



REPRESENTAÇÃO GRÁFICA – ENSINO DE DESENHO TÉCNICO COM INSTRUMENTOS E CAD NA ENGENHARIA

1 INTRODUÇÃO

O mercado de trabalho define para o engenheiro, além da capacidade de atuar na área de formação, o domínio da língua portuguesa, fluência na língua inglesa e conhecimento de programação. Hoje temos uma mudança disruptiva na programação ao empregar mestres e doutores para atuarem na área de Computação Quântica como na *Latin American Quantum Computing Center (LAQCC)* do SENAI CIMATEC (AIMT, 2021).

O desenvolvimento sustentável pela engenharia, é gerar dos detalhes do uso de ferramentas, auxiliando e tornando possível produzir com menor custo ambiental. Neste sentido os programas de CAD, a exemplo do reconhecido e consagrado SolidWorks®, podem em um projeto sustentável, determinar o impacto ambiental de um produto.

Para atender a temática do COBENGE2022, é importante entender como as Nações Unidas apoiam os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil (ONU-BRASIL, 2022) com a Agenda 2030 (Figura 1). Os objetivos são para atender todo o planeta que sofre com a fome, a destruição do meio ambiente e as fortes mudanças climáticas.

Figura 1 – Os 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável para Agenda 2030 no Brasil.



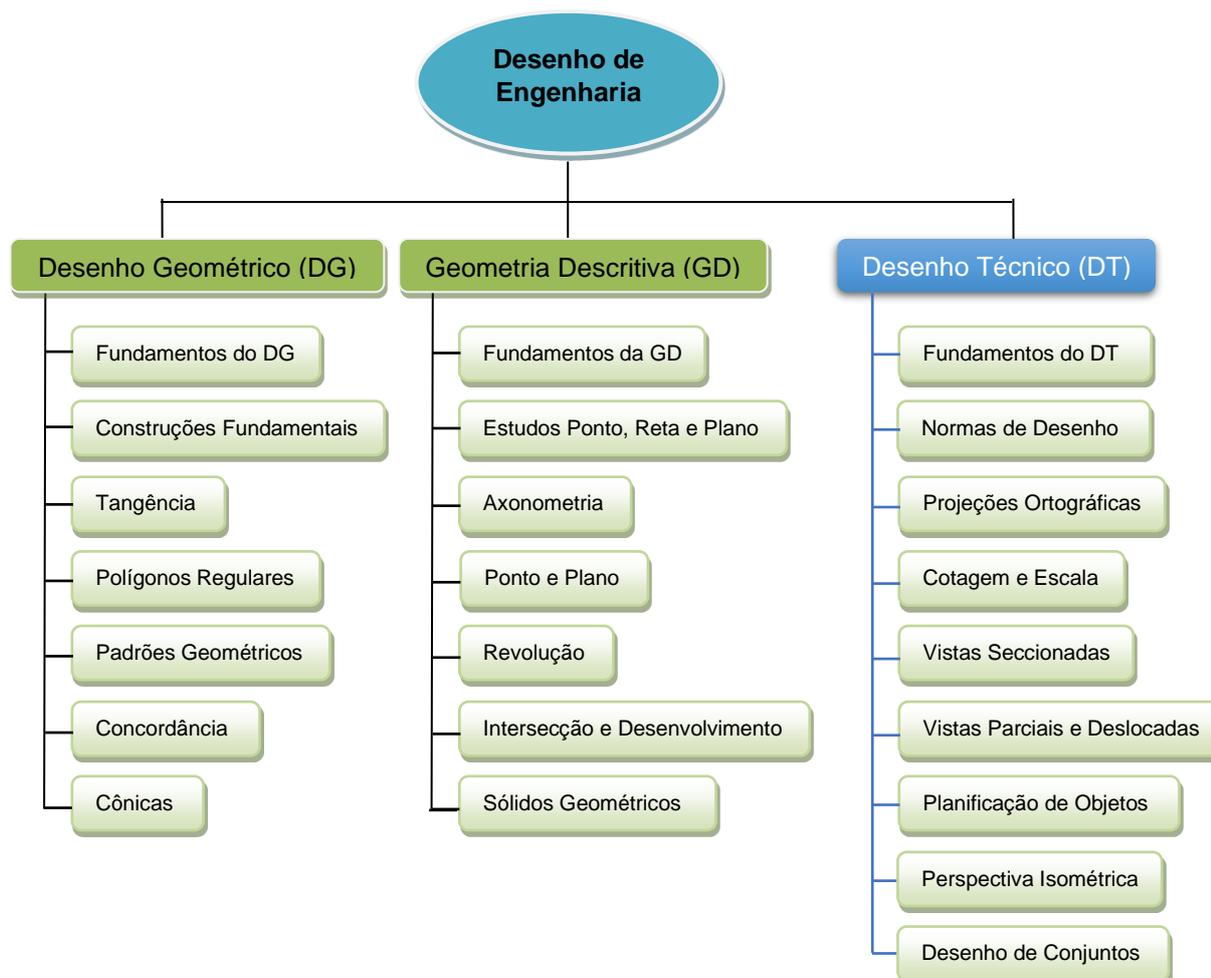
Fonte: ONU-BRASIL (2022).

