a presença cada vez maior de componentes associadas às capacidades de coordenar informações, interagir com pessoas e interpretar de maneira dinâmica a realidade. As instituições de ensino no Brasil têm procurado, através de reformas periódicas em seus planos de ensino e conteúdos programáticos, equacionar estes problemas e solucioná-los de maneira adequada, inserindo estes conteúdos gradativamente em suas grades.

Portanto, é imprescindível que se proponham novas estratégias de ensino em desenho técnico com a utilização de recursos computacionais, inserindo nas práticas didáticas a possibilidade de visualização dos objetos em três dimensões, através da apropriação e do uso dessas novas tecnologias de representação. Através da visualização dos objetos de geometria espacial em 3D, o aluno logrará de uma melhor percepção do objeto, auxiliando então os procedimentos de ensino e aprendizado do desenho técnico.

5.3.2 Trabalhos futuros

Acredita-se que há grande espaço para a continuação de estudos relacionados às tecnologias de visualização tridimensional enquanto ferramentas de ensino, tais como:

- Desenvolvimento de metodologia de ensino de desenho técnico que contemple as ferramentas, como softwares, durante os estágios de aprendizagem e não somente de replicação;
- Aprofundamento no processo de aprendizagem em ambientes virtuais e desenvolvimento de metodologias apropriadas;
- Construção de material didático que contemple o ensino por meios virtuais e analógicos;
- Elaboração de aplicativo para realidade aumentada contemplando o assunto desenho técnico;
- Popularização do uso de ferramentas de visualização tridimensional no espaço acadêmico.

Referências

- ABRANTES, J. A **Ergonomia Cognitiva e as Inteligências Múltiplas**. VIII Simpósio de excelência em gestão e tecnologia, Resende/RJ, 2011.
- AMATO, A. **Operadores lógicos booleanos**. 2009. Disponível em: <<https://www.asclepios.com.br/node/19>>. Acesso em: 10 dez. 2016.
- ASME Standards and Certification – **“Examples of Use of Codes and Standards for Students in Mechanical Engineering and Other Fields”** Disponível em: <http://go.asme.org/SCStudent>. Acesso em: 09 mai. 2015.
- BARBOSA, Ana Mae Tavares de Bastos. **Tópicos utópicos**. Belo Horizonte: Ed. C/Arte, 1998. 198 p, il. (Arte E ensino).
- BARSON, E. Z.; GRAAFLAND, M.; SCHIJVEN, M. P. **Systematic review on the effectiveness of augmented reality applications in medical training**. Surgi Endosc, p. 4174 –4183, fev. 2016.
- BASALLA, G. **The Evolution of Technology**. Reprint edition. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. (Cambridge Studies in the History of Science). ISBN 978-0521296816.
- BAXTER, M. **Projetos de Produtos - Guia Prático Para o Design de Novos Produtos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2008. ISBN 978-85-212-0265-5.
- BERGAMASCHI, M. P.; SILVEIRA, I. F. **O uso de Realidade Aumentada como apoio ao ensino de Desenho Técnico para o curso de Engenharia: um Estudo de Caso**. LACLO 2012 - Séptima Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje, Equador, Volume 3, n. 1, Outubro 2012. ISSN 1982 - 1611. Disponível em: <<http://laclo.org/papers/index.php/laclo/article/view/28>>.
- BIANCHETTI, L.; MEKSENAS, P. **Trama do conhecimento: Teoria, método e escrita em ciência e pesquisa**. 1. [S.l.]: Papyrus, 2008. ISBN 978-85-308-0870-9.
- BORGES, M. M.; SOUZA, N. **Desenvolvimento de habilidades de raciocínio espacial e o uso de modeladores paramétricos tridimensionais**. Educação Gráfica, Bauru, SP, v.19, n. no3, 2015. ISSN 2179-7374.
- BRAGA, E. M. **Suportes Didáticos Virtuais: A Importância da Ergonomia Cognitiva na Elaboração e Uso das Tecnologias Digitais da Informação e da Comunicação na Educação**. Revista Vozes dos Vales da UFVJM: Publicações Acadêmicas, Diamantina, MG, Ano II, n.3, Maio 2013. ISSN 2238-6424. Disponível em: <<http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2011/09/Suportes-Did~A\T1\textexclamdownnicos-Virtuais.pdf>>.

