UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO

Barbara de Macedo Passos Oggioni

O PAPEL DAS FERRAMENTAS NO ENSINO DO DESENHO TÉCNICO

Monografia apresentada como trabalho de conclusão do curso de Especialização em Técnicas de Representação Gráfica, da Escola de Belas Artes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Especialista em Técnicas de Representação Gráfica.

Orientadora: Danusa Chini Gani

Rio de Janeiro

Mês de 2022

O PAPEL DAS FERRAMENTAS NO ENSINO DO DESENHO TÉCNICO

Barbara de Macedo Passos Oggioni

MONOGRAFIA SUBMETIDA COMO TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM TÉCNICAS DE REPRESENTAÇÃO GRÁFICA, DA ESCOLA DE BELAS ARTES, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM TÉCNICAS DE REPRESENTAÇÃO GRÁFICA.

Aprovada por:

Prof. Danusa Chini Gani, D.Sc.

Prof. Doralice Duque Sobral Filha, D.Sc.

Prof. Alvaro José Rodrigues de Lima, D.Sc.

Rio de Janeiro

Abril de 2022

Oggioni, Barbara de Macedo Passos

O papel das ferramentas no ensino do desenho técnico/ Barbara de Macedo Passos Oggioni. – Rio de Janeiro: UFRJ/ EBA, 2022.
IV, 49p.: il.; 29,7 cm.
Orientadora: Danusa Chini Gani
Monografia – UFRJ/ EBA, 2022.
Referências Bibliográficas: p. 39
1. Desenho Técnico. 2. Ferramentas Tradicionais 3. Ferramentas Digitais. I. Oggioni. Barbara de Macedo Passos. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Belas Artes III. Título

Dedicatória

Dedico essa monografia aos meus alunos de Desenho Técnico, que me impulsionaram a ser uma professora melhor.

Agradecimentos

Não posso deixar de iniciar meus agradecimentos à minha família. Todas as minhas conquistas, eu devo ao apoio incondicional que recebo de quem mais amo. Nesses dois anos, em meio a uma pandemia, as aulas da especialização ficaram misturadas aos desafios do isolamento dentro de casa. Só tenho a agradecer ao meu marido Robson Oggioni, pela parceria e carinho, e aos meus filhos Robinho e Marina, pela compreensão com os momentos de ausência.

Agradeço especialmente à minha orientadora Danusa Gani por toda a dedicação, paciência, objetividade e clareza em sua orientação. Nossas reuniões sempre foram muito prazerosas. Admiro o seu cuidado e delicadeza em ensinar e provocar reflexões interessantes. Agradeço muitíssimo a compreensão com as minhas demandas paralelas, dando o espaço necessário para que eu conseguisse avançar na resolução delas.

Gostaria de agradecer também à professora Marie Póla por toda gentileza no acolhimento em meus momentos de fragilidade ao tentar dar conta de todas as demandas de ser pesquisadora e mãe. Aquela mensagem de incentivo, tão carinhosa, foi o “gás” que eu precisava para ir em frente!

Agradeço também a todos os professores da especialização pelos ensinamentos nesses dois anos. Entendo que não foi fácil se reinventar como professor e adequar todo o conteúdo para aulas remotas nesse período tão difícil e agradeço o esforço de todos nessa caminhada.

Aos meus novos amigos, colegas dessa jornada: Mariana, Anderson, Carol, Rafaela, David, Fernanda, Maria Cecília, Vinicius, Danielle. É uma felicidade ter encontrado vocês em meu caminho. Toda parceria, apoio, união... essa pós foi melhor porque eu tinha vocês ao meu lado, caminhando junto comigo!

RESUMO

O PAPEL DAS FERRAMENTAS NO ENSINO DO DESENHO TÉCNICO

Barbara de Macedo Passos Oggioni

RESUMO DA MONOGRAFIA SUBMETIDA À ESPECIALIZAÇÃO EM TÉCNICAS DE REPRESENTAÇÃO GRÁFICA, DA ESCOLA DE BELAS ARTES, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM TÉCNICAS DE REPRESENTAÇÃO GRÁFICA.

Nesta monografia buscou-se averiguar quais são as características principais do ensino do desenho técnico com o uso de ferramentas tradicionais e digitais, visando facilitar a tomada de decisão do docente quanto ao emprego desse tipo de ferramental. A pesquisa é de caráter exploratório e foi realizada por meio de um levantamento da bibliografia de referência. A partir da função do desenho técnico no contexto de um projeto finalizado, primeiramente analisa-se o papel comunicativo que o desenho técnico desempenha entre as etapas do projeto e da fabricação. Em seguida, investiga-se os conceitos de teoria, técnica e ferramenta para a representação gráfica, exemplificando como esses conceitos embasam a construção e a representação de um desenho técnico. Por fim, os aspectos cognitivos inerentes à aprendizagem do desenho técnico, a partir de uma perspectiva construtivista, são discutidos. A pesquisa demonstrou que os impactos do uso dessas ferramentas no ensino devem ser levados em consideração, já que essa escolha possui papel importante para a aprendizagem do desenho técnico. Dessa maneira, diferentes ferramentais podem ser mobilizados pelo professor, entretanto deve-se ter como foco principal a compreensão da teoria balizadora do desenho técnico (a geometria) e a técnica necessária para a sua representação.

Palavras-chave: Desenho Técnico; Ferramentas Tradicionais; Ferramentas Digitais; Ensino.

RIO DE JANEIRO

ABRIL, 2022

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 1

1. DESENHO TÉCNICO COMO UM OBJETO INTERMEDIÁRIO DE PROJETO .. 6

1.1. O desenho técnico como objeto intermediário construído a partir dos instrumentos tradicionais 8

1.2. O desenho técnico como objeto intermediário construído a partir da computação gráfica bidimensional 10

1.3. O desenho técnico como objeto intermediário construído a partir da modelagem tridimensional e a geração automática de desenhos de vistas ortográficas múltiplas 11

1.4. O desenho técnico como objeto intermediário construído a partir da modelagem tridimensional e a fabricação direta 13

2. CONCEITOS MOBILIZADOS PARA A REPRESENTAÇÃO DO DESENHO TÉCNICO: TEORIA, TÉCNICA E FERRAMENTA 16

2.1. Teoria, técnica e ferramenta na representação gráfica 18

2.2. Exemplos 20

2.2.1. Exemplo 1: construção dos elementos geométricos de um desenho técnico 2D 20

2.2.2. Exemplo 2: modelagem de um objeto geométrico em um programa digital 3D 24

3. ASPECTOS COGNITIVOS NA APRENDIZAGEM COM O USO DE INSTRUMENTOS 27

3.1. Desenvolvimento da visualização e da representação espacial 28

3.2. Aprendizagem com o uso de instrumentos 31

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS 36

5. REFERÊNCIAS 39

ANEXO A: Ementas das disciplinas de Expressão Gráfica para Engenharia 45

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de desenho técnico a partir de ferramentas tradicionais..... 9

Figura 2 – Exemplo de desenho técnico por vistas ortogonais confecionada no software Autocad 2D 11

Figura 3 – Jóia modelada no software Rhinoceros 3D..... 12

Figura 4 – Vistas ortográficas, formatadas em folha de desenho técnico, geradas a partir de uma modelagem 3D no software Rhinoceros 3D 13

Figura 5 – Exemplo de impressora 3D 14

Figura 6 – Exemplo de fabricação digital na arquitetura: projeto SAM (Semi-automated Mason) da Universidade ETH Zurich, Suíça 15

Figura 7 – Tripé Fundamental da Representação Gráfica (GANI, 2020) 18

Figura 8 – Cadeira Barcelona..... 21

Figura 9 - Análise dos elementos gráficos para a construção bidimensional da cadeira Barcelona 21

Figura 10 – Construção de círculo à mão livre..... 22

Figura 11 – Construção de círculos com barbante..... 22

Figura 12 – Construção de círculos a partir do software Autocad 2D 23

Figura 13 – Construção do dodecaedro a partir da definição do ângulo 63,435º 25

Figura 14 – Construção do dodecaedro regular: determinação gráfica do ângulo de rotação das faces. 26

Figura 15 – Construção do dodecaedro no Rhinoceros utilizando a base da geometria descritiva 26

INTRODUÇÃO

A Geometria Descritiva de Gaspar Monge, disciplina que tem por finalidade representar as figuras do espaço no plano, de modo a estudar suas propriedades e a resolver problemas relativos às mesmas com o auxílio da geometria plana (MACHADO, 1986), fundamentou o ensino do desenho técnico das escolas de engenharia, design e arquitetura no Brasil.

Segundo Soares (2007), o desenho técnico foi estruturado como uma disciplina científica no mundo a partir do século XVIII, servindo como um suporte ao processo de industrialização da sociedade. Dessa forma, como o autor destaca, o desenho técnico, ao aliar o desenho geométrico (para fins de precisão e construção do traçado) com a geometria descritiva (para a exata localização e correlação de pontos), formatou-se como uma linguagem visual de caráter universal de comunicação das informações que o fabricante necessita para a construção de um objeto.

Sua importância tornou-se tão grande para a representação gráfica de projetos que todos os países industrializados regularam, por meio de normas técnicas oficiais e não apenas acadêmicas, a sua elaboração (SOARES, 2007). No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é a responsável pela padronização e normalização do desenho técnico.

O avanço das tecnologias computacionais utilizadas na representação gráfica de projetos vem modificando a forma como a disciplina de desenho técnico, nos cursos superiores de desenho industrial, arquitetura e de engenharia, vêm sendo ministrada.

Ainda ao final da década de 1990, Amorim e Rego (1999) discutiram o emprego de recursos informatizados na representação gráfica e as modificações da metodologia de ensino resultantes desse processo. Para os autores, se a geometria descritiva revolucionou o Desenho Técnico, a partir de um embasamento teórico e científico para a resolução de problemas espaciais no plano, a computação gráfica propiciou uma infinidade de possibilidades, sobretudo a capacidade de desenvolver modelos e simular os objetos reais nos mínimos detalhes.

Essa mudança, segundo Amorim e Rego (1999), tornou obsoletas as técnicas tradicionais de projeto e de representação gráfica no meio profissional e passou a exigir uma nova metodologia de trabalho para o ensino.

Conteúdos como os conceitos de modelamento geométrico e o desenvolvimento das ferramentas de Projeto Auxiliado por Computador (*Computer Aided Design* – CAD), foram adicionados às disciplinas de Expressão Gráfica (MORAES; CHENG, 2001) entre

as décadas de 1990 e 2000. No contexto atual, novas tecnologias de modelagens paramétricas e de design digital, já utilizadas no meio profissional, passam também a influenciar a condução dessas disciplinas nos cursos de nível superior.

Entretanto, mesmo mais de vinte anos depois da entrada das tecnologias digitais na expressão gráfica e com a consolidação de seu uso como ferramenta profissional para engenheiros, arquitetos e designers, ainda restam dúvidas quanto ao uso de ferramentas tradicionais e digitais no ensino.

Essa monografia partiu, portanto, da inquietação de uma professora com a pergunta realizada por alunos de desenho técnico em um curso de engenharia de produção: "*porque utilizar ferramentas tradicionais (régua, esquadros, compasso) se existem os recursos dos softwares gráficos?*"

Nesta monografia, entende-se como desenho por meio de "ferramenta tradicional", aquele desenho construído no papel, realizado à mão livre ou por meio de réguas, compassos, esquadros, dentre outras ferramentas físicas de precisão; e como desenho por meio de "ferramenta digital", aquele desenho bidimensional (2D) e/ou tridimensional (3D) elaborado com a utilização de tecnologias computacionais, como *softwares* gráficos de projeto e modelagem.

Nas universidades brasileiras, de acordo com Sobral Filha e Barbosa (2013), como decorrência das reformulações das disciplinas de representação gráfica, o conteúdo do desenho técnico e de suas disciplinas teóricas de base vem sendo comprimido por novas regras curriculares, pela diminuição da carga horária das disciplinas afins, pela inserção das tecnologias computacionais, dentre outras questões. Contudo,

> *"projetar ainda faz parte do processo constitutivo do desenvolvimento tecnológico e na demanda do progresso, portanto não foi totalmente abolido do currículo do engenheiro, tendo este que ter conhecimento dos métodos de projeção e dos sistemas de representação da forma"* (SOBRAL FILHA; BARBOSA, 2013).

A entrada dos *softwares* gráficos computacionais na expressão gráfica tem percorrido um caminho de análises e reflexões na literatura (ANDRADE; AMORIM; PEREIRA, 1993; LUCAS, 2021; MARQUES; CHISTÉ, 2016; PIRES; SILVA, 2012; PIRES; BERNARDES, 2017) para a sua consolidação como uma ferramenta para o ensino dessas disciplinas.

Os trabalhos encontrados nas principais revistas de expressão gráfica brasileiras[1] discutem o uso do desenho à mão livre (AMARAL et al., 2019; CURTIS; ROLDO, 2015; JACQUES et al., 2008; PALHACI, 1999; ROCHA et al., 2015; SILVA et al., 2009), o uso de softwares gráficos de desenho e modelagem (ANDRADE; AMORIM; PEREIRA, 1993; BORGES; SOUZA, 2015; CELANI; VAZ; PUPO, 2013; LUCAS; FERREIRA, 2020; SANTOS; DIAS; BRAIDA, 2020; TEIXEIRA et al., 2015) e de novas tecnologias, como a prototipagem (CASTELAN; GOMEZ, 2017), no ensino de desenho técnico, mas o uso de ferramentas tradicionais (esquadros, réguas, compasso) é, em geral, pouco discutido, apesar de ainda ser utilizado em cursos de desenho técnico no ensino superior.

Em um relatório realizado pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro (ABRANTES; GRANADO, 2016), ao analisar as disciplinas de representação gráfica em cursos de engenharia de nove instituições de ensino superior[2] localizadas no Estado do Rio de Janeiro buscou-se entender, a partir das ementas das disciplinas de expressão gráfica (disponíveis no Anexo A), como essas instituições estruturam tais disciplinas com relação ao uso de ferramentas. Apesar do emprego de *softwares* gráficos ser consolidado na prática da Engenharia, as instituições analisadas ainda baseiam seus conteúdos em ferramentas tradicionais (ABRANTES; GRANADO, 2016).

O relatório frisa que as potencialidades dos diversos *softwares* existentes são inquestionáveis para o ensino, entretanto, percebe-se atuações automáticas ou robotizadas, denotando a falta de base teórica dos conceitos e fundamentos.

A partir das análises das ementas das instituições, o relatório (ABRANTES; GRANADO, 2016) aponta um diagnóstico do ensino da representação gráfica, que inclui as disciplinas de desenho básico, geometria descritiva e desenho técnico. Algumas das observações, que representam o momento em que o relatório foi gerado, são destacadas a seguir:

- Não são usados softwares específicos da Geometria Descritiva.
- Os professores dessas instituições reconhecem a importância das habilidades visuoespaciais[3] dos futuros engenheiros, principalmente relacionadas à leitura de Desenhos Técnicos Projetivos.

---

[1] Revista Brasileira de Expressão Gráfica, Revista Educação Gráfica e Revista Educa Online

[2] Os autores tratam cada campus da Universidade Estadual do Rio de Janeiro como uma instituição, somando ao todo nove instituições analisadas.

[3] As habilidades visuoespaciais são necessárias para a execução de diversas tarefas que envolvem a percepção e manipulação de informações espaciais (https://lndufmg.wordpress.com/projetos-realizados/cognicao-numerica/dificuldades-de-aprendizagem-na-matematica-e-habilidades-visuoespaciais-papel-principal-ou-coadjuvante/)

- O ensino da Geometria Descritiva possui foco na capacidade de se representar um objeto tridimensional, em vistas ortográficas, como base para o desenho técnico. Não são abordados os aspectos mais teóricos sobre ponto, reta e planos.
- O relatório constatou a importância do uso de modelos tridimensionais (modelos físicos) de peças no ensino da geometria descritiva.
- Não se observou a prática exclusiva de ensino apenas via computador (somente em uma universidade). Na maior parte das instituições, reforça-se a necessidade e a importância da prática de rascunhos ou croquis à mão livre. Observou-se também que o uso de ferramentas tradicionais de precisão (esquadros, compassos, réguas) não é valorizado, embora sejam utilizados em quase todas as instituições analisadas.
- O diagnóstico confirma a necessidade de os engenheiros aprenderem habilidades para se expressarem graficamente via mão livre, já que a prática profissional requer que o engenheiro elabore pequenos rascunhos e esboços.
- Nenhuma das instituições analisadas faz uso da impressão tridimensional (3D) como ferramenta de apoio aos desenhos feitos nas disciplinas de Representação Gráfica.