Na abordagem de técnicas de esboço ao modelamento sólido, foram desenvolvidas aulas de Representação Gráfica (RG), para compreender Desenho Geométrico (DG), aplicar Geometria Descritiva (GD) e se habilitar no Desenho Técnico (DT), nos últimos 2 anos com o Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) do Moodle. Portanto, aulas remotas para o ensino-aprendizagem no ambiente virtual em função da pandemia causada pelo novo coronavírus (COVID-19). As IES adotaram o regime especial de aulas remotas.

2 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA (RG)

A RG é a busca da melhor forma de visualizar informações com grande diversidade de aplicações. Como exemplo temos a representação de processos ou algoritmos com fluxograma; mapas mentais para gestão de conhecimento e informações; a representação de gráficos de planilha; e a partir de elementos simples (linhas, círculos e planos) o DT. O DT é representado com o desenho à mão livre, com instrumentos e com um software CAD. O que resulta na aplicação da GD de forma normalizada de uma linguagem gráfica especializada (DT). Portanto, este trabalho conclui a relação do DT com o DG (SILVA, 2018) e GD (SILVA, 2020), como forma de representação gráfica para o ensino da leitura e interpretação de desenhos técnicos mecânicos, que são base comum dos cursos de engenharia do Departamento de Engenharias da Mobilidade (EMB: Aeroespacial, Automotiva, Ferroviária e Metroviária, Mecatrônica, Naval). Com o domínio dos fundamentos do DG e da GD, fica estabelecida a aplicação atual das normas técnicas (ABNT, 2022) para o desenho de engenharia (Figura 2).

Figura 2. Mapa Conceitual de Representação Gráfica (Desenho de Engenharia).

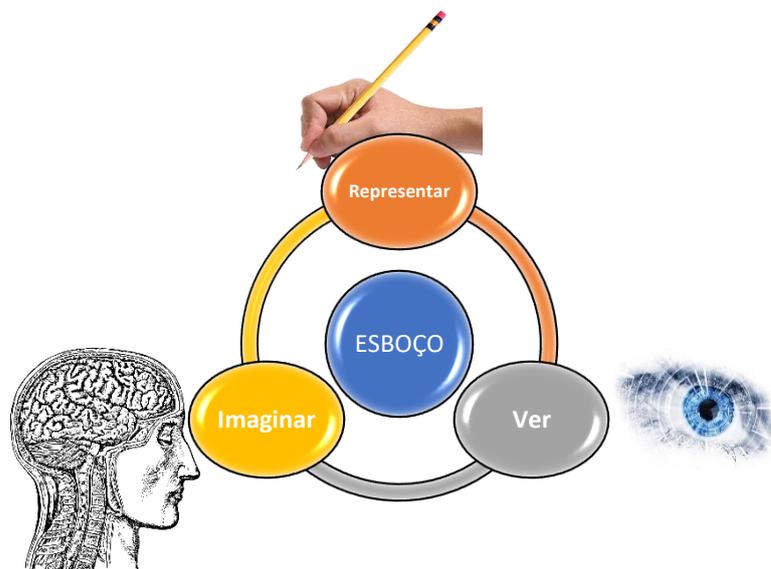


Fonte: Autor (2020/2022).

2.1 Desenho à mão livre

A disciplina inicia com o conceito do esboço como um processo interativo que se baseia no ver (percepção), no imaginar que busca padrões na mente e representar, que é criar esboços do que nossa mente vê (BERTOLINE, WIEBE, 2006) (Figura 3).