BRANCO, J. C.; LAMEIRA, G. B.; MIRANDA, E. R. **Design e educação: abordagens metodológicas e suas dialogias**. 12o P&D, v. 9, n. 2, p. 2735 – 2747, Outubro 2016.

CAISSIE, André F.; VIGNEAU, François; BORS, Douglas A. **What does the Mental Rotation Test measure? An analysis of item difficulty and item characteristics**. Open Psychology Journal, v. 2, n. 1, p. 94-102, 2009.

CHING, F. D. K. **Representação gráfica em arquitetura**. Porto Alegre: Bookman, 2011.

Conselho Nacional De Educação - Câmara De Educação Superior. Resolução No 5, 8 mar. 2004. **Aprova as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Design e dá outras providências**. 2004.

CORRÊA, P. R. D. A. **Desenvolvimento, tecnologias e educação: a sociedade da informática e o uso das tecnologias no processo de alfabetização**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Junho 2016.

CÔRTEZ, Luiza Magalhães; BENATTI, Lia Paletta; PAULA, Bárbara Arantes de; **Tecnologias de prototipagem aplicadas ao ensino: o processo do design no suporte à aprendizagem**, p. 222-233. In: São Paulo: Blucher, 2017. ISSN 2318-6968, DOI 10.5151/16ergodesign-0025

DOMINGOS, D. **Protótipo de um sistema de modelagem paramétrica de sólidos**, Universidade Regional de Blumenau. Santa Catarina, Blumenau. 2002.

ELLIS, Myrian et alii. **A educação**. In: ---. O Brasil monárquico. São Paulo: Difel, 1985. p. 368. V. 2 da História Geral da Civilização Brasileira, sob a direção de Sérgio Buarque de Holanda e Pedro Moacyr Campos.

FERNANDES, S. V. D. H. et al. **Visualização espacial em ambiente virtual para ensino de desenho técnico**. XLI Congresso Brasileiro De Educação Em Engenharia, Gramado, RS, Setembro 2013. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/262564705>>.

FERREIRA, J.; SILVA, R. M. **Leitura e interpretação de desenho técnico mecânico**. [S.l.]: SENAI-SP, 2009.

FERROLI, P. C. M. et al. **Método paramétrico aplicado em design de produtos**. ABEPRO - Associação Brasileira de Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis – SC, v. 7, n. 3, p. 1 – 15, Novembro 2007. ISSN 1676-1901.

FIGUEIRA, R. J. C. M. **CAD/CAE/CAM/CIM**. Instituto Politécnico do Porto. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Portugal, 2002/2003.

FOLEY, J. D. et al. **Computer Graphics: Principles and Practice**. Addison-Wesley Professional: 3rd Edition, 2013.

FORTI, F. S. D. **Uma avaliação do ensino da prototipagem virtual nas graduações de design de produto do Estado do Rio de Janeiro.** Dissertação (Mestrado) — UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro, Novembro 2005.

FRENCH, T. E. **Desenho Técnico.** [S.l.]: Globo Editora, 1979.

GARCÍA, Sergio Álvarez. **Uso de contenidos educativos digitales a través de sistemas de gestión del aprendizaje (LMS) y su repercusión en el acto didáctico comunicativo.** 2010. 1008 f. Tese (Doutorado) - Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2010. Disponível na internet por http em: <<http://eprints.ucm.es/11631/1/T32372.pdf>>. Acesso em: 7 jan. 2017.

GARDNER, H. **Inteligências Múltiplas: a teoria na prática.** Trad. Maria Adriana Veríssimo Veronese. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa** / [organizado por] Tatiana Engel Gerhardt e Denise Tolfo Silveira; coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIESECKE, F. E. **Comunicação Gráfica Moderna.** 1. ed. [S.l.]: Bookman, 1998.

GIL, Antônio Carlos, 1946-. **Como elaborar projetos de pesquisa**/Antônio Carlos Gil. - 4. ed. - São Paulo: Atlas, 2002.