Das nove instituições analisadas, duas são universidades privadas e sete são públicas. Desse quantitativo, somente uma universidade, privada, possui o ensino da representação gráfica totalmente realizadas pelo computador. Em todas as outras, há a utilização das ferramentas tradicionais e computacionais, sendo predominante a quantidade de horas para o ensino com ferramentas tradicionais.

Essa proporção também pode ser um indicativo da diferença de recursos disponibilizados para a implantação de ferramentas computacionais. Nem sempre há investimento para compra de computadores com configurações compatíveis com as versões dos *softwares* gráficos disponíveis, principalmente nas universidades públicas.

Diante do que foi exposto, o objetivo desse estudo é averiguar quais são as características principais do ensino do desenho técnico com diferentes ferramentas (tradicionais e digitais), visando facilitar a tomada de decisão do docente quanto aos respectivos usos. Tem, portanto, como objetivos específicos:

1. Analisar a função comunicativa do desenho técnico entre o processo de projeto e a fabricação, compreendendo o impacto das ferramentas nesse caminho;
2. Investigar quais conceitos devem ser mobilizados para a elaboração de um desenho técnico;

3. Levantar os aspectos cognitivos inerentes à aprendizagem do desenho técnico.

Essa é uma pesquisa de caráter qualitativo e de cunho exploratório, realizada por meio de levantamento da bibliografia de referência a respeito do tema. Sua relevância para a área acadêmica está centrada na compreensão do impacto causado pelo uso das ferramentas, tradicionais e digitais, no aprendizado do desenho técnico com o intuito de orientar seus respectivos empregos.

Para compreender o papel das ferramentas na construção e, consequentemente, no ensino do desenho técnico, esta monografia parte do entendimento da função do desenho técnico no contexto de um projeto finalizado. No capítulo 1, foi analisado o papel comunicativo que o desenho técnico desempenha entre as etapas do projeto e da produção, utilizando o conceito de objeto intermediário desenvolvido por Vinck e Jeantet (1994). Sob esse ponto de vista, o desenho técnico é um objeto mobilizado para intermediar e comunicar o resultado da fase do desenvolvimento do projeto para a fase de fabricação. Tal objeto intermediário pode ser construído por diferentes recursos, sejam as ferramentas tradicionais de precisão, as de modelagens bi e tridimensionais, ou ainda por ferramentas de modelagem tridimensional e fabricação direta.

No capítulo 2, a partir do “tripé fundamental da representação gráfica” (GANI, 2020), os conceitos de teoria, técnica e ferramenta, que embasam a construção e a representação de um desenho técnico, são abordados. Embora sejam complementares no ato da representação gráfica, tais conceitos são distintos e uma definição clara de seus domínios, além da compreensão de como se relacionam, mostra-se interessante ao escopo deste estudo.

Em seguida, no capítulo 3, apoiados em uma perspectiva construtivista, são apresentados os aspectos cognitivos que impactam na aprendizagem do desenho técnico. Utilizamos como base a tese de Póla (2000), que busca compreender o desenvolvimento da percepção e da representação do espaço pelo indivíduo, a partir da teoria de Piaget e Inhelder, e a tese de Gomes (1999), que se apoia na teoria de campo conceitual e de esquemas de ação proposta por Vergnaud e na teoria da gênese instrumental trazida por Rabardel para compreender o aprendizado consecutivo ao uso de uma ferramenta.

Por fim, nas considerações finais apresentadas no capítulo 4, tem-se uma análise dos dados explorados, sintetizados em três pontos que exercem efeitos relevantes na escolha das ferramentas para o desenho técnico, destacando seus papéis para a construção e o ensino. Além disso, são levantadas possibilidades de aprofundamento desta pesquisa em trabalhos futuros.

1. DESENHO TÉCNICO COMO UM OBJETO INTERMEDIÁRIO DE PROJETO

Neste capítulo destaca-se a função comunicativa, entre o projeto e a produção, que o desenho técnico possui. Busca-se ampliar o entendimento do desenho técnico para além da conceituação mais conhecida: um desenho no plano bidimensional de um objeto tridimensional, a partir de múltiplas vistas ortográficas.

No processo de projeto de engenharia, de design ou de arquitetura, desde a solicitação inicial expressa em termos de função, tempo de vida e custo para a especificação da forma, dimensões, materiais e processos de produção, há um conjunto de passos ao longo do qual profissionais – com diferentes competências – e objetos (como desenhos, textos e ferramentas), provenientes de mundos diferentes, são mobilizados e envolvidos em inúmeras interações (VINCK; JEANTET, 1994).

Esses objetos, artefatos do processo, produções formais dos participantes do projeto são partes que compõem o mundo pelo qual o individuo se engaja no projeto (BUCCIARELLI, 1988) e que materializam as múltiplas interações entre os diferentes atores da empreitada. Como destaca Jeantet (1998), os projetistas criam, manipulam, discutem, interpretam, avaliam, compartilham e transformam textos, gráficos, cálculos, modelos, desenhos, maquetes, etc. a todo momento no projeto, ao ponto que, para compreender o processo de concepção, é necessário dar a esses objetos um lugar central.

O conceito de objetos intermediários de concepção surge, portanto, como uma forma de análise para compreender a atividade de projetar. São “traços e suportes da ação de projetar em relação a ferramentas, procedimentos e atores” (JEANTET, 1998) e, portanto, configuram-se como objetos capazes de mostrar como o processo de projeto foi construído, indicando quais ideias e soluções foram mobilizadas, quais ferramentas foram utilizadas e quais equipes e projetistas participaram.

O termo intermediário foi utilizado em seu sentido mais comum e neutro, para indicar que um objeto está localizado entre vários elementos, vários atores ou entre estágios sucessivos de trabalho (resultado intermediário), sem buscar qualificar como ele é (JEANTET et al., 2008).

Segundo Jeantet (1998), a ideia de objetos intermediários já foi explorada na sociologia das ciências por Bruno Latour (1989 apud JEANTET, 1998), depois por Dominique Vinck que lançou luz ao papel dos objetos intermediários no funcionamento das redes científicas (VINCK, 1992 apud JEANTET, 1998; VINCK, 1999), e em sociologia da inovação por Michel Callon, em seu artigo sobre as irreversibilidades em economia

(CALLON, 1991 apud JEANTET, 1998). Bruno Latour avançou na tese de que os objetos devem constituir um princípio epistemológico geral na sociologia (LATOUR, 1994 apud JEANTET, 1998) e Alain Jeantet e Dominique Vinck formataram o conceito no âmbito do projeto (JEANTET, 1998; VINCK, 2013; VINCK; JEANTET, 1994).

De acordo com Vinck (2013), a consideração dos objetos passa pelo conhecimento das pessoas e dos grupos (quem comanda, quem concebe, quem fabrica e quem utiliza), das suas lógicas de ação e de suas práticas. Segundo Vinck, por trás de cada elemento técnico, encontra-se um ou vários atores que se fazem de porta-vozes. Dessa forma, o propósito dos objetos intermediários é melhorar a troca, para permitir que os pontos de vista das diferentes profissões sejam expressos e que sejam feitos compromissos. Quando o projeto é compartilhado entre diferentes projetistas, a circulação desses objetos torna-se o local da construção (divisão e integração) da ação coletiva (VINCK; LAUREILLARD, 1995).

O suporte de definição de um produto para a fabricação, em uma lógica de concepção linear, se caracteriza principalmente pelo desenho técnico (desenho de montagem, de detalhamento, de fabricação etc.) (JEANTET et al., 2008). Contudo, Lavoisy e Vinck (1997) destacam que o desenho técnico não é somente uma linguagem em termos de representações de um objeto. Os autores o consideram como um meio de comunicação, um intermediário entre o projeto e a produção: um elo entre pessoas que devem de fato concordar em bases comuns. O desenho técnico é, portanto, uma linguagem utilizada em um contexto de produção industrial, mas também um objeto intermediário, “vetor de comunicação entre duas funções produtivas: o projeto e a fabricação” (LAVOISY; VINCK, 1997).

A separação entre a concepção e a fabricação é um marco da industrialização: com a ampliação da divisão do trabalho e a especialização das funções na organização industrial, o desenho não está restrito somente à sua função técnica, mas também é objeto de organização dentro das empresas, entre empresas e entre sistemas de produção: o desenho técnico é, portanto, um dos suportes dessa ação coletiva (LAVOISY; VINCK, 1997).

Para Lavoisy e Vinck (1997), o desenho técnico, ligado ao movimento de padronização de produtos, métodos e habilidades, impõe método, convenções e unifica as práticas e padrões de apresentação dos dados. É, portanto, um instrumento de coordenação organizacional e padronização de práticas.

> *“O desenho não é um objeto morto; além disso, só tem sentido na ação, no uso. É então efêmero e evanescente. Só existe porque é utilizado e depende de cada uso que dele se faz: ensino, coordenação, prescrição de uma ordem*

> *de produção, manutenção, demonstração e venda etc. Em uso, uma série de intermediários o tornam tangível ao mesmo tempo que o fazem existir de uma maneira diferente a cada vez. Sua própria materialidade é uma das mediadoras de sua presença* (Lavoisy e Vinck, 1997, p. 17, tradução nossa)[4]*."*

Com as abordagens mais integradas do projeto, o desenho técnico vem se tornando um elemento da descrição final do produto ou sistema. Surgiram, dessa forma, novos objetos intermediários: gráficos funcionais e estruturais, esboços, modelos virtuais 3D ou físicos, bancos de dados informatizados, dentre outros (JEANTET et al., 2008).

Os itens subsequentes visam apresentar o desenho técnico em suas diferentes maneiras de representação como objeto intermediário de projeto, envolvendo a comunicação entre o projeto e a fabricação.

1.1. O desenho técnico como objeto intermediário construído a partir dos instrumentos tradicionais

Uma vez que os instrumentais tradicionais são utilizados em um suporte plano de representação, a comunicação é feita por intermédio de projeções ortogonais. A Geometria Descritiva de Monge, formatada no século XVIII, orientou o sistema de representação em desenho técnico. Esse sistema compreende a representação bidimensional de um objeto tridimensional e pode incluir, além das projeções ortogonais, a representação por meio de perspectivas, que oferece uma visão tridimensional do objeto em um desenho único no plano (SOARES, 2007).

A representação gráfica de um determinado objeto deve ser clara, simples e convencional, de tal forma que a linguagem utilizada seja facilmente compreendida pelos técnicos que terão que utilizá-la na fabricação. As informações contidas nesses desenhos vão desde um esquema até um desenho de produção completo, com anotações, notas de fabricação, notas de montagem (SILVA *et al.*, 2013). O desenho técnico tem papel de destaque tanto na concepção como na fabricação e montagem de peças, nos desenhos de definição e nos desenhos de conjunto. Quando as projeções por vistas ortográficas, do sistema cilíndrico ortogonal, não são suficientes para atender as exigências de projeto, lança-se mão dos recursos, como mudança de planos de

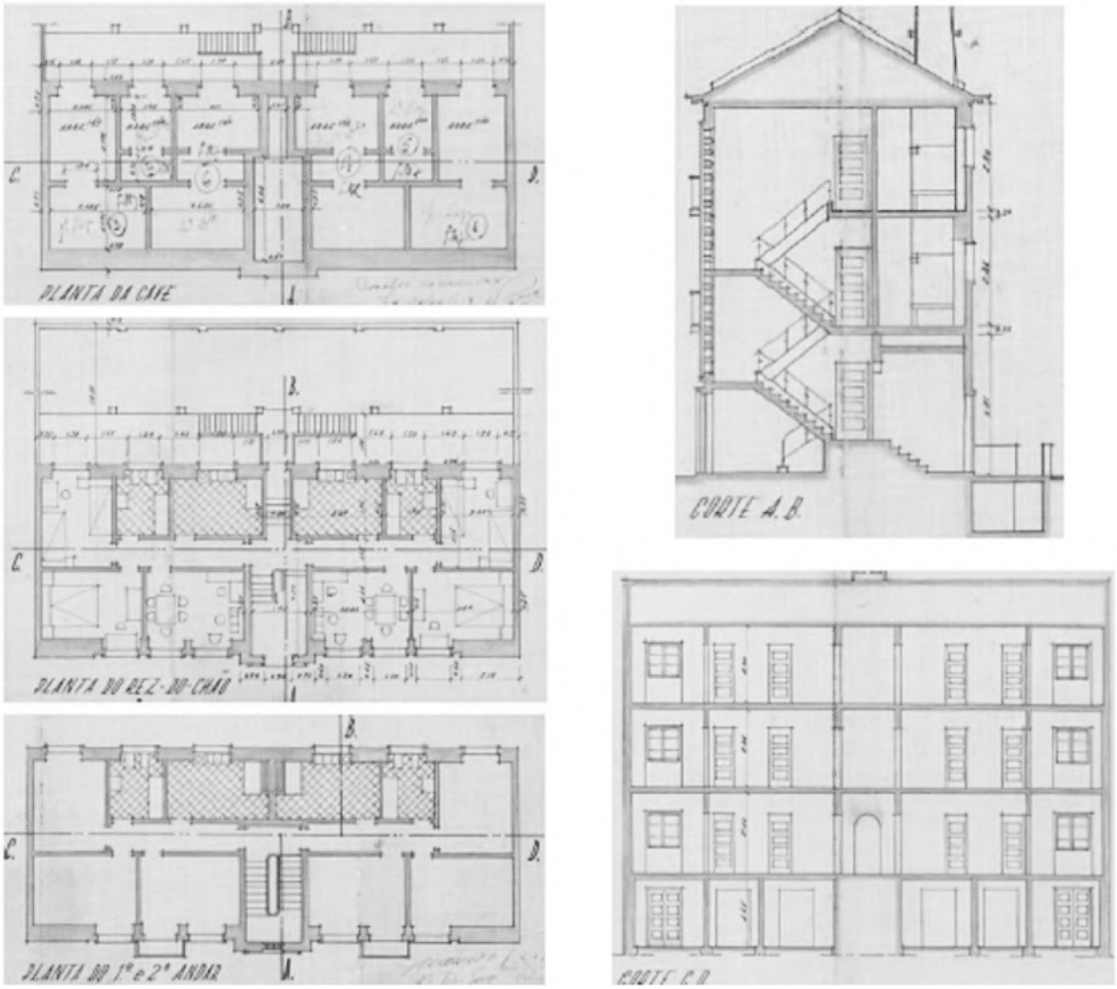
---

[4] *"Le dessin n'est pas un objet mort ; il n'a d'ailleurs de sens qu'en acte, em usage. Il est alors éphémère et évanescent. Il n'existe que parce qu'on l'utilise et dépend de chaque usage qui en est fait : enseignement, coordination, prescription d'un ordre de fabrication, maintenance, démonstration et vente, etc. En usage, une foule d'intermédiaires le rend tangible en même temps qu'elle le fait exister d'une manière chaque fois différente. Sa matérialité, elle- même, est un des médiateurs de sa présence"*.

projeção, rotação, rebatimento e estudo de seções (ULBRICHT, 1998 apud SILVA, 2001).

Antes do aparecimento dos computadores pessoais no início da década de 1980 e do lançamento de pacotes de projeto auxiliado por computador (CAD), quase todos os desenhos de engenharia e arquitetura eram executados manualmente, usando instrumentos como esquadros, réguas, compassos, etc (LEAKE; BORGERSON, 2015), como no exemplo da Figura 1.

Figura 1 – Exemplo de desenho técnico a partir de ferramentas tradicionais



Fonte: Google Imagens

Atualmente, apesar da digitalização dos sistemas de representação, Silva *et al.* (2013) destacam que os desenhos em papel ainda têm importância para documentação das fases do projeto em alguns sistemas produtivos, em particular para a fabricação, onde na maioria das situações são necessárias as vistas e todo um conjunto de informações complementares, como cotas, tolerâncias dimensionais e geométricas e acabamentos superficiais. Um exemplo dessa necessidade são indústrias pouco automatizadas, em que a documentação técnica por meio de papel é o principal meio de comunicação entre

setores de projetos e a fabricação. Outro exemplo são os canteiros de obra na construção civil que não possuem sistemas informatizados disponíveis para consulta dessa documentação.