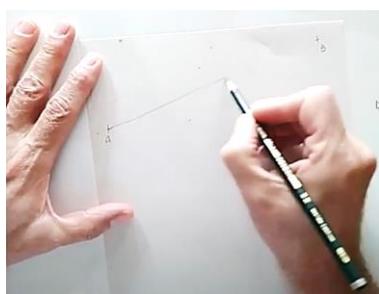
Figura 3. O processo de esboço.



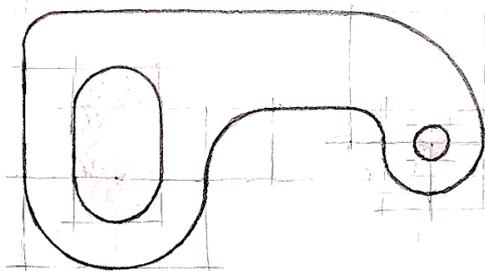
Fonte: Autor (2022) adaptado de Bertoline, Wiebe (2006).

O aprendizado do desenho à mão livre representa a maneira de desenvolver habilidade de transmitir visualmente ideias e conceitos em quantidade e rapidez. Inicia com o traçado de linhas (Figura 4a), geometrias diversas como arcos e circunferências, como: uma projeção de uma peça plana (Figura 4b) e uma perspectiva isométrica (Figura 4c).

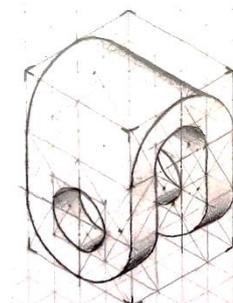
Figura 4. Esboço à mão livre: (a) traçado de linhas; (b) projeção ortográfica e (c) perspectiva isométrica.



(a)



(b)



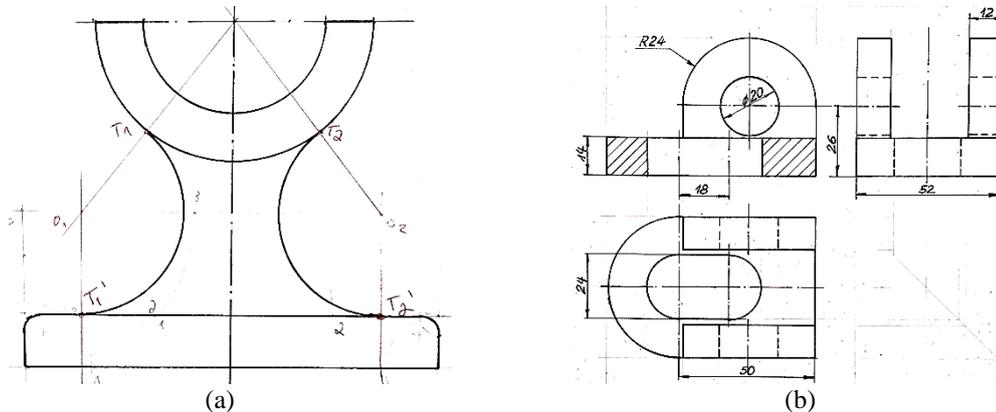
(c)

Fonte: Autor (2021).

2.2 Desenho com instrumentos

Os fundamentos do DT, com o esboço à mão livre, definem o 2D (projeção) e o 3D (perspectiva). Representar o DG com apenas régua e compasso (Figura 5a) e a GD aplicada no DT com o acréscimo do par de esquadros (45° e 30°/60°). Portanto, buscar o conhecimento da norma técnica no uso de instrumentos de desenho (Figura 5b) com habilidade, para que comunicação gráfica aconteça no desenho de engenharia.

Figura 5. Uso dos instrumentos de desenho: (a) concordância DG; (b) projeção ortográfica.