GINSBERG, M.L. **Essentials of artificial intelligence.** San Mateo: Morgan Kaufmann Publishers, 1993.

GRIZ, C.; CARVALHO, G.; PEIXOTO, A. **Ergonomia Cognitiva: a combinação de diversos recursos didáticos no ensino do Desenho Arquitetônico.** In: XI Congreso Iberoamericano de Gráfica Digital, Sigradi MX, México, p. 35-40, 2007.

HOCAYEN-DA-SILVA, A. J.; CASTRO, M. D.; MACIEL, C. D. O. **Perfil profissional e práticas de docência nos cursos de administração: por onde andam as novas tecnologias do ensino superior?** RAM – REVISTA DE ADMINISTRAÇÃO MACKENZIE, v. 9, n. 5, p. 155 – 178, 2008.

ISODA, G. T. de Tani e. **Sobre desenho: estudo teórico-visual.** Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, 2013.

José Carlos Almeida da Silva; Lauro Ribas Zimmer. **CES/CNE 0146/2002 - Diretrizes Curriculares Nacionais dos cursos de graduação em Direito, Ciências Econômicas, Administração, Ciências Contábeis, Turismo, Hotelaria, Secretariado Executivo, Música, Dança, Teatro e Design.** Distrito Federal, 2002.

José Carlos Almeida da Silva; Lauro Ribas Zimmer. **CNE/CES 0195/2003 - Diretrizes Curriculares Nacionais dos cursos de graduação em Música, Dança, Teatro e Design**. Distrito Federal, 2003.

KELLEY, T. L. **Crossroads in the Mind of Man: A Study of Differentiable Mental Abilities**. [S.l.]: Kessinger Publishing, 1928.

MADEIRA, M.J.P.; WAINER, R.; VERDIN, R.; ALCHIERI, J. C.; DIEHL, E. K. **Geração de estilos cognitivos de aprendizagem de negociadores empresariais para adaptação de ensino tutorializado na web**. Paidéia, São Paulo, 12(23), 133-147, 2002.

MARQUES, J. C. **O Ensino do Desenho Técnico e suas relações com a História da** MARSHALL, Lindsey & MEACHEM, Lester. **Direct or directed: orchestrating a more harmonious approach to teaching technology within an Art & Design Higher Education curriculum**. In: Learning, Media and Technology. v. 32, n.1, 2007, p. 41-52.

MARSHALL, Lindsey. **Technological Tools: the Need to Situate Software Skills in the Implementation of Design Concepts**. In: IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'04), 2004.

MASCHIO, A. V. **A estereoscopia: investigação de processos de aquisição, edição e exibição de imagens estereoscópicas em movimento**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual Paulista “Julio De Mesquita Filho”, Bauru, SP, 2008.

Matemática, da Arquitetura e a Computação Gráfica. XIX Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática, GD3 – Sessão C2, n. 19, outubro 2015. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ebapem2015/files/2015/10/gd3_janaina_marques.pdf>.

MATTEI, R. E. V. **Atividade docente na ead sob perspectiva da ergonomia cognitiva**. IX Seminário ANPED SUL, Caxias do Sul, 2012.

MATTOS, V. D. B.; BIANCHETTI, L. **Currículo analógico em um mundo digital: considerações sobre a dissonância entre a formação no ensino superior e as exigências do mercado de trabalho**. B. Téc. Senac: a R. Educ. Prof., Rio de Janeiro, v. 34, n.3, set./dez. 2008

MAZZAROTTO FILHO, M. A.; ULBRICHT, V. R. **O ensino formal de softwares em cursos de design gráfico: uma presença fragmentada**. P&D Congresso brasileiro de pesquisa e desenvolvimento em design, v. 9, n. 2, p. 2832 – 2843, Out. 2016.

MEGGS, P. B. **História do Design Gráfico**. 1. ed. [S.l.]: Cosac Naify, 2009. ISBN 8575037757.

Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares - Cursos de Graduação**. Acesso em 04 jun. 2016. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/conselho-nacional-de-educacao/atos-normativos--sumulas-pareceres-e-resolucoes?id=12991>>.