O conhecimento da geometria, que formatou o desenho técnico ao longo do tempo, constituiu a base para representações e formatos de pensamento que orientou os movimentos dos projetistas e da própria criação dos softwares CAD. Dessa forma, a instrumentalização do desenho técnico se torna diferente e evolui ao longo do tempo com o avanço da tecnologia, mas sua base teórica continua fundamentada na geometria projetiva. Para Lavoisy e Vinck (1997), desenhar no papel não se opõe ao uso de um *software*, considerado atualmente como “mais significativo”.

1.2. O desenho técnico como objeto intermediário construído a partir da computação gráfica bidimensional

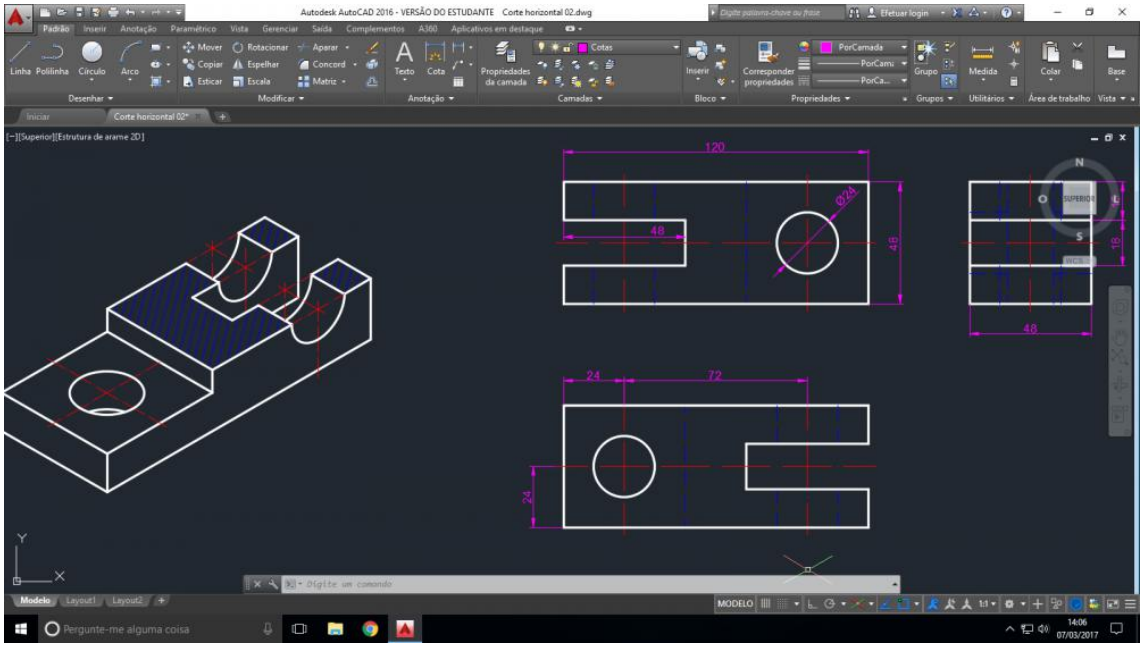
Em 1982, a empresa Autodesk lançou o AutoCAD, o primeiro programa de desenho baseado em gráficos vetoriais que utilizam elementos geométricos, como pontos, segmentos de reta, curvas e polígonos, para representar imagens. Por serem definidos matematicamente, podem ser manipulados e armazenados em bases de dados (LEAKE; BORGERSON, 2015).

O surgimento do Projeto Assistido por Computador ou o *Computer Aided Design* (CAD) tornou possível, cada vez mais rapidamente, mover o objeto representado, operar zooms, cortes, realizar simulações de movimento, permitindo vários tipos de representação (LAVOISY; VINCK, 1997).

De acordo com Silva *et al.* (2013), a utilização dos sistemas CAD baseava-se essencialmente na representação de projeções ortogonais com múltiplas vistas, substituindo o trabalho de desenho técnico em prancheta, com a possibilidade de se obter alguma informação adicional mais rapidamente a partir do desenho, como áreas, medições de elementos, dentre outros.

Houve uma mudança nas ferramentas, tais como pranchetas, materiais de desenho (esquadros, réguas, compassos, papeis), mapotecas, para pranchas de desenho técnico realizadas pelos softwares gráficos bidimensionais e salvos em arquivos de computador, conforme exemplo da Figura 2. Dessa maneira, permitiu-se maior agilidade nos projetos, mas não houve grandes mudanças em relação à função anterior, somente a evolução das ferramentas para a construção do mesmo tipo de objeto intermediário: o desenho técnico a partir de vistas ortogonais múltiplas e perspectivas.

Figura 2 – Exemplo de desenho técnico por vistas ortogonais confecionada no software Autocad 2D



(fonte: https://www.profissionalizecursos.com.br/cursos/projetista/)

1.3. O desenho técnico como objeto intermediário construído a partir da modelagem tridimensional e a geração automática de desenhos de vistas ortográficas múltiplas

Devido às demandas por produtos cada vez mais sofisticados e complexos na forma, resultado das possibilidades surgidas com novos materiais e processos de fabricação, os métodos tradicionais de desenhos para produtos industriais não conseguiram mais atender à velocidade e precisão exigidas. Nesse contexto, surgiram as condições adequadas para o aparecimento e aplicação de novas tecnologias computacionais ao processo de projeto (SOARES, 2007).

Na década de 1990, os sistemas CAD evoluíram para uma outra filosofia, baseada na representação paramétrica de modelos tridimensionais (3D), permitindo que toda a informação das peças individuais e de montagem de conjunto pudessem ser armazenadas, independente das dimensões envolvidas (SILVA *et al.*, 2013).

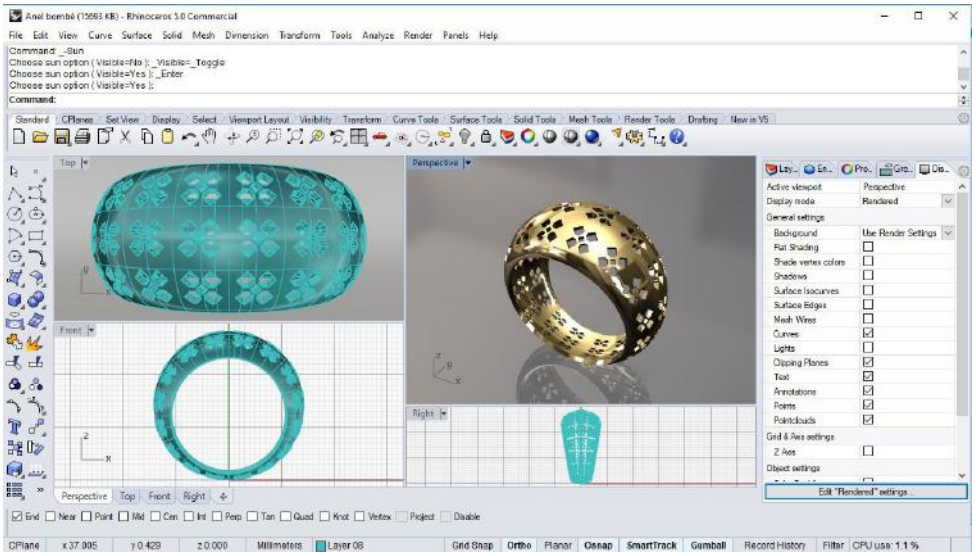
Com o acesso ao espaço virtual, foi possível desenhar objetos com as dimensões X, Y e Z da sua verdadeira geometria (SOARES, 2007). Os modelos passaram a ser mais detalhadamente representados, obtendo-se imagens das peças em qualquer posição e com diferentes efeitos de visualização (SILVA *et al.*, 2013), como observado na Figura

3. Estas imagens, geradas sobre os planos ortogonais principais da épura descritiva e do desenho técnico ou sobre qualquer outro plano, são possibilidades que abalam profundamente as técnicas de representação, pois significam o fim da trabalhosa sequência de traçados para a construção de cada vista do objeto (SOARES, 2007).

A partir da modelagem 3D, as imagens das vistas ortográficas são obtidas de forma automática, o que permite a representação de todos os detalhes sem que isso signifique mais tempo de trabalho de construção de desenhos (SILVA *et al.*, 2013). Com isso, deixa-se a tarefa de tradução da forma tridimensional para o sistema de representação ortogonal (o mesmo que é realizado com papel e instrumentos tradicionais) para o *software*, conforme o exemplo da Figura 4.

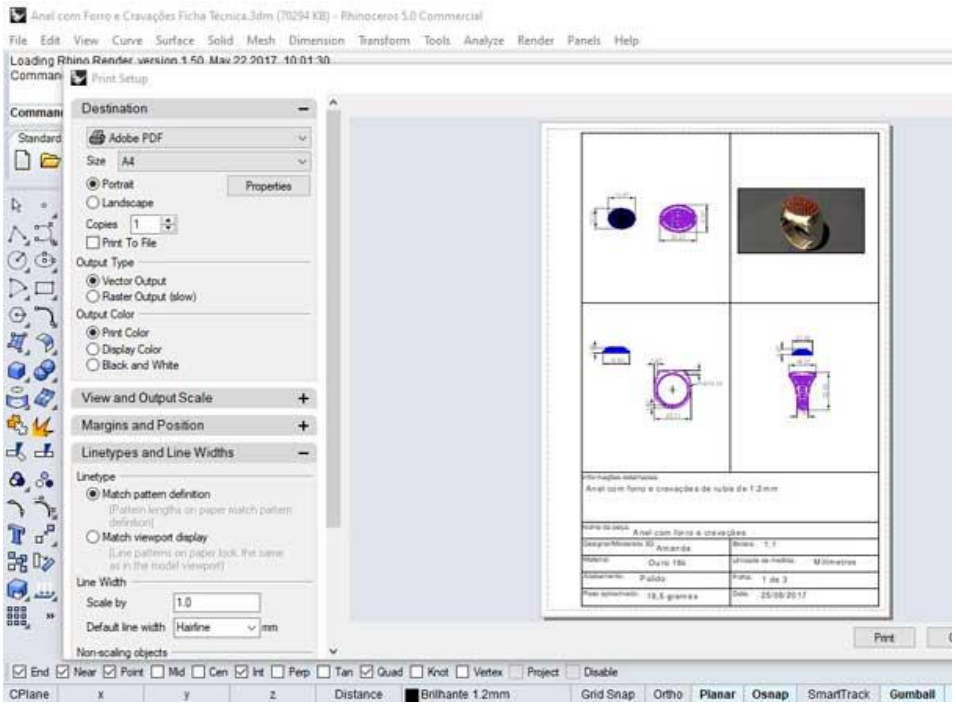
Esse processo de tradução automática agiliza o trabalho de construção de desenhos de vistas ortográficas múltiplas para o processo de fabricação, permitindo gerar com facilidade desenho de detalhes, cortes e seções. Contudo, verifica-se que a forma de comunicação entre o projeto e a produção ainda é a mesma tratada nos subitens anteriores: o desenho técnico por meio de vistas ortográficas.

Figura 3 – Jóia modelada no software Rhinoceros 3D



Fonte: https://www.joiascomrhinoceros.com/

Figura 4 – Vistas ortográficas, formatadas em folha de desenho técnico, geradas a partir de uma modelagem 3D no software Rhinoceros 3D



Fonte: https://www.joiascomrhinoceros.com/joalheiro-vantagens-usar-software-3d/

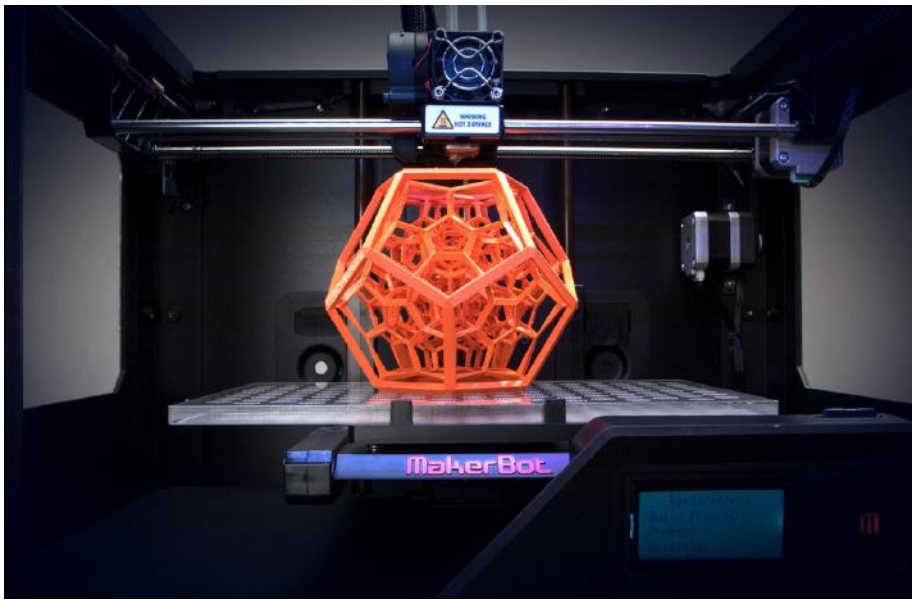
1.4. O desenho técnico como objeto intermediário construído a partir da modelagem tridimensional e a fabricação direta

Os sistemas CAD estão na gênese dos processos de fabricação direta (*Digital Fabrication*), constituindo o sistema de Fabricação Assistida por Computador ou *Computer Aided Manufacturing* (CAM). Máquinas que permitem automatização, como a maior parte das que usam o processo de corte por retirada de material (tornos, fresadoras, furadeiras), podem estar ligadas a um computador, configurando as Máquinas de Controle Numérico (CNC) (SILVA *et al.*, 2013).

Nesse caso, a fabricação depende de um modelo geométrico virtual, já que o equipamento de produção está relacionado diretamente com a modelagem do sistema CAD. Os programas CAD mais completos dispõem de módulos de ligação com as máquinas CNC, permitindo a realização de diversas operações de acordo com a sequência e os parâmetros definidos (CELANI; VAZ; PUPO, 2013; SILVA et al., 2013).

Outro exemplo importante que mostra a mudança da linguagem de comunicação do desenho técnico entre o projeto e a fabricação é a Manufatura Aditiva (MA), também conhecida como impressão 3D, conforme a Figura 5.

Figura 5 – Exemplo de impressora 3D



Fonte: https://perfisplasticos.blogspot.com/2016/09/3d-manufatura-aditiva-manufatura.html

A MA pode ser definida como um processo de fabricação por meio da adição sucessiva de material na forma de camadas, com informações obtidas diretamente de uma representação geométrica 3D, originado de um sistema CAD (VOLPATO, 2017). Portanto, não é mais necessária a documentação com representações de múltiplas vistas do objeto para a fabricação, já que o próprio modelo 3D gerado é a base para a fabricação.

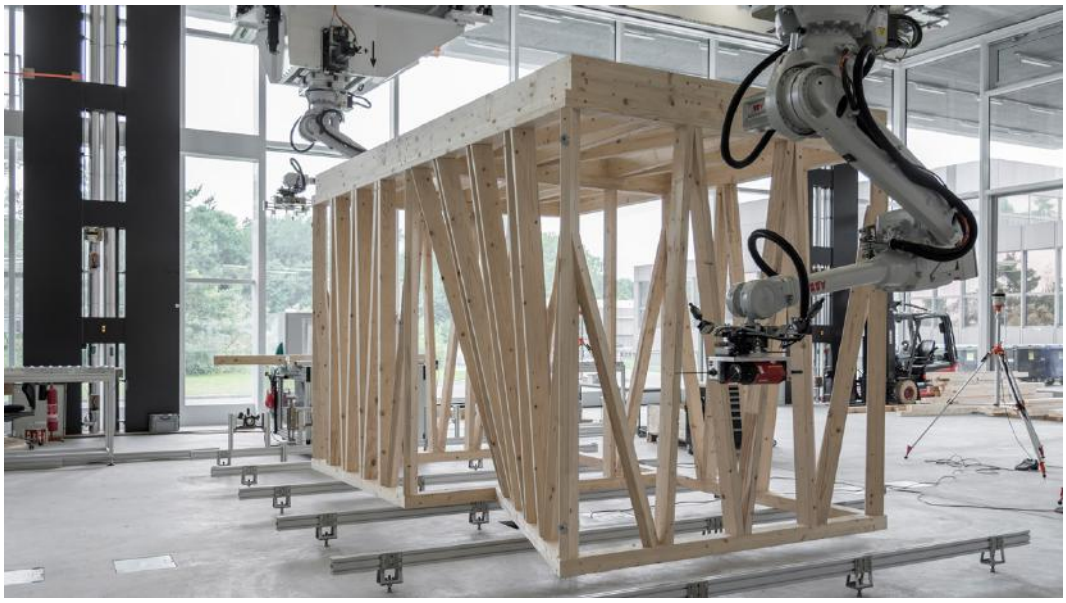
Os novos processos computacionais desenvolvidos para o projeto e para a fabricação também envolvem a arquitetura, com a fabricação digital por meio de robôs, além das já utilizadas máquinas CNC e impressoras 3D. Segundo Rohde (2018), os robôs utilizados para fabricação são capazes de realizar múltiplas tarefas e podem ser empregados diretamente no processo construtivo.

Essa nova possibilidade da arquitetura está ligada a novas abordagens de projetos arquitetônicos (chamados de arquitetura digital) baseados em conceitos matemáticos como o espaço topológico, superfícies isomorfas, cinemática e dinâmica do movimento, design paramétrico e algoritmos (KOLAREVIC, 2001), que não serão tratadas nessa monografia.

A Figura 6 apresenta um exemplo de fabricação digital na arquitetura, em que são utilizados robôs para edificar uma unidade residencial de três andares com estrutura de madeira em Dübendorf, Suíça. Uma equipe de pesquisa da Universidade ETH Zurich usa robôs programados para construir módulos de madeira de suporte de carga, para estabilizar os dois níveis superiores do projeto “DFAB HOUSE”. O objetivo do projeto é

reunir uma variedade de métodos de construção digital em uma única casa (OVERSTREET, 2018).

Figura 6 – Exemplo de fabricação digital na arquitetura: projeto SAM (Semi-automated Mason) da Universidade ETH Zurich, Suíça



Fonte: https://www.archdaily.com/891443/eth-zurich-uses-robots-to-construct-three-story-timber-framed-house?ad_source=search&ad_medium=search_result_all)

Os objetos intermediários podem ser considerados como recursos, localizados entre vários elementos, atores e etapas de trabalho, que funcionam como analisadores do processo de concepção. Por meio deles, é possível compreender o desenvolvimento de determinado projeto, porque indicam as decisões e soluções tomadas pelos atores participantes, quais foram as ferramentas utilizadas e quais as tecnologias foram empregadas.

Ao compreender o desenho técnico como um objeto intermediário, que possui a função de comunicar os resultados do projeto finalizado à fabricação, observa-se que a forma de construção do desenho técnico tem evoluído, a partir da evolução do ferramental e das técnicas empregadas.

A partir dessa perspectiva, pode-se pensar o desenho técnico como um objeto intermediário entre o ensino e o conteúdo a ser ensinado, levando em conta as várias maneiras de construção, com diferentes ferramentas, e os diferentes contextos em que o desenho técnico é empregado.

2. CONCEITOS MOBILIZADOS PARA A REPRESENTAÇÃO DO DESENHO TÉCNICO: TEORIA, TÉCNICA E FERRAMENTA

Para apresentar e discutir os conceitos que embasam a representação de um desenho técnico, utilizaremos como base o "tripé fundamental da representação gráfica" (GANI, 2020), que compreende: a teoria que a embasa, a técnica que permite a sua prática e as ferramentas que permitem a sua construção.

Esses conceitos, embora sejam complementares na construção da representação gráfica, são distintos. Compreender as respectivas definições mostrou-se, portanto, ser uma importante contribuição à elaboração de métodos de ensino eficientes para o desenho técnico e à escolha das ferramentas apropriadas ao seu uso.

Partindo de uma descrição mais geral dos conceitos por meio de três perguntas – o que é teoria? o que é técnica? e o que é ferramenta? – pretende-se caracterizá-los no contexto do desenho técnico e fornecer exemplos para a compreensão, nos subcapítulos 2.1 e 2.2, respectivamente.

- ***O que é teoria?***

Na antiguidade, surgem processos lógicos de raciocínio e de reflexão, identificando pensadores por suas realizações intelectuais: são, dessa forma, anunciadas as noções de teoria, ciência e de técnica (ALESSIO; SHIMIZU, 2001).

Teoria, do grego "*theoría*", aparece na Grécia do século VI a.C., como uma maneira de conhecer, contemplar, abstraindo "tudo o que não fosse essencial para a compreensão do que era pensado" (VARGAS, 1994 apud ALESSIO; SHIMIZU, 2001).

Para Alessio e Shimizu (2001), a concepção atual de teoria está relacionada com um "conjunto de proposições de teor nomotético[5] que, logicamente organizado, se desenvolve em raciocínios, viabilizando a descrição, a compreensão e a explicação da realidade objetiva". De acordo com os autores, a partir desse contexto, surge a ciência, que "é um sistema de saber simbólico, objetivo, teórico, explicativo da realidade pensada e experienciada, ou seja, da natureza e da cultura. A teoria na ciência moderna passa a ter vinculação com o objeto pesquisado e, portanto, com a experiência, ou experimentação, na relação direta de causa-efeito (PEREIRA, 1990).

[5] Nomotético - Diz-se de método ou disciplina que formula ou trata de leis gerais para o entendimento de um determinado evento, circunstância ou objeto (definição de Oxford Languages).

- ***O que é técnica?***

A ciência moderna, a partir do Renascimento, possui uma via teórica e uma via prática, sendo o resultado da conjugação das duas. É um sistema simbólico para o conhecimento da natureza e da cultura, objetivamente válido (ALESSIO; SHIMIZU, 2001). Entretanto, a separação entre teoria e prática não existe de modo absoluto. A teoria apresenta um lado de abstração, que é o aspecto teórico da prática, mas não se prende, caminha junto com a prática em busca de uma unidade (PEREIRA, 1990). Os conceitos se encontram entrelaçados, possuem uma relação estreita, o que pode dificultar a compreensão de suas definições em separado.

Ao analisar o conceito de tecnologia, Ruy Gama (1986) tece definições sobre técnica, que é um dos elementos que a compõe. O conceito de técnica, na visão de Gama, é caracterizado por

> *(...) um conjunto de regras práticas para fazer coisas determinadas, envolvendo a habilidade do executor e transmitidas, verbalmente, por exemplo, no uso das mãos, dos instrumentos e ferramentas e das máquinas. Alarga-se frequentemente o conceito para nele incluir o conjunto dos processos de uma ciência, arte ou ofício, para obtenção de um resultado determinado com o melhor rendimento possível (GAMA, 1986, p. 30).*

Tecnologia, portanto, é o estudo e o conhecimento científico da técnica, compreendendo o estudo sistemático dos instrumentos, das ferramentas e das máquinas empregadas nos diversos ramos da técnica (GAMA, 1986). Para Ruy Gama, a tecnologia implica na "aplicação dos métodos" das ciências físicas e naturais e na comunicação desses conhecimentos pelo ensino técnico. Com isso, Gama reforça a relação intrínseca entre os conceitos quando diz que há uma teoria científica na técnica, que por sua vez faz uso de ferramentas para ser aplicada na execução de um objeto.

- ***O que é ferramenta?***

Uma ferramenta pode ser caracterizada como um artefato. A noção de artefato designa qualquer coisa que tenha sofrido uma transformação de origem humana, ainda que mínima e não está restrita somente ao significado de coisas materiais (objetos), mas também pode englobar sistemas simbólicos (RABARDEL, 1995).

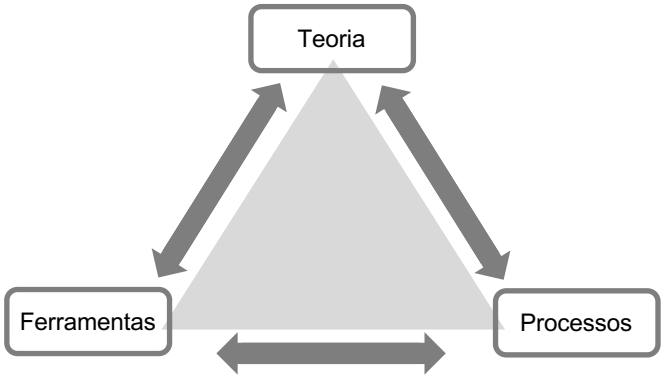
De acordo com Rabardel (1995), o termo artefato é um objeto, material ou não, que é projetado para um uso qualquer, como uma ferramenta de marcenaria, um sistema de

produção, um software de computador. Os artefatos podem ser adaptados e desenvolvidos para se encaixar em diferentes atividades finalizadas. Dessa forma, o artefato encarna uma solução para um problema ou uma classe de problemas socialmente colocados.

2.1. Teoria, técnica e ferramenta na representação gráfica

Identificados por Gani (2020) como "tripé fundamental da representação gráfica", os conceitos de teoria, processos (ou técnica) e ferramentas devem estruturar o ensino do desenho técnico. Para compreender cada conceito contido nos vértices desse tripé (Figura 7), replicaremos as mesmas perguntas realizadas anteriormente, agora com o foco no desenho técnico.

Figura 7 – Tripé Fundamental da Representação Gráfica (GANI, 2020)



- ***O que é teoria para o desenho técnico?***

Historicamente, a industrialização impulsionou o surgimento do Desenho Técnico, que aliou os conhecimentos do desenho geométrico com os das geometrias projetiva e descritiva para compor uma linguagem visual de caráter técnico e universal que atendesse às demandas da recém-nascida revolução industrial (SOARES, 2007). Soares destaca que a teoria do desenho técnico está centrada na geometria descritiva postulada por Gaspard Monge: é a geometria "mongeana" que viabiliza a compreensão e a explicação dos problemas caracterizados pela representação de um objeto tridimensional em um plano bidimensional.

Sob esta ótica, a geometria descritiva serve à resolução de problemas por meio, exclusivo, de representações planas de objetos tridimensionais, ou ainda, de projeções ortogonais desses objetos realizadas sobre planos perpendiculares entre si.

No entanto, há autores que apresentam outro entendimento da geometria descritiva, considerando-a como um método de resolução de problemas e de descobertas em geometria plana e espacial, independente do suporte em que é representado (GANI, 2015).

> *A geometria descritiva "abrange a compreensão da situação tridimensional, a elaboração de um plano de ação, a execução deste plano considerando o suporte de representação e o retrospecto daquilo que foi feito consolidando, assim, o conhecimento adquirido"* (GANI, 2015).

No primeiro entendimento, a geometria descritiva serviria de base para o desenho técnico como objeto intermediário construído a partir do instrumental tradicional (como apresentado no subcapítulo 1.1) e da computação gráfica bidimensional (subcapítulo 1.2). Entendemos que autores que concebem a geometria descritiva sob este ponto de vista tendem a considerá-la obsoleta diante da modelagem e fabricação 3D, atribuindo à geometria espacial a função de fundamentação teórica às novas tecnologias.

No segundo entendimento, a geometria descritiva é também a base das outras duas modalidades de desenho técnico como objeto intermediário que consideram a modelagem tridimensional do objeto (apresentados nos subcapítulos 1.3 e 1.4). Neste caso, a geometria descritiva é a ciência que estabelece as relações entre os elementos geométricos abstratos (ponto, linha e superfície) que servem à representação dos objetos em qualquer meio.

- ***O que é técnica para o desenho técnico?***

A técnica (ou o processo) para o desenho técnico é o caminho percorrido para se alcançar a solução de uma representação. De acordo com Gani (2016), esse roteiro depende da ferramenta disponível, podendo ser mais longo ou mais imediato em função do caráter mais ou menos rudimentar do equipamento.

Entretanto, conforme a autora destaca, independente da técnica adotada para se realizar a representação de um desenho técnico, a teoria responsável pela aquisição do resultado é a geometria. A teoria é constante e não muda com o uso de diferentes técnicas e ferramentas. O que muda é o roteiro, ou a sequência de procedimentos, mas sempre fundamentado na geometria.

- ***O que é ferramenta para o desenho técnico?***

As ferramentas para o desenho técnico englobam os diferentes objetos de precisão que podem ser utilizados para a construção de sua representação. Nessa pesquisa, utilizaremos como base as seguintes ferramentas:

- ferramentas tradicionais para mão livre, incluindo lápis, canetas e papéis;
- ferramentas tradicionais de precisão, incluindo réguas, compassos e esquadros, além de lápis, canetas e papéis;
- ferramentas digitais 2D, incluindo programas (*softwares*) voltados para representação bidimensional do desenho técnico por meio do computador;
- ferramentas digitais 3D, incluindo programas voltados para modelagem digital tridimensional do desenho técnico por meio do computador;

Destaca-se que as ferramentas digitais são compostas por uma série de outras ferramentas. Um software 2D ou 3D é formado por diversas ferramentas de elementos e de construções geométricas.

Gani (2020) enfatiza que a ferramenta utilizada é determinante na escolha do procedimento que deverá ser seguido no intuito de alcançar o objetivo da representação gráfica. Segundo a autora, uma vez que esses recursos vêm sofrendo constantes implementações, surge a necessidade de o ensino não se concentrar em uma técnica ou ferramenta específica, mas permear o tripé fundamental da representação gráfica.

2.2. Exemplos

Para dar maior clareza na identificação e na inter-relação dos conceitos de teoria, técnica e ferramenta na representação gráfica, dois exemplos, um bidimensional e um tridimensional, serão apresentados e discutidos a seguir.

2.2.1. Exemplo 1: construção dos elementos geométricos de um desenho técnico 2D

Tomando como exemplo a representação gráfica da cadeira Barcelona, criada em 1929 pelo arquiteto Ludwig Van der Rohe para a Exposição Universal de Barcelona (Figura 8), faz-se a análise da sua estrutura geométrica para realizar a representação gráfica em um desenho técnico bidimensional.

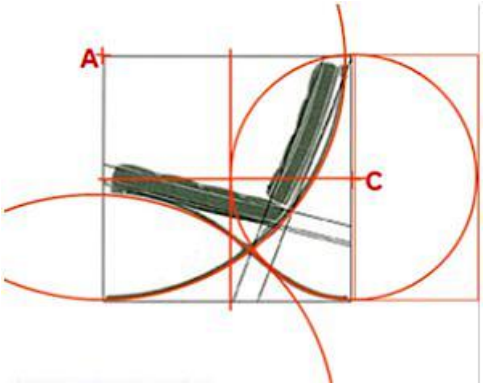
Figura 8 – Cadeira Barcelona

Fonte: https://www.facebook.com/AmiraGadouraArchitect/photos/pcb.6395954080479312/6395930853814968/?type=3&theater

De acordo com Voitille (2013), a construção geométrica da cadeira é feita a partir do posicionamento de circunferências, demonstrado graficamente na Figura 9, a saber:

> *"A curva primária das costas da poltrona e da perna frontal são formadas por uma circunferência com raio idêntico ao quadrado, cujo centro é o ponto A. A curva da circunferência original é repetida (...) com uma circunferência idêntica, com centro no ponto B. Uma outra circunferência, cujo raio é a metade do primeiro, define a perna posterior, com centro em "C".*

Figura 9 - Análise dos elementos gráficos para a construção bidimensional da cadeira Barcelona

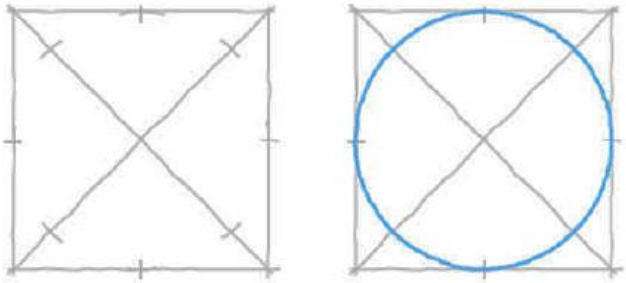


Fonte: https://www.cliquearquitetura.com.br/artigo/poltrona-barcelona.html

O elemento geométrico que estrutura a representação é a circunferência de círculo, que por definição, é o lugar geométrico dos pontos de um plano que equidistam de um ponto fixo. O ponto fixo é o centro e a equidistância é o raio da circunferência (SANTOS; BIANCHINI, [S.d.]).

O desenho de uma circunferência de círculo, MÂO, conforme a Figura 10. O uso deste recurso, ou de outros similares, tem como fundamento a própria definição da figura. Argumenta-se que a noção de equidistância é reforçada pelo processo.