MOREIRA, L. C. de S.; RUSCHEL, R. C. **Realidade Aumentada na Visualização de Soluções do Projeto de Arquitetura**. XIX Congresso da Sociedade Ibero-Americana de Gráfica Digital, Florianópolis, SC, Novembro 2015.

MORTENSON, M. E. **Geometric modeling**. New York: J. Wiley, 1985.

MOTA, S. B. V. da. **A gramatologia, uma ruptura nos estudos sobre a escrita**. DELTA: Documentação de Estudos em Lingüística Teórica e Aplicada, São Paulo, v. 13, n. 2, Ago. 1997. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-44501997000200006>>.

OLIVEIRA, Bugre Toropy, AITA, Tomas. **O ensino da matéria de desenho no 1º, 2º e 3º graus**. Revista do Centro de Tecnologia – UFSM, Santa Maria, RS, Jan/Dez, 1985.

OLIVEIRA, M. L. **Ensino da Geometria Projetiva nos Cursos de Arquitetura e Urbanismo, em tempos de CAD/BIM**. In: Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital SIGRADI, São Paulo, 2009.

ORÁCULO. **Por que as medidas nos EUA são polegadas, jardas, milhas e libras? Isso só existe lá?** 2017. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/blog/oraculo/por-que-as-medidas-nos-eua-sao-polegadas-jardas-milhas-e-libras-isso-so-existe-la/#>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

PAVAN, K. R. **Ensino orientado pelo respeito às inteligências múltiplas: as contribuições de Howard Gardner para o exercício da docência**. Administração: ensino e pesquisa, Rio de Janeiro, v.15, n. no3, p. 631 – 646, Jul. Ago. Set. 2014. ISSN 2358-0917.

PIPES, Alan. **Desenho para designers: habilidades de desenho, esboços de conceito, design auxiliado ao computador, ilustração, ferramentas e materiais, apresentações e técnicas de produção**. São Paulo: Editora Blucher, 2010.

PIRES, R. W.; BERNARDES, M. M. E. S.; LINDEN, J. C. de S. V. D. **Existe bibliografia consagrada sobre desenho técnico no Brasil?** Conferência Geometrias & Graphica, v. 1, cap. 3, p. 219 – 230, outubro 2015. ISBN 978-989-98926-2-0.

PORTAL BRASIL. **Etapas do ensino asseguram cidadania para crianças e jovens**. 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/educacao/2012/04/etapas-do-ensino-asseguram-cidadania-para-criancas-e-jovens>>. Acesso em: 01 mar. 2017.

PORTUGAL, Cristina. **Design, educação e tecnologia** (online). Rio de Janeiro: Rio Books, 2013. Disponível na internet por http em: <www.design-educacao-tecnologia.com>. Acesso em 07 jan. 2017.

PORVIR, Vagner Alencar do. **Uso de tecnologia no ensino melhora em 32% rendimento em matemática e física, aponta estudo**. UOL Educação: São Paulo, 2013. Acesso: <12 de junho de 15> Disponível: <http://educacao.uol.com.br/noticias/2013/02/04/uso-de-tecnologia-no-ensino-melhora-em-32-rendimento-em-matematica-e-fisica-aponta-estudo.htm#fotoNav=14>

PRATINI, E.; FALEIRO, J. **Uma nova metodologia de apoio à visualização no ensino de desenho técnico e geometria descritiva**. In: Universidad De Bio - Facultad De Arquitectura, Construcción Y Diseño. V Congreso Iberoamericano de Gráfica Digital. Chile, 2001. p. 201 – 203. Disponível em: <http://cumincades.scix.net/data/works/att/535e.content.pdf>.

QUIVY, R.; CAMPENHOUDT, L. V. **Manual de investigação em Ciências Sociais**. 4a edição. Ed. Lisboa, Portugal: Gradiva - Publicações Ltda., 2005.

REQUICHA, A. A. G.; ROSSIGNAC, J. **Solid modeling**. Encyclopedia of electrical electronic engineering, J. Webster, 1999.