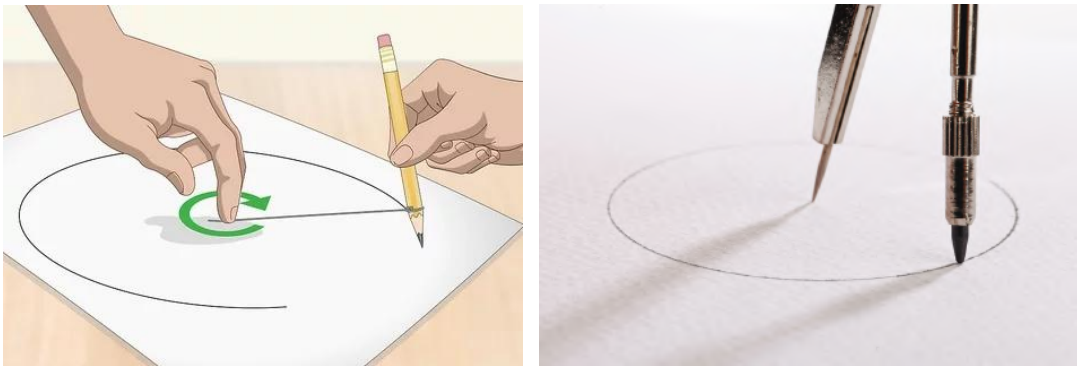
Figura 10 – Construção de círculo à mão livre



Fonte: Google Imagens

Acrescentando-se uma ferramenta, pode-se utilizar um barbante ou um compasso, que possuem o mesmo princípio de uso. Com o barbante, prende-se uma das extremidades no ponto que será o centro da circunferência e, ao girar o lápis preso na outra extremidade, observa-se a construção da circunferência. Da mesma forma, só que com maior precisão, posiciona-se a ponta seca do compasso no ponto que será o centro do círculo e gira-se a ponta de grafite do compasso, como mostra o esquema da Figura 11. Observa-se a construção da circunferência no papel a partir de uma ferramenta mais elaborada, mas que demonstra os mesmos conceitos trazidos pelo barbante. O processo tanto com o barbante, quanto com o compasso, evidencia o movimento de rotação e a equidistância dos pontos ao centro, como no exemplo anterior.

Figura 11 – Construção de círculos com barbante

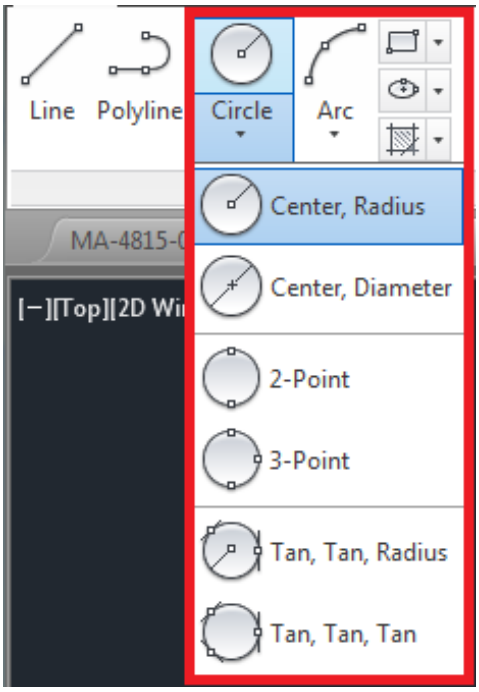


Fonte: https://pt.wikihow.com/Desenhar-um-Círculo

Ao utilizar uma ferramenta digital, o Autocad 2D, as circunferências são construídas a partir do comando “círculo” ou “*circle*”, como mostra a Figura 12. Pode-se construir circunferências a partir de diferentes de dados (a partir da localização do centro e da

medida do raio; da localização do centro e da medida do diâmetro; da localização de três pontos; dentre outras). Mantendo os parâmetros utilizados nos exemplos anteriores, usaremos a ferramentas de construção de circunferências dados o centro e o raio. Neste caso, a circunferência não é construída gradativamente, ela surge por inteiro ocultando a ideia do movimento de inúmeros pontos equidistantes de um ponto fixo, o centro. O processo está escondido pela ferramenta.

Figura 12 – Construção de círculos a partir do software Autocad 2D



Fonte: A autora

Independente do tipo de ferramenta utilizada, o conceito teórico por traz da construção é a geometria. Com as ferramentas tradicionais, ao visualizar a construção da circunferência à mão livre, com o barbante ou com o compasso, fica mais evidente para o aluno o conceito que fundamenta essa construção (pontos equidistantes de um ponto fixo).

Quanto mais complexa a ferramenta, como as digitais, mais oculto pode se tornar o conceito geométrico. A teoria fica escondida, encapsulada pelo apertar de um botão e pela definição das variáveis solicitadas pelo programa computacional.

Apesar dos ganhos na precisão do traçado, no tempo de construção, dentre outras vantagens, corre-se o risco de transformar a construção do desenho em um passo a passo mecânico, com a utilização de comandos, de forma automática, no ensino.

Contudo, o mesmo pode ocorrer com as ferramentas tradicionais, caso os conceitos geométricos não sejam utilizados como base para a aprendizagem.

A teoria parece ficar menos evidente com as ferramentas digitais, mas independente disso, pode ser ressaltada pelo professor. No uso do compasso, mesmo que o professor não chame a atenção para o conceito de lugar geométrico no momento da execução, o aluno está observando o movimento de rotação, mantendo a distância do centro, acontecer. Na ferramenta digital, se o aluno não for alertado quanto a essa propriedade da circunferência, dificilmente irá perceber isso sozinho.

A dependência da ferramenta, seja tradicional ou digital, sem a compreensão do conceito geométrico pode ser fator limitante em um cenário de constante evolução tecnológica, com a criação de novas ferramentas. Quando se conhece a teoria, adapta-se a técnica para a ferramenta que será utilizada.

2.2.2. Exemplo 2: modelagem de um objeto geométrico em um programa digital 3D

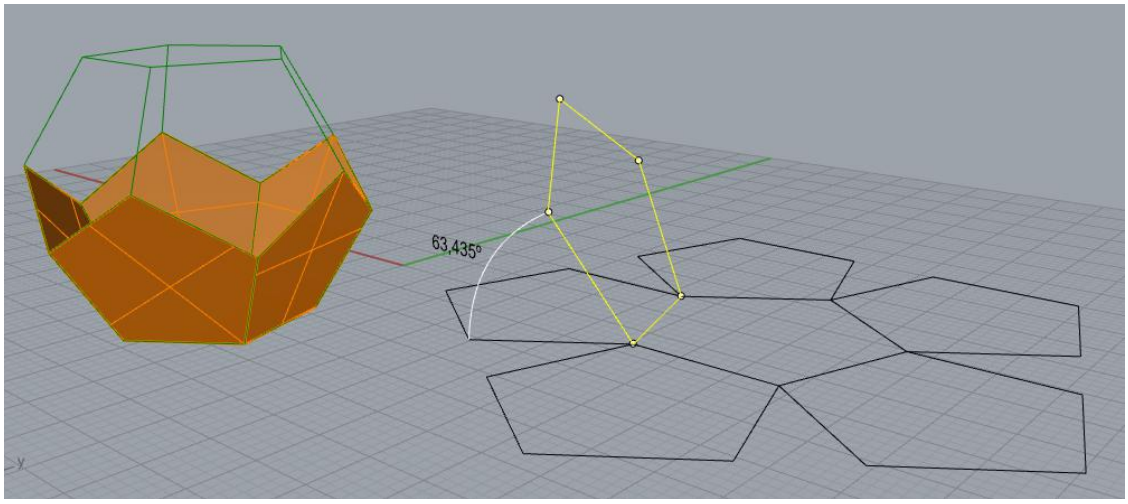
Com relação à modelagem tridimensional, podemos tomar como exemplo a construção de um sólido de Platão no Rhinoceros 3D, o dodecaedro regular, realizada como proposta de exercício pelo professor Dr. Alvaro Rodrigues de Lima, para a disciplina de Modelagem Digital Tridimensional (Especialização em Técnicas de Representação Gráfica). Entende-se que um sólido platônico ou poliedro regular é um poliedro convexo em que todas as faces são formadas por polígonos regulares e congruentes. Além disso, de todos os vértices partem o mesmo número de arestas e, portanto, os ângulos poliédricos são congruentes (IME-UNICAMP, [s.d.]).

Apesar da variedade de comandos para a construção de sólidos disponíveis no Rhinoceros, não existe uma ferramenta própria para a construção do dodecaedro. Composto por 12 faces pentagonais, é necessário conhecer o ângulo em que essas faces se encontram no espaço para formar o sólido.

É possível iniciar a construção com a planificação de 6 pentágonos de uma das calotas poliédricas do dodecaedro para, a partir disso, rotacioná-los com um ângulo de 63,435º, formando a primeira parte do sólido, como pode ser visto na

Figura 13.

Figura 13 – Construção do dodecaedro a partir da definição do ângulo 63,435º



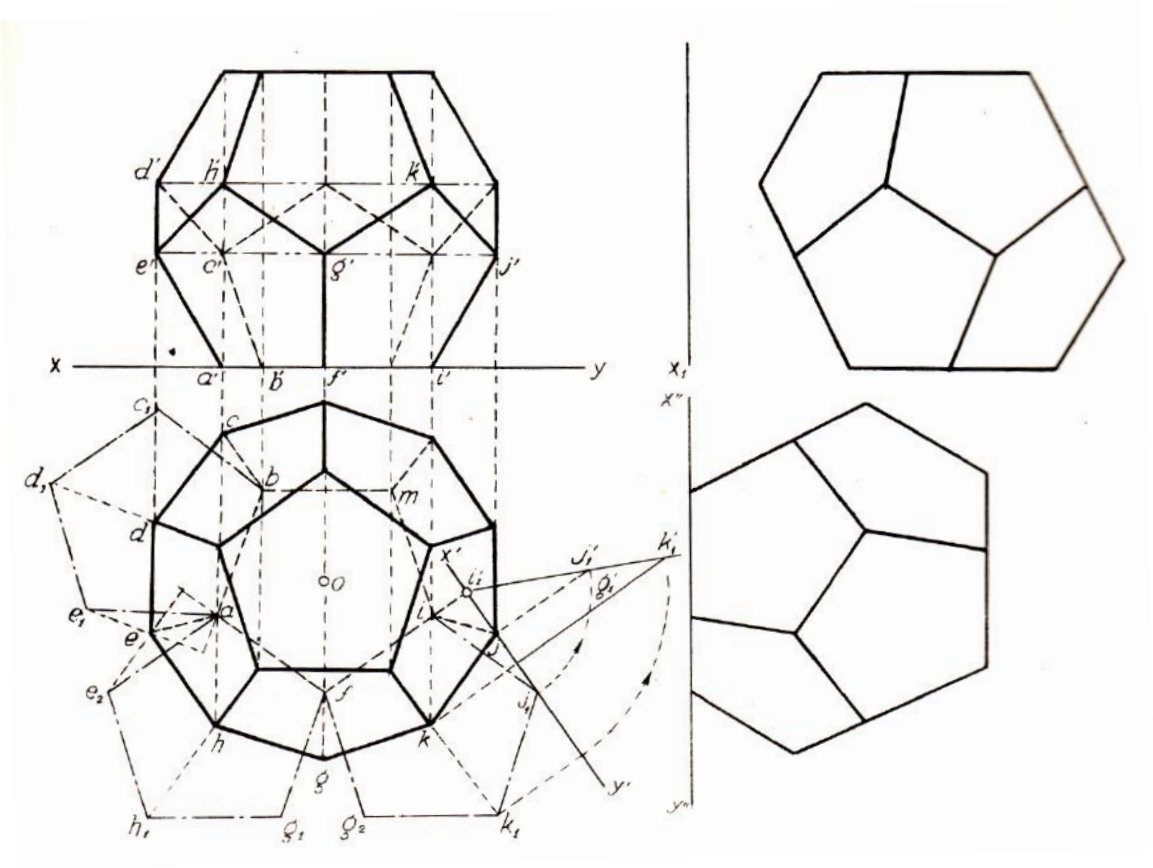
Fonte: a autora

Para representar o dodecaedro regular, sem conhecer ao ângulo ou outros valores algébricos, pode-se recorrer ao raciocínio geométrico gráfico, buscando compreender o movimento de rotação feito em duas faces consecutivas planificadas até que suas arestas coincidam. Rodrigues (1961) descreve este movimento na dupla projeção fazendo o giro em torno das arestas **ab** e **af** para determinar as projeções **e** e **e'** do ponto em que $\mathbf{e_1}$ e $\mathbf{e_2}$ (vértices das faces rebatidas) deverão se encontrar, conforme a Figura 14.

Fazendo no Rhinoceros o mesmo procedimento demonstrado por Rodrigues (1961), como mostra a Figura 15, é possível achar o encontro das duas arestas dos pentágonos no espaço. A diferença é que no programa de modelagem 3D a reta vertical é levantada diretamente da projeção horizontal do ponto "**e**" e o ponto de encontro dos vértices é determinado pelo giro da aresta no espaço 3D, sem a necessidade da segunda projeção.

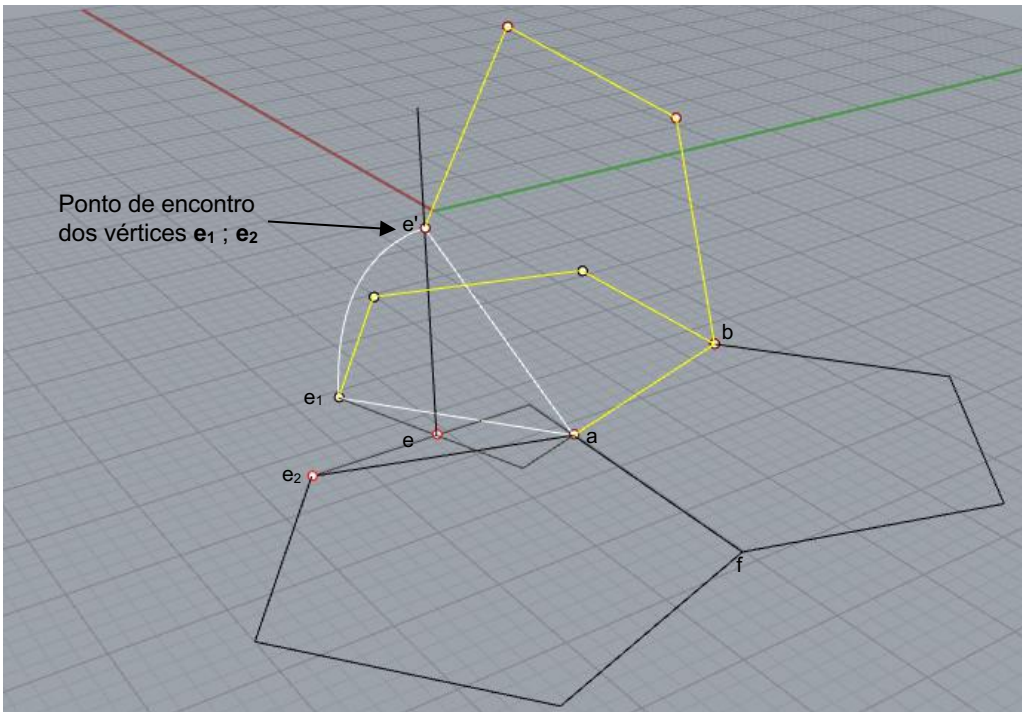
O exemplo da construção do dodecaedro mostra que, independente da agilidade e precisão dos programas computacionais, a teoria geométrica é necessária para uma utilização profícua. É comum o pensamento de que o domínio das ferramentas contidas no software gráfico é o suficiente para que o usuário seja capaz de representar qualquer configuração. Contudo, para compreender como ocorre e como executar uma representação gráfica, é necessário conhecer os conceitos geométricos que fundamentam a sua construção.

Figura 14 – Construção do dodecaedro regular: determinação gráfica do ângulo de rotação das faces.



Fonte: Rodrigues (1961)

Figura 15 – Construção do dodecaedro no Rhinoceros utilizando a base da geometria descritiva



Fonte: a autora

3. ASPECTOS COGNITIVOS NA APRENDIZAGEM COM O USO DE INSTRUMENTOS

Para compreender melhor sobre os pontos significativos da aprendizagem do desenho técnico por meio de diferentes ferramentas, essa pesquisa se apoia na teoria construtivista de aprendizagem com foco na geometria, trabalhadas nas teses de Póla (2000) e Gomes (1999). Dessa forma, o objetivo neste capítulo é trabalhar dois aspectos do ensino do desenho técnico. O primeiro está relacionado à noção de visualização espacial necessária para a compreensão da geometria espacial e do desenho projetivo. O segundo está relacionado com a aprendizagem consecutiva de conceitos a partir de diferentes ferramentais.

Póla (2000) utiliza a abordagem pedagógica construtivista para desenvolver e avaliar um sistema de aprendizagem multimídia interativo sobre a geometria descritiva. Para responder questões em torno das dificuldades do ensino e da aprendizagem da geometria descritiva, como “a falta de visão espacial e dificuldade em entender as regras e as convenções de projeção”, Póla se apoia na teoria proposta por Piaget e Inhelder (1948) sobre o desenvolvimento cognitivo da criança, especificamente sobre a percepção e a representação do espaço.

Gomes (1999) descreve um modo de análise da ação com artefatos computacionais e da aprendizagem a partir da teoria construtivista de cognição. O autor parte das

definições de conceito e de esquema de ação propostos por Vergnaud (1990; 1985) e da definição do conceito de instrumentos proposto por Rabardel (1995) para definir um novo modelo que relacione artefatos e esquemas mentais e que permita analisar a aprendizagem de um conteúdo específico.

Apesar dos autores basearem suas pesquisas em campos de aplicação diferentes do proposto nessa pesquisa (Póla discute a visualização espacial para a geometria descritiva e Gomes para o desenho geométrico), os conceitos mobilizados podem ser extrapolados e refletidos também para o desenho técnico, foco dessa monografia.

Para decidir a respeito de qual ferramenta utilizar no ensino (digital ou tradicional) é preciso pensar nas habilidades que devem ser desenvolvidas no aluno e como as ferramentas podem contribuir para a compreensão dos conceitos geométricos. Embora as ideias de Póla sejam voltadas para a compreensão da situação espacial a partir de representações projetivas, as considerações da autora fornecem elementos que nos ajudam a relacionar a teoria, a técnica e a ferramenta com as referidas habilidades. Já em Gomes, pode-se compreender como ocorre a evolução da aprendizagem dos conceitos mediante a ação com os artefatos.

3.1. Desenvolvimento da visualização e da representação espacial

De acordo com Piaget e Inhelder (1948), a percepção do espaço envolve uma construção gradual e não está consolidada desde o início da evolução mental. Essa construção progressiva das relações espaciais continua em dois planos muito distintos: o plano perceptivo ou sensório-motor e o plano representativo ou intelectual.

Para Piaget e Inhelder (1948), a construção das relações espaciais ocorre ao longo de diferentes períodos do desenvolvimento sensório-motor, do nascimento até o início da construção do espaço representativo, a partir dos dois anos. Póla (2000) exemplifica que a criança nessa fase inicial é capaz, por exemplo, de perceber formas geométricas como círculos ou quadrados muito antes de poder reconstruir essas mesmas formas usando o pensamento representativo.

Higele (1985, p.124 apud Póla, 2000), ao resumir a evolução dos estágios da construção do espaço representativo em Piaget, indica que três tipos de compreensão do espaço são construídos:

- <u>Espaço topológico,</u> que leva em consideração as relações qualitativas de uma determinada figura, como as características de vizinhança (em relação à proximidade dos diferentes elementos percebidos); de envolvimento (que implica a compreensão,

por exemplo: em uma linha, um ponto pode estar entre dois outros pontos); de separação (mesmo que dois elementos vizinhos se interpenetrem, eles estão dissociados); de sucessão e de continuidade. A criança neste nível não leva em conta, no nível da representação, os caracteres métricos e projetivos, enquanto no nível perceptivo os discrimina muito bem.

- Espaço projetivo, que permite a coordenação de pontos de vista: o sujeito pode situar os objetos em relação uns aos outros ou em relação a si mesmo. O domínio deste espaço é necessário, em particular, para colocar em um mesmo plano elementos localizados em planos diferentes.

- Espaço euclidiano, baseado na noção de distância que resulta na aquisição de um sistema de coordenadas. A criança que dominar este espaço, considerará duas figuras como equivalentes apenas por causa de sua igualdade dimensional.

Os espaços topológicos, projetivos e euclidianos gradualmente dominados pela criança de seis ou sete anos não são independentes. O espaço e as relações topológicas constituem o ponto de partida e os espaços euclidianos e projetivos podem ser traduzidos um no outro: há um constante entrelaçamento da consideração dos três espaços na noção única que a criança tem do espaço representativo em que está situada e em que situa os objetos (DUCRET, [s.d.]).

De acordo com Ducret ([S.d.]), para controlar os movimentos de um objeto no espaço, é necessário referenciá-los a um sistema fixo de coordenadas. Além disso, a nossa intuição euclidiana do espaço é fortemente estruturada pelo sistema natural adquirido no nível da ação e composto pelas três dimensões: topo-base, frontal-posterior e esquerda-direita.

A geometria projetiva diz respeito às modificações das formas e das relações que vêm tanto da mudança de ponto de vista em relação aos objetos, quanto da projeção da forma desses objetos em um plano (DUCRET, [s.d.]). Portanto, representar um objeto por uma imagem mental ou representar por um desenho é tomar consciência ao mesmo tempo do ponto de vista a partir do qual ele é percebido e das transformações decorrentes da intervenção desse ponto de vista (PÓLA, 2000).

Para Póla (2000), a geometria descritiva, disciplina que tradicionalmente deu origem ao desenho técnico por meio de vistas ortográficas, baseia-se nas projeções de objetos. Para compreendê-la totalmente, o aluno deve ter construído corretamente o espaço projetivo. Dessa forma, de acordo com a autora, durante o desenvolvimento destes diferentes espaços, o aluno poderá utilizar as capacidades intelectuais que aplicará na resolução de problemas de geometria descritiva ou de exercícios de desenho técnico.

Esses exercícios consistem na construção de um esboço ou vista, seja de uma perspectiva ou de duas vistas ortogonais.

> *"Uma das fontes de dificuldades para os alunos aprenderem desenho técnico e pode-se dizer também geometria descritiva, é que toda uma parte do ensino do desenho tem sido negligenciada, nomeadamente a que diz respeito à aprendizagem da linguagem gráfica, com o seu código e normas, sua morfologia e sintaxe. Reconhecer uma série de sinais, regras e normas que o aluno deve assimilar não é suficiente. A leitura de um desenho como sendo uma linguagem, a expressão de um pensamento, requer o uso de capacidades mentais diversas, contribuindo para percursos intelectuais de análise e síntese"* (PÓLA, 2000, p. 26, tradução nossa)[6].

Para que o aprendizado do desenho técnico seja efetivo, não basta ensinar somente as regras e convenções de construções geométricas sem entender a maneira como a compreensão do espaço representativo é construída pelo indivíduo. Entende-se que, além de considerar os aspectos sociais e culturais do aluno, é também importante basear o conteúdo em metodologias fundamentadas pela teoria construtivista que permitam que o aluno desenvolva as habilidades necessárias para a compreensão da geometria.

Póla (2000) faz um levantamento dos princípios[7] que precisam ser considerados para a criação de uma metodologia que permita aos alunos superar as dificuldades de leitura do desenho técnico e construir as operações necessárias para a sua representação:

- Centrar no estudante, que deve participar de maneira ativa da construção do seu próprio conhecimento, tentando descobrir de forma autônoma o caminho que permite passar do enunciado à solução.
- Realizar um diagnóstico preliminar das capacidades dos estudantes. Dessa forma será possível conhecer o nível de conhecimento dos alunos e definir o ritmo da aprendizagem.
- Controlar as operações projetivas. O aluno deve manipular objetos, construí-los ou reconstruí-los para ser capaz de realizar operações mentais, de modo a

[6] *"Une des sources de difficultés des étudiants pour apprendre le dessin technique et on pourrait dire la géométrie descriptive aussi, est que toute une partie de l'enseignement du dessin a été négligée, à savoir celle qui porte sur l'apprentissage du langage graphique, avec son code et ses normes, sa morphologie et sa syntaxe. La reconnaissance d'un certain nombre de signes, de règles et de normes que l'étudiant doit assimiler ne suffit pas. La lecture d'un dessin étant un langage, l'expression d'une pensée exige la mise en œuvre de capacités mentales diverses, concourant à des cheminements intellectuels d'analyse et de synthèse des cheminements."*

[7] Baseados nos estudos de Blin et al., 1985; Higele, 1985; Artaud et al. 1985.

adquirir gradualmente as propriedades do objeto e do espaço projetivo e euclidiano. De acordo com Póla (2000), aprender desenho técnico e geometria descritiva requer o domínio do espaço e de sua representação.

> *"O aluno deve aprender a descentrar-se de sua percepção imediata para situar-se de maneira abstrata em um determinado ponto de vista. O domínio das operações projetivas é necessário para a coordenação dos diferentes pontos de vista, pois permite que um indivíduo se mova mentalmente no espaço e imagine, por exemplo, a vista esquerda de uma peça apresentada de frente" (PÓLA, 2000, p.28, tradução nossa)*[8].

- Basear-se no aprendizado espontâneo dos alunos, utilizando fotos de objetos familiares, usando o ponto de vista do fotógrafo.
- Conduzir o aprendizado de forma progressiva, começando pela manipulação do objeto e, pouco a pouco, passar para os desenhos.

A partir da base conceitual trazida por Póla, o ensino do desenho técnico deve permitir que a explicação de conceitos, difíceis de visualizar e de representar, seja trabalhada de tal forma que a sua compreensão se torne mais fácil para o aluno.

Considerando as observações de Póla, argumenta-se que diferentes ferramentas podem ser mobilizadas para contribuir com esse aprendizado. As ferramentas tradicionais permitem a visualização da construção de um conceito geométrico (a teoria) no momento em que é possível perceber a execução do círculo pelo compasso, o deslocamento de retas na translação executada pelos esquadros, dentre outras possibilidades.

Já as ferramentas digitais, por meio da modelagem geométrica tridimensional ou pela prototipagem de objetos, permitem que a visualização do objeto no espaço seja melhor compreendida pelo aluno, contribuindo para que essa habilidade seja desenvolvida de forma mais objetiva.

Ao conhecer as possibilidades e limitações que as ferramentas utilizadas no desenho técnico impõem, é possível mobilizá-las para permitir que a metodologia de ensino efetivamente permita o aprendizado do aluno.

---

[8] *"L'étudiant doit apprendre à décentrer par rapport à sa perception immédiate pour se situer de manière abstraite en un point de vue donné. La maîtrise des opérations projectives est nécessaire à la coordination des différents points de vue, car elle permet à un individu de se déplacer mentalement dans l'espace et donc, par exemple, d'imaginer la vue de gauche d'une pièce présentée de face".*

3.2. Aprendizagem com o uso de instrumentos

A pesquisa de Gomes (1999, 2000a, b) aborda um modelo de análise do uso de artefatos computacionais e de análise da aprendizagem com base na perspectiva construtivista de cognição. Para o autor, os conhecimentos produzidos pelos usuários de um sistema emergem durante o uso de uma ferramenta.

Por conseguinte, uma avaliação fora do contexto de uso de um artefato corresponde a uma visão de especialista e não a visão de um indivíduo que está aprendendo a usar o sistema, ou aprendendo conceitos que estejam veiculados por meio de uma ferramenta (GOMES, 2000a).

Todo artefato, que pode ser uma ferramenta, uma máquina ou até mesmo um processo de produção, é utilizado por um indivíduo e, para isso, são necessárias maneiras de fazer e de agir, formas de pensar, conceitos operativos, competências e valores que permitem ou que são associados a essa utilização (BÉGUIN, 2008).

A fim de analisar o desenvolvimento conceitual consecutivo à utilização de um software para aprendizagem da geometria, Gomes (2000b) propõe um modelo que articula duas abordagens construtivistas: a teoria sobre a formação de conceitos de Vergnaud (1990) e a teoria sobre a gênese de instrumentos de Rabardel (1995). Em sua tese, Gomes (1999) analisa os resultados da avaliação do aprendizado posterior ao uso a partir de ferramentas tradicionais de geometria (como esquadros, compasso e régua) e a partir do programa computacional Cabri-Géomètre.

O Cabri é um programa de geometria dinâmica, desenvolvido pelo Instituto de Informática e Matemática Aplicada (IMAG) em Grenoble (IMAG), em geral utilizado por professores de matemática para o ensino da geometria. É um software de construção que oferece "régua e compasso eletrônicos", sendo a interface de menus de construção em linguagem clássica da Geometria[9]. Não é comumente utilizado para o desenho técnico. Apesar disso, a pesquisa de Gomes (1999) pode contribuir para a compreensão do aprendizado por instrumentos extrapolando para o objeto desta monografia, que é o desenho técnico.

Os dois modelos teóricos adotados por Gomes, de Vergnaud e de Rabardel, partem ambos da noção de *schème* (esquema) definida por Piaget. Dessa forma, Gomes (2000b) adota a hipótese construtivista de que a cognição humana pode adaptar-se à

[9] Informações obtidas em:
http://www.edumatec.mat.ufrgs.br/atividades_diversas/ativ12/cabri.htm e
http://www.cabri.net/cabri2/introduction.php

novas situações devido à existência de uma entidade constituinte da cognição: esquemas ou *schèmes*. Um esquema é a estrutura ou a organização de ações, conforme elas se transferem ou generalizam mediante a repetição dessa ação em circunstâncias semelhantes ou análogas (INHELDER; PIAGET, 1966).

Gomes (2000b) adota o esquema (*schème*) como unidade de análise para verificar a organização de ações relacionadas com uma situação, um artefato, um problema ou uma interação social. Nesse processo, o autor descreve as sequências de passos realizados que sejam resultantes da adaptação do indivíduo ao uso de um artefato, como no aprendizado de um conceito a partir de uma interface computacional, por exemplo.

Além do conceito de esquema, Gomes (2000a, b) utiliza o conceito de instrumentos definido por Rabardel (1995). O instrumento é entendido como uma entidade composta, mista, formada a partir do artefato, em seus aspectos de estrutura e forma, mas também a partir de um componente vinculado ao sujeito, por meio de um ou mais modos de utilização, definido como um esquema (*schème*) (RABARDEL, 1995).

Essa definição da noção de instrumento possibilita a análise das ações com um instrumento em termos adaptativos. Entretanto, para Gomes (2000a, b), ela não permite uma análise da aprendizagem de um conceito consecutiva à adaptação a um novo instrumento. Por esse motivo, Gomes (2000b) parte do pressuposto de que um conceito é apreendido pelos indivíduos quando os mesmos dominam três conjuntos de fatores descritos por Vergnaud (1997 apud GOMES, 2000b):

- um conjunto de representações simbólicas que são socialmente usados para veicular ideias sobre o conceito;
- um conjunto de invariantes operacionais ou de propriedades do conceito, e;
- um conjunto de situações que dão sentido aos conceitos.

No caso do desenho da estrutura geométrica da cadeira Barcelona (subcapítulo 2.2.1) por meio de circunferências, o conjunto de representações simbólicas dizem respeito à explicação geométrica da circunferência como representação do conceito de equidistância de um ponto fixo.

O conjunto de invariantes ou de propriedades desse conceito dizem respeito ao ponto fixo no plano e à distância dos pontos da circunferência para o centro, o raio. E a situação que dá sentido ao conceito pode ser exemplificada pela possibilidade da visualização da construção da circunferência pelo compasso.

O conceito é progressivamente apreendido na medida em que os indivíduos dominam mais e mais suas propriedades, as formas possíveis de representação e as relações com situações diversas, ou seja, “quando os indivíduos começam a dominar essas dimensões de um conceito, o mesmo começa a fazer-lhe sentido” (GOMES, 2000b).

Ao fazermos um paralelo com as relações entre os conceitos de teoria, técnica e ferramenta na representação gráfica, verificamos que a teoria geométrica deve ser entendida independente da ferramenta utilizada. Todavia, algumas ferramentas, principalmente as digitais, podem encapsular conceitos iniciais básicos em uma “caixa preta” (como no exemplo da circunferência executada pelo programa Autocad), mas que são importantes para o aprendizado, o que pode deixar uma lacuna na formação do indivíduo.

A partir da base trazida por Vergnaud e Rabardel, Gomes (2000a, b) propõe a análise do desenvolvimento conceitual consecutivo ao uso de instrumentos em duas partes:

> *“Por um lado, os indivíduos desenvolvem competências para manipular os instrumentos, ocorre um desenvolvimento ou gênese instrumental. O desenvolvimento instrumental pode ser decorrente de transformações do artefato ou do esquema de ação com o artefato. Por outro lado, e em consequência desse processo de desenvolvimento instrumental, os sujeitos evoluem em termos de conhecimento sobre o conteúdo veiculado pelos artefatos, matemática, por exemplo. Em outras palavras, os indivíduos aprendem matemática na medida em que aprendem a usar um sistema de artefatos.”* (Gomes, 2000a, p. 5).