Revista Gestão Educacional. **Pierre Lévy fala dos benefícios das ferramentas virtuais para o ensino**. 2013. Acesso em 03 jul. 2016. Disponível em: <http://www.webaula.com.br/index.php/pt/acontece/noticias/2874-pierre-levy-fala-dos-beneficios-das-ferramentas-virtuais-para-a-educacao>.

RITTO, A. C. e A.; MACHADO FILHO, N. **A caminho da escola virtual: um ensaio carioca**. Rio de Janeiro: Consultor, Faculdade Carioca, 1995.

SABINO, M. A.; ROQUE, A. S. de S. **A teoria das inteligências múltiplas e sua contribuição para o ensino de língua italiana no contexto de uma escola pública**. São José do Rio Preto, p. 410 – 429, 2006.

SAIANI, C. **O valor do conhecimento tácito - A epistemologia de Michael Polanyi na escola**. 1. ed. [S.l.]: Escrituras, 2004. ISBN 8575311549.

SANTOS, E. T. **Novas tecnologias no ensino de desenho e geometria**. Anais do I Encontro Regional do Vale do Paraíba de Profissionais do Ensino da Área de Expressão Gráfica, Lorena, SP, p. 71 – 81, Outubro 2000. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/237339759_NOVAS_TECNOLOGIAS_NO_ENSINO_DE_DESENHO_E_GEOMETRIA>.

SEABRA, R. D.; SANTOS, E. T. **Proposta de desenvolvimento da habilidade de visualização espacial através de sistemas estereoscópicos**. 4 Congresso Nacional y 1ro. Internacional, Rosário, Argentina, Outubro 2004. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/240610932_PROPOSTA_DE_DESENVOLVIMENTO_DA_HABILIDADE_DE_VISUALIZACAO_ESPACIAL_ATRAVES_DE_SISTEMAS_ESTEREOSCOPICOS>.

SFORNI, M. S. de Faria. **Aprendizagem Conceitual e Organização do Ensino: Contribuições da Teoria da Atividade**. 1. ed. Araraquara: JM Editora, 2004.

SORBY, S. A. **Assessing and Improving Spatial Visualization Skills of Engineering Students: International Collaborations and Studies**. In: Proceedings of the IV International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design, São Paulo, Brasil, pp. 1285-1313, 2001.

SPECK, H. J. **Proposta de método para facilitar a mudança das técnicas de projetos: da prancheta à modelagem sólida (CAD) para empresas de engenharia de pequeno e médio porte**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2005.

TAKAGAKI, L. K. **Tecnologia de impressão 3D**. In: Revista Inovação Tecnológica. São Paulo: Faculdade Flamingo, 2012. (2, v. 2), cap. CAPITULO 3, p. 28 – 40

THRE3D - **3D Printing**, Simplified, 2014. Acessado em 04 abr. 2016.

THURSTONE, L. L. **Primary mental abilities**. [S.l.]: Chicago: University of Chicago Press., 1938.

THURSTONE, L. L. **The Nature of Intelligence**. [S.l.]: London: Routledge, 1924.

TRINDADE, B. **Ambiente híbrido para a aprendizagem dos fundamentos de desenho técnico para as engenharias**. 2002. 188 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em:<<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/3466.pdf>>. Acesso em: dez. 2016.

TRINDADE, Bernardete. **Ambiente híbrido para a aprendizagem dos fundamentos de desenho técnico para as engenharias**. 2002. 188f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

VOLPATO, Neri. **Prototipagem Rápida** (Tecnologias e aplicações). 1. Ed. São Paulo: Blucher, 2006.

WIKIPEDIA. **Árvores binárias**. 2016. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81rvore_bin%C3%A1ria>. Acesso em 10 dez. 2016.

WIKIPEDIA. **Código QR.** 2016, Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_QR>. Acesso em: 10 dez. 2016.

WIKIPEDIA. **Gadget.** 2016. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Gadget>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

ZORZO, F. A. **Desenho - Ponte conceitual entre as ciências e as técnicas.** In: Anais do XXI Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e desenho técnico e X International Conference on Graphics for Arts and Design, de 03 a 05 de novembro de 2013 [recurso eletrônico]: Tecnologia e Arte para Inovação. Florianópolis: Editora do CCE (Universidade Federal de Santa Catarina), 2013.