Em sua pesquisa, Gomes (1999, 2000a, b) compara o aprendizado da geometria a partir de instrumentos tradicionais e digitais. Dessa maneira, Gomes (2000a), após ter analisado e codificado várias tentativas de resolução de um problema com um conjunto de artefatos (régua e compasso, Cabri), sistematizou as diferentes formas de resolução para compará-las e refletir sobre o desenvolvimento do instrumento e a aprendizagem. De acordo com o autor, a “evolução da aprendizagem ocorre mediante a análise dos invariantes que são mobilizados em cada uma das tentativas de ação com os artefatos”.

No uso do Cabri, os invariantes seriam como o roteiro para a construção geométrica, as variantes são os parâmetros que precisam ser especificados nesse processo. De forma semelhante, as perguntas que o Autocad faz na construção da circunferência é a estrutura para a construção da geometria. Quando se utiliza de forma automática, o aluno pode se adaptar ao uso da ferramenta de forma mecânica, sem conhecer o caminho necessário para a construção do conceito geométrico.

Ao identificar situações com o uso de instrumentos, Gomes (2000a) localiza as sequencias de ações com o mesmo conjunto de artefatos, identificando também classes de situações que servirão para realizar a análise da influência de um uso anterior de um conjunto de artefatos na adaptação a um outro sistema.

O autor dá um exemplo: o uso anterior de artefatos tradicionais, como régua e compasso, para construção de figuras geométricas, pode influenciar na adaptação ao uso de um sistema informatizado para o mesmo fim (Cabri). Em sua pesquisa, Gomes (1999, 2000a; b) demonstra que

> *"o uso de régua e do compasso influenciam na forma como os alunos desenvolvem estratégias de construção de figuras geométricas. Os alunos procurar recriar com Cabri Géomètre os efeitos que ocorrem com o conjunto de artefatos composto de régua e compasso"* (Gomes, 2000b, p. 6).

O número de invariantes relativo aos conceitos geométricos que emergiam na atividade com um conjunto de artefatos composto por régua e compasso não era significativamente superior ao conjunto de invariantes que emergia com o uso do sistema Cabri Géomètre (GOMES, 2000a). Contudo, deve-se observar que o Cabri possui uma linguagem próxima ao método tradicional de representação, o que justificaria essa observação do autor.

O resultado apresentado por Gomes (1999) pode contribuir para uma análise dos exemplos de construções geométricas apresentados no subcapítulo 2.2. A técnica empregada para a construção de um conceito geométrico (circunferência, por exemplo) com ferramentas tradicionais (compasso), pode contribuir para que esse processo de construção seja mais claro, o que facilita o aprendizado do aluno quanto ao conceito.

Por outro lado, há que se considerar a transposição do processo aprendido pela ferramenta tradicional para a digital, sem a consideração das facilidades propiciadas pelas novas tecnologias. As ferramentas digitais possuem modos de construção facilitados e, portanto, é possível que exista comandos que otimizem os processos da representação. A teoria deve ser sempre balizadora da representação gráfica, contudo, é importante desenvolver um caminho de construção que considere a ferramenta que está sendo utilizada, entendendo de que maneira a ferramenta pode otimizar esse processo.

O ensino do desenho técnico deve considerar, portanto, dois aspectos. O primeiro diz respeito ao entendimento de como o espaço representativo é construído pelo indivíduo para que o professor possa criar estratégias que conduzam ao aprendizado da teoria

geométrica. Quanto ao segundo aspecto, deve-se levar em conta que o uso do ferramental pode facilitar a apreensão do conceito geométrico envolvido na construção da representação gráfica pretendida. Como pode-se observar nos exemplos do capítulo 2.2, algumas ferramentas permitem uma compreensão maior da teoria geométrica que outras. Dessa maneira, a mobilização de diferentes ferramentas pode contribuir para que o entendimento do conceito seja mais efetivo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta monografia buscou-se averiguar as características principais do ensino do desenho técnico com diferentes ferramentas (tradicionais e digitais). O foco principal desse estudo foi o de elucidar sobre seus aspectos para orientar a tomada de decisão do docente quanto ao uso de diferentes ferramentas.

Notou-se que a literatura concentra suas discussões no ensino por meio de ferramentas computacionais gráficas e pouco se discute sobre o ensino por meio de ferramentas tradicionais. Ainda assim, ferramentas como réguas, esquadros, compassos ainda são utilizadas como ferramental no ensino de desenho técnico em cursos superiores.

Como resultado, esta pesquisa foi estruturada para entender, primeiramente, a função comunicativa do desenho técnico e o papel das ferramentas para esse fim. Em seguida, os conceitos que embasam a construção do desenho técnico (teoria, técnica e ferramenta) foram levantados e descritos por meio de exemplos. Por fim, os aspectos cognitivos da aprendizagem do desenho técnico, com base na teoria construtivista de Piaget, Vergnaud e Rabardel, mobilizados em Póla (2000) e Gomes (1999), foram discutidos.

A análise do percurso desta monografia nos três capítulos anteriores permitiu apontar quatro pontos importantes para a compreensão do uso de ferramentas no ensino do desenho técnico.

O primeiro diz respeito à compreensão do desenho técnico como um objeto intermediário, que permite a ligação entre o projeto finalizado de um produto e a sua fabricação. Essa relação com a produção é importante para definir por qual técnica o desenho técnico será construído e qual ferramenta será utilizada para tal.

A representação do desenho técnico mais usual atualmente é baseada na representação bidimensional por vistas ortográficas. É o desenho normalizado pela ABNT e comumente ensinado nos cursos de engenharia, arquitetura e design por meio de ferramentas tradicionais e digitais. Mesmo quando os produtos são modelados tridimensionalmente, por exemplo, os desenhos técnicos por vistas ortográficas ainda são gerados, impressos e utilizados como comunicação no “chão de fábrica” ou no canteiro de obras.

Contudo, novas formas de produção conduzem a novas formas de representação, que precisam também serem levadas em consideração no ensino do desenho técnico. A fabricação direta por meio de impressoras 3D questiona o formato conhecido de desenho técnico por vistas ortográficas. Em virtude disso, não seria mais necessário

representar um objeto tridimensional em um plano bidimensional, já que é possível fabricar diretamente do modelo 3D.

Entretanto, os programas de computador não são “autônomos” e não realizam modelagens tridimensionais sozinhos: é preciso construí-las! Para isso, é necessário que o aluno (ou profissional) consiga compreender os conceitos por trás da facilidade e rapidez que os programas gráficos oferecem. Entender a base teórica do desenho técnico se mostra como um importante fator para a criação de formas inovativas e geometrias complexas.

Nesse sentido, o segundo ponto levantado diz respeito ao tripé fundamental da representação gráfica, que compreende a teoria geométrica, a técnica ou o caminho que será percorrido para a representação, e a ferramenta, que é o artefato que conduz à construção do desenho técnico.

Com a apresentação de dois exemplos, um bidimensional e um tridimensional, pode-se perceber que, independente da técnica adotada, a representação se baseia na teoria. No caso do desenho técnico, a geometria é a teoria balizadora independente do uso de diferentes técnicas e ferramentas.

Ainda com base nos exemplos, percebeu-se que algumas ferramentas facilitam a compreensão da teoria geométrica na medida em que permitem certa transparência, ou seja, consegue-se perceber o percurso da construção dos elementos geométrico. Quanto mais complexa a ferramenta, maior a precisão e a rapidez na construção, porém, aumenta também a chance de que a teoria fique “escondida em uma caixa preta”, já que nem todas as etapas da construção geométrica ficarão visíveis. Contudo, o uso das ferramentas tradicionais, se focadas em um passo a passo sem reflexão e sem relação com a teoria geométrica, também encapsula essas etapas.

A experiência com o uso de ferramentas tradicionais pode servir de base para o entendimento da teoria geométrica antes do uso das ferramentas digitais. Observa-se que esse é um caminho percorrido na estrutura das ementas das universidades (Anexo A). Todavia, a técnica empregada para a construção dessa representação deve ser repensada. As ferramentas digitais otimizam esse processo e não faz sentido usá-las da mesma maneira que as ferramentas tradicionais são utilizadas.

O terceiro ponto levantado está relacionado com os aspectos significativos da aprendizagem do desenho técnico a partir da teoria construtivista. O objetivo foi o de compreender mais profundamente como o indivíduo desenvolve:

(i) a compreensão do espaço projetivo, que é facilitada por metodologias e ferramentas que contribuam para entender como a visualização dos objetos

ocorre no espaço e, consequentemente, também contribuem para o processo construtivo geométrico; e

(ii) a apreensão dos conceitos geométricos com o uso de diferentes ferramentas. Como discutido no capítulo 3.2, ao aprender a utilizar uma ferramenta, o individuo desenvolve competências para utilizá-la e, a partir desse desenvolvimento, o conceito geométrico também passa a fazer sentido para o indivíduo.

Por esse motivo, compreender os impactos do uso dessas ferramentas no ensino deve ser levado em consideração, já que essa escolha possui papel importante para a aprendizagem do desenho técnico. Diferentes tipos podem ser mobilizados pelo professor para que o aluno compreenda a teoria balizadora do desenho técnico (a geometria) e a técnica necessária para a sua representação.

O quarto ponto está relacionado à disponibilidade de recursos para adquirir diferentes ferramentas. Os programas gráficos dependem de computadores compatíveis e licenças de uso, o que pode ser um obstáculo para universidades com dificuldade de recursos para este fim.

Essa pesquisa se concentrou no desenho técnico a partir da sua função comunicativa entre projeto e produção por meio de ferramentas tradicionais e digitais. Entretanto, novas formas de projetar e fabricar surgiram e vêm ocupando, cada vez mais, um lugar de destaque no desenvolvimento de projetos de design e de arquitetura. Como possibilidade de trabalho futuro, pode-se buscar compreender o papel das ferramentas em novas formas de projeto, como no design digital e na arquitetura digital.

Outra possibilidade que se abre para estudos futuros é compreender a utilização dos objetos intermediários nas etapas iniciais do processo de projeto. Na fase do desenvolvimento de alternativas para o projeto, quais recursos intermediários são utilizados e qual o papel das ferramentas nesse processo.

5. REFERÊNCIAS

ABRANTES, J.; GRANADO, R. M. **Análise do ensino de disciplinas de Representação Gráfica , em Cursos de Engenharia, em nove (09) conceituadas Instituições de Ensino Superior, localizadas no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: UERJ, 2016.

ALESSIO, P. A.; SHIMIZU, Y. Ciência, Técnica e Tecnologia. **Tecnologia e Humanismo**, [s. l.], v. 15, n. 20, p. 81–87, 2001.

AMARAL, A.; GOUVEIA, A. J. S.; ASSIS, B. da S.; ZIEBELL, C. S.; GERLACK, M. de O.; NUNES, N. Viabilidade da educação a distância para o curso de desenho técnico básico à mão livre: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Expressão Gráfica**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 1–20, 2019.

AMORIM, A. L.; REGO, R. M. A reestruturação do ensino de desenho: uma proposta em constrção. **Educação Gráfica**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 37–52, 1999.

ANDRADE, V. H. M.; AMORIM, A. L.; PEREIRA, G. C. Ensino de projeto arquitetônico e CAD: uma experiência piloto. **2° Simpósio de Computação Gráfica em Arquitetura Engenharia e Áreas Afins**, [s. l.], n. pp, 1993.

BÉGUIN, P. Argumentos para uma abordagem dialógica da inovação. **LaboReal**, [s. l.], v. IV, p. 72–82, 2008.

BORGES, M. M.; SOUZA, N. Desenvolvimento de habilidades de raciocínio espacial e o uso de modeladores paramétricos tridimensionais. **Educação Gráfica**, [s. l.], v. 19, n. 3, 2015.

BUCCIARELLI, L. L. An ethnographic perspective on engineering design. **Design Studies**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 159–168, 1988.

CASTELAN, J.; GOMEZ, L. S. R. Desenvolvimento de aulas de desenho técnico utilizando o método de aprendizagem baseada em problemas e recursos de prototipagem rápida. **Revista Brasileira de Expressão Gráfica**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 23–40, 2017.

CELANI, G.; VAZ, C.; PUPO, R. Sistemas Generativos de Projeto: Classificação e reflexão sob o ponto de vista da representação e dos meios de produção. **Revista Brasileira de Expressão Gráfica**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 22–39, 2013. Disponível em:

<https://rbeg.net/artigos/artigo2.pdf>

CURTIS, M. do C.; ROLDO, L. Desenho Técnico Nível Básico a Mão Livre: Um Instrumento Didático. **Educação Gráfica**, [s. l.], v. 19, n. 3, 2015.

DUCRET, J.-J. **La Représentation Spatiale: Introduction - Fondation Jean Piaget**. [s.d.]. Disponível em: <https://www.fondationjeanpiaget.ch/fjp/site/ModuleFJP001/index_gen_module.php?IDMODULE=46>. Acesso em: 27 dez. 2021.

GAMA, R. **A tecnologia e o trabalho na história**. São Paulo: Nobel/ EDUSP, 1986.

GANI, D. C. As lições de Monge e a arte de resolver problemas. **Revista Brasileira de Expressão Gráfica**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 28–39, 2015.

GANI, D. C. **O método descritivo que prescinde da técnica da dupla projeção ortogonal e independe dos meios de representação**. 2016. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

GANI, D. C. Reflexões Sobre a Representação Gráfica: Modelo e Instrumental. **Revista EducaOnline**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 226–239, 2020.

GOMES, A. S. **Developpement conceptuel consecutif à l'activité instrumentée: l'utilisation d'un système informatique de géométrie dynamique au collège**. 1999. Université Paris V - René Descartes, Paris, 1999.

GOMES, A. S. Modelo para a análise da aprendizagem consecutiva ao uso de artefatos computacionais. [s. l.], 2000. a.

GOMES, A. S. Um modelo construtivista para análise da ação com instrumentos : a aprendizagem consecutiva ao uso de artefatos computacionais. [s. l.], 2000. b.

IME-UNICAMP. **Sólidos de platão: planificação e demosntração**. [s.d.]. Disponível em: <http://www.ime.unicamp.br/~apmat/solidos-de-platao/>. Acesso em: 10 jan. 2022.

INHELDER, B.; PIAGET, J. **La psychologie de l'enfant Piaget**. Paris: PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE, 1966.

JACQUES, J. J. De; GARCIA, D.; LERSCH, I. M.; POZZI, M. D. F. A sala de aula como laboratório para construção de objetos de aprendizagem aplicáveis ao ensino presencial à distância. **Educação Gráfica**, [s. l.], p. 114–130, 2008.

JEANTET, A. Les objets intermédiaires dans la concepcion. Éléments pour une sociologie des processus de conception. **Sociologie du travail**, [s. l.], n. 3, p. 291–316, 1998.

JEANTET, A.; TEIGER, H.; VINCK, D.; TICHLIEWITCH, S. La coordination par les objets dans les équipes intégrées de conception de produit. In: TERSSAC, G. De; FRIEDBERG, E. (Eds.). **Coopération et Conception**. Toulouse: Octares Éditions, 2008. p. 87–121.

KOLAREVIC, B. Designing and Manufacturing Architecture in the Digital Age. In: **Architectural Information Management, Proceedings of the 19th eCAADe Conference**. Helsinki, Finland: Helsinki University of Technology, 2001. p. 117–123.

LAVOISY, O.; VINCK, D. Le dessin comme objet intermédiaire de l'industrie. **Communications organisationnelles. Objets, pratiques et dispositifs**, [s. l.], p. 47–63, 1997. Disponível em: <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00261643/en/>

LEAKE, J. M.; BORGERSON, J. L. **Manual do Desenho Técnico para Engenharia - Desenho, Modelagem e Visualização**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2015.

LUCAS, F. C. R. **O Uso de Objetos Reais e Virtuais no Ensino do Desenho Técnico para o Desenvolvimento de Habilidades Espaciais**. 2021. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2021.

LUCAS, F. C. R.; FERREIRA, C. C. O Uso de Objetos Reais e Virtuais no Ensino do Desenho Técnico para o Desenvolvimento de Habilidades Espaciais. **Revista EducaOnline**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 136–152, 2020.

MACHADO, A. **Geometria Descritiva**. 27° ed. São Paulo: Atual Editora, 1986.

MARQUES, J. C.; CHISTÉ, P. D. S. O Ensino do Desenho Técnico: uma Proposta Interdisciplinar. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO EM INVESTIGAÇÃO QUALITATIVA 2016, Porto, Portugal. **Anais**... Porto, Portugal: Investigação Qualitativa em Educação, 2016.

MORAES, A. B. De; CHENG, L.-Y. A expressão gráfica em cursos de engenharia: estado da arte e principais tendências. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo, 2001.

OVERSTREET, K. **ETH Zurich uses robots to construct three-storey timber-framed**

house. 2018. Disponível em: <https://www.archdaily.com/891443/eth-zurich-uses-robots-to-construct-three-story-timber-framed-house?ad_source=search&ad_medium=search_result_all>. Acesso em: 10 jan. 2022.

PALHACI, M. do C. J. P. Investigação sobre criação de componentes tridimensionais aplicados ao desenho técnico elétrico. **Educação Gráfica**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 129–135, 1999.

PEREIRA, O. **O que é teoria**. 7° ed. São Paulo: Editora Brasiliense, 1990.

PIAGET, J.; INHELDER, B. **La représentation de l'espace chez l'enfant**. Paris: PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE, 1948.

PIRES, J. D. F.; SILVA, A. B. A. Inserção Da Representação Gráfica Digital Em Estágios Iniciais. **Educação Gráfica**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 72–87, 2012.

PIRES, R. W.; BERNARDES, M. M. e S. Considerações sobre o ensino de desenho técnico. In: BERNARDES, M. M. e S.; LINDEN, J. C. de S. Van der (Eds.). **Design em Pesquisa – Vol. I**. Porto Alegre: Marcavisual, 2017. p. 374–392.

PÓLA, M.-C. R. **Une approche interactive pour un meilleur apprentissage de la géométrie descritptive**. 2000. Université Laval, Québec, 2000.

RABARDEL, P. **Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains**. Paris: Armand Colin, 1995.

ROCHA, F. A. G.; SILVEIRA, A. L. M. Da; RIBEIRO, V. G.; SILVEIRA, S. R. O desenho à mão livre no âmbito da preparação para a prática de projeto: parâmetros para o processo de ensino-aprendizagem. **Educação Gráfica**, [s. l.], v. 19, n. 1, 2015.

RODRIGUES, A. J. **Geometria Descritiva: operações fundamentais e poliedros**. 5° ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1961.

ROHDE, C. **Design Computacional e Fabricação Robótica**. 2018. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

SANTOS, A.; BIANCHINI, W. **Equações e Lugares Geométricos**. [s.d.]. Disponível em: <http://www.dmm.im.ufrj.br/projeto/precalculo/geo.htm#MapleAutoBookmark1>. Acesso em: 23 fev. 2022.

SANTOS, C. E. da R.; DIAS, M. A.; BRAIDA, F. Geometria, habilidade espacial e jogos

digitais: contribuições para o ensino da arquitetura e urbanismo. **Revista Brasileira de Expressão Gráfica**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 1–25, 2020.

SILVA, A.; RIBEIRO, C. T.; DIAS, J.; SOUSA, L. **Desenho Técnico Moderno**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

SILVA, J. C. Da. **Aprendizagem mediada por computador: uma proposta para desenho técnico mecânico**. 2001. Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis, 2001.

SILVA, J. C. Da; SOUZA, A. C. De; NETO, A. D.; SPECK, H. J. Construção de um ambiente virtual de aprendizagem em desenho técnico e modelagem geométrica. **Educação Gráfica**, [s. l.], p. 32–44, 2009.

SOARES, C. C. P. Uma Abordagem Historica e Cientifica das Tecnicas de Representação Gráfica. **Graphica**, [s. l.], 2007.

SOBRAL FILHA, D. D.; BARBOSA, G. Sistemas projetivos para cursos de engenharia. **GRAPHICA`13**, Florianóplois, 2013.

TEIXEIRA, F. G.; SILVA, T. L. K. Da; SILVA, R. P. Da; BRUNO, F. B. Experiências inovadoras em ensino e pesquisa da geometria descritiva. **Revista Brasileira de Expressão Gráfica**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 80–92, 2015.

VERGNAUD, G. Concepts et schèmes dans une théorie opératoire de la représentation. **Les Représentations**, [s. l.], n. 30, p. 245–252, 1985.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, [s. l.], n. 10, p. 133–170, 1990. Disponível em: <https://rdm.penseesauvage.com/La-theorie-des-champs-conceptuels.html>

VINCK, D. Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique: Contribution à la prise en compte des objets dans les dynamiques sociales. **Revue française de sociologie**, [s. l.], v. 40, n. 2, p. 385–414, 1999. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/3322770>

VINCK, D. **Engenheiros no cotidiano - Etnografia da atividade de projeto e de inovação**. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2013.

VINCK, D.; JEANTET, A. Mediating and comissioning objects in the sociotechnical process of product design: a conceptual approach. In: MANAGEMENT AND NEW TECHNOLOGY: DESIGN, NETWORKS AND STRATEGIES. PROCEEDINGS FROM

COST A3 WORKSHOP 1994, Grenoble. **Anais**... Grenoble: COST Social Sciences Serie, 1994.

VINCK, D.; LAUREILLARD, P. Coordination par les objets dans les processus de conception. In: “REPRÉSENTER, ATTRIBUER, COORDONNER”, JOURNÉES CSI 1995, **Anais**... [s.l: s.n.]

VOITILLE, N. **Poltrona Barcelona**. 2013. Disponível em: <https://www.cliquearquitetura.com.br/artigo/poltrona-barcelona.html>. Acesso em: 1 fev. 2022.

VOLPATO, N. **Manufatura Aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D**. São Paulo: Blucher, 2017.

ANEXO A: Ementas das disciplinas de Expressão Gráfica para Engenharia

As ementas estão disponíveis no Relatório que analisa as disciplinas de expressão gráfica em nove universidades do Estado do Rio de Janeiro, realizado por Abrantes e Granado (2016).

[1] Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Campus: Maracanã

Curso de Engenharia	Disciplinas obrigatórias de Representação Gráfica	Carga horária Semanal/ Como é lecionada	Carga horária Total p/semestre
Ambiental e Sanitária	Geometria Descritiva I Desenho Básico Desenho Técnico I	4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos	180 horas
Civil	Geometria Descritiva I Desenho Básico Desenho Técnico I	4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos	180 horas
Mecânica	Geometria Descritiva I Desenho Básico Desenho Técnico I (No 6^0 período tem a disc. Desenho de Máquinas)	4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com computador	240 horas
Cartográfica	Geometria Descritiva I Desenho Básico Desenho Técnico I (No 6^0 período tem a disc. Desenho Cartográfico)	4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com computador	240 horas
Elétrica	Geometria Descritiva I Desenho Básico Desenho Técnico I	4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos	180 horas
Produção	Geometria Descritiva I Desenho Básico Desenho Técnico I	4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos	180 horas
Química*	Des. Téc. p. Eng. Química	3 tempos/com instrumentos	45 horas

[2] Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Campus: Resende

Curso de Engenharia	Disciplinas obrigatórias de Representação Gráfica	Carga horária Semanal/ Como é lecionada	Carga horária Total p/semestre
Mecânica	Expressão Gráfica Desenho Técnico Desenho de Máquinas I Desenho de Máquinas II	4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com computador 4 tempos/com computador	60 horas 60 horas 60 horas 60 horas
De Produção	Expressão Gráfica Desenho Técnico	4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos	60 horas 60 horas
Química	Expressão Gráfica Desenho Técnico	4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos	60 horas 60 horas

[3] Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Campus: Nova Friburgo

Curso de Engenharia	Disciplinas obrigatórias de Representação Gráfica	Carga horária Semanal/ Como é lecionada	Carga horária Total p/semestre
Mecânica	Desenho Técnico I Desenho Técnico II	3 tempos/com instrumentos 3 tempos/com computador	45 horas 45 horas
De Computação	Desenho Técnico I Computação Gráfica* Sist. CAD/CAE/CAM**	3 tempos/com instrumentos 6 tempos/com computador 4 tempos/com computador	45 horas 90 horas 60 horas

[4] Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio

Curso de Engenharia	Disciplinas obrigatórias de Representação Gráfica	Carga horária Semanal/ Como é lecionada	Carga horária Total p/semestre
Ambiental	Desenho Técnico I Desenho Técnico II	2 tempos/Com computador 2 tempos/Com computador	60 horas
Civil	Desenho Técnico I Desenho Técnico II	2 tempos/Com computador 2 tempos/Com computador	60 horas
Mecânica	Desenho Técnico I Desenho Técnico II Desenho Mecânico*	2 tempos/Com computador 2 tempos/Com computador 2 tempos/Com computador	90 horas
Da Computação	Desenho Técnico I	2 tempos/Com computador	30 horas
Controle e Automação	Desenho Técnico I	2 tempos/Com computador	30 horas
Elétrica	Desenho Técnico I	2 tempos/Com computador	30 horas
Materiais e Nanotecnologia	Desenho Técnico I	2 tempos/Com computador	30 horas
De Petróleo	Desenho Técnico I	2 tempos/Com computador	30 horas
De Produção	Desenho Técnico I Erg. Proj. Produto **	2 tempos/Com computador 2 tempos/Com computador	60 horas
Química	Desenho Técnico I	2 tempos/Com computador	30 horas

[5] Universidade Católica de Petrópolis

Curso de Engenharia	Disciplinas obrigatórias de Representação Gráfica	Carga horária Semanal/ Como é lecionada	Carga horária Total p/semestre
De Produção	Desenho Técnico I Desenho Técnico II	2 tempos/com computador 2 tempos/com computador	60 horas
Mecânica	Desenho Técnico I Desenho Técnico II	2 tempos/com computador 2 tempos/com computador	60 horas
Mecatrônica	Desenho Técnico I Desenho Técnico II	2 tempos/com computador 2 tempos/com computador	60 horas
Civil	Desenho Auxiliado por Comp. Desenho de Arquitetura	2 tempos/com computador 2 tempos/com instrumentos	60 horas
De Computação	Desenho Auxiliado por Comp. Desenho de Arquitetura	2 tempos/com computador 2 tempos/com instrumentos	60 horas
Elétrica	Desenho Auxiliado por Comp. Desenho de Arquitetura	2 tempos/com computador 2 tempos/com instrumentos	60 horas
De Petróleo	Desenho Técnico I Desenho Técnico II	2 tempos/com computador 2 tempos/com computador	60 horas

[6] Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ

Curso de Engenharia	Disciplinas de Representação Gráfica	Carga horária Semanal/ Como é lecionada	Carga horária p/sem. p/disc.
Civil	Desenho Desenho Técnico Fund. Des. Proj. Arquit. e Urb. I Arquit. e Urb. II Computação Gráfica	4 tempos/com instrumentos 3 tempos/com instrumentos 3 tempos/com instrumentos 3 tempos/com instrumentos 3 tempos/com instrumentos 3 tempos/com computador	72 horas 54 horas 54 horas 54 horas 54 horas 54 horas Total = 342 horas
Mecânica	Desenho Desenho Técnico I Desenho de Máquinas	4 tempos/com instrumentos 3 tempos/com instrumentos 3 tempos/com instrumentos	72 horas 54 horas 54 horas Total = 180 horas
Produção	Desenho Desenho Técnico I	6 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos	72 horas 54 horas Total = 126 horas
Controle e Automação Industrial (Mecatrônica)	Desenho Desenho Técnico I	6 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos	72 horas 54 horas Total = 126 horas
Elétrica	Desenho Desenho Técnico I Desenho Técnico II	6 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos	72 horas 54 horas 54 horas Total = 180 horas
Telecomunicações	Desenho Desenho Técnico I	6 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos	72 horas 54 horas Total = 126 horas
Eletrônica	Desenho Desenho Técnico I	6 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos	72 horas 54 horas Total = 126 horas

[7] Universidade Federal Fluminense – UFF

Curso de Engenharia	Disciplinas de Representação Gráfica	Carga horária semanal/ Como é lecionada	Carga horária Total p/semestre
Agrícola e Ambiental	Geometria Descritiva Fund. Des. Técnico II Des. Proj. Eng. Agr. e Amb.	4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos	180 horas
Civil	Introd. à Geom. Descritiva Geometria Descritiva VI Fund. Des. Técnico II Desenho Técnico IV Proj. Ass. por Comp. (optativa) Des. Proj. de Eng. Civ	4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos 3 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos	285 horas (345 horas)
De Petróleo	Fund. Des. Técnico II Des. Instal. Industriais	4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com computador	120 horas
De Produção	Fund. Des. Técnico II Des. Proj. de Eng. Prod.	4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos	120 horas
Recursos Hídricos e Meio Ambiente	Geometria Descritiva Fund. Des. Técnico II Des. Proj. Eng. Meio Amb.	4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com computador	180 horas
Telecomunicações	Geometria Descritiva Fund. Des. Técnico II	4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos	120 horas
Elétrica	Introd. à Geom. Descritiva Geometria Descritiva VI Fund. Des. Técnico II	4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos	180 horas
Mecânica	Geometria Descritiva VI Des. Proj. Mecânicos Des. Proj. Inst. Industriais	4 tempos/com instrumentos 4 tempos/ com inst. e comp. 4 tempos/com instrumentos	180 horas
Química	Introd. à Geometria Descritiva Fund. Des. Técnico II Des. Instal. Industriais	4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com instrumentos 4 tempos/com computador	180 horas

[8] Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

Curso de Engenharia	Disciplinas de Expressão Gráfica	Carga horária Semanal/ Como é lecionada	Carga horária Total p/semestre
Civil	Sistemas Projetivos Des. Computacional Des. Téc. p. Eng. Civil Mod. Dig. da Ed. BIM 1*	4 tempos/com instrumentos 2 tempos/com computador 3 tempos/com computador 3 tempos/com computador	135 horas (180 horas)
Eletrônica	Sistemas Projetivos Des. Computacional*	4 tempos/ com instrumentos 2 tempos/com computador	90 horas
Mecânica	Sistemas Projetivos Des. Computacional Des. Téc. p. Eng. Mec*	4 tempos/ com instrumentos 2 tempos/com computador 3 tempos/com computador	90 horas (135 horas)
Produção	Sistemas Projetivos Des. Computacional*	4 tempos/ com instrumentos 2 tempos/com computador	60 horas (90 horas)
Ambiental	Sistemas Projetivos Sist. de Inf. Geográfica Des. Computacional*	4 tempos/ com instrumentos 4 tempos/com computador 2 tempos/com computador	120 horas (165 horas)
Naval	Sistemas Projetivos Des. Computacional*	4 tempos/ com instrumentos 2 tempos/com computador	60 horas (90 horas)
Dos Materiais	Sistemas Projetivos Des. Computacional*	4 tempos/ com instrumentos 2 tempos/com computador	60 horas (90 horas)
Metalúrgica	Sistemas Projetivos Des. Computacional*	4 tempos/ com instrumentos 2 tempos/com computador	60 horas (90 horas)
Eletrotécnica	Sistemas Projetivos Des. Computacional*	4 tempos/ com instrumentos 2 tempos/ com computador	60 horas (90 horas)
Nuclear	Sistemas Projetivos Des. Computacional*	4 tempos/ com instrumentos 2 tempos/ com computador	60 horas (90 horas)
De Petróleo	Sistemas Projetivos Des. Computacional*	4 tempos/ com instrumentos 2 tempos/com computador	60 horas (90 horas)
Controle e Automação	Sistemas Projetivos Des. Computacional*	4 tempos/ com instrumentos 2 tempos/com computador	60 horas (90 horas)
Química	Fundamentos em Des. Téc.	3 tempos/com instrumentos	45 horas

[9] Instituto Militar de Engenharia – IME

Curso de Engenharia	Disciplinas de Representação Gráfica	Carga horária Semanal/ Como é lecionada	Carga horária Total p/semestre
Cartográfica	Desenho Técnico Básico	4 tempos/com instrumentos	60 horas
De Comunicações	Desenho Técnico Básico	4 tempos/com instrumentos	60 horas
De Computação	Desenho Técnico Básico	4 tempos/com instrumentos	60 horas
Elétrica	Desenho Técnico Básico	4 tempos/com instrumentos	60 horas
Eletrônica	Desenho Técnico Básico	4 tempos/com instrumentos	60 horas
De Fortificação e Construção	Desenho Técnico Básico	4 tempos/com instrumentos	60 horas
Mecânica e de Armamento	Desenho Técnico Básico Desenho de Máquinas	4 tempos/com instrumentos 3 tempos/com instrumentos	105 horas
Mecânica e de Automóveis	Desenho Técnico Básico Desenho de Máquinas	4 tempos/com instrumentos 3 tempos/com instrumentos	105 horas
Metalúrgica (Materiais)	Desenho Técnico Básico	4 tempos/com instrumentos	60 horas
Química	Desenho Técnico Básico	4 tempos/com instrumentos	60 horas