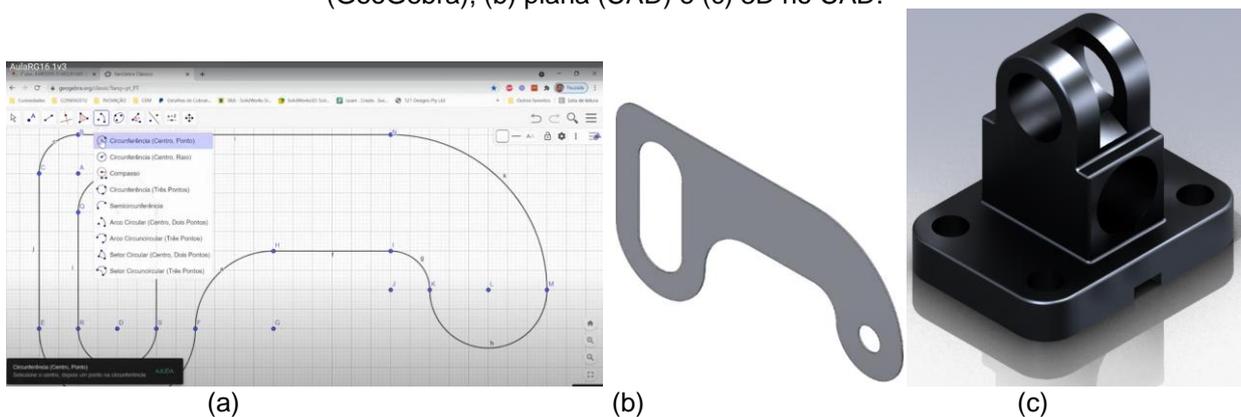


Fonte: Autor (2021).

2.3 Desenho no CAD

O CAD 3D é a ferramenta atual para engenheiros e designers. As videoaulas de CAD são resultado da edição dos vídeos das aulas remotas síncronas passo-a-passo gravadas. Adotando a estratégia de ensino PBL (*Project Based Learning*, a Aprendizagem Baseada em Projetos) com um método de resolver problemas CT (*Computational Thinking*, Pensamento Computacional), estimula projeto final da disciplina com uso de recurso computacional para montagem, detalhamento e animação do projeto desenvolvido. Muitos exemplos são relacionados com as aulas de RG. Além do esboço à mão livre é usado o programa GeoGebra on-line, aplicando um padrão quadriculado e os recursos geométricos (Figura 6a). E também o uso concomitante do CAD SolidWorks® (versão estudantil), para representar peça plana (Figura 6b) e 3D (Figura 6c).

Figura 6. Representação de peças: (a) plana (GeoGebra), (b) plana (CAD) e (c) 3D no CAD.



Fonte: Autor (2022).

3 DESENHO TÉCNICO (DT)

As competências de engenharia quanto aos conceitos de DT, são de representar peças pelas projeções ortogonais e perspectiva isométrica, escolher os cortes e secções para a correta definição de uma peça, selecionar tolerâncias e ajustes de acordo com as normas existentes e cotar peças com tolerâncias de fabricação e acabamento superficial.

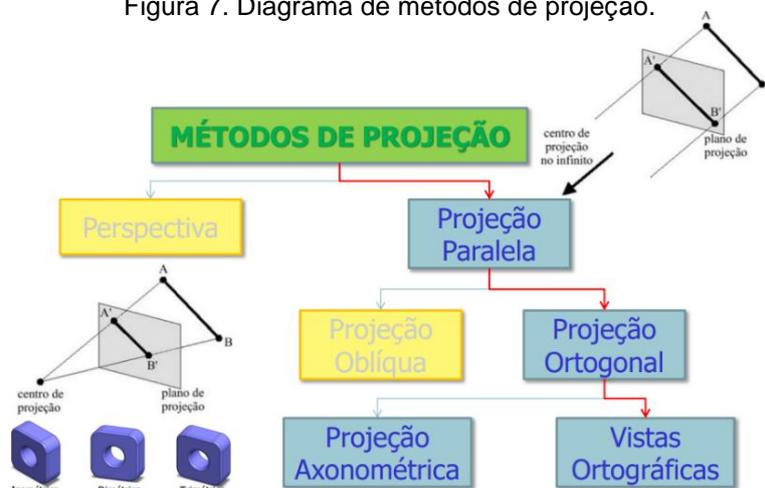
3.1 Fundamentos do DT

Antes do DG são definidos os fundamentos do DT, como: layouts e formatos básicos do papel (NBR 10068), a legenda adotada, os tipos de linhas e suas aplicações. Na sequência são apresentados os instrumentos de desenho e seu uso (SILVA, 2021). A conceituação da normalização e seus objetivos (ABNT, 2022).

3.2 Projeções Ortográficas

As projeções se classificam em perspectiva (projeção cônica) e a projeção paralela (projeção cilíndrica), definidas pela distância do observador ao plano de projeção (Figura 7). Na projeção ortogonal temos a axonométrica, adotada a perspectiva isométrica, e as vistas ortográficas no 1º diedro (Método Europeu) recomendada pela ABNT (NBR 1067).

Figura 7. Diagrama de métodos de projeção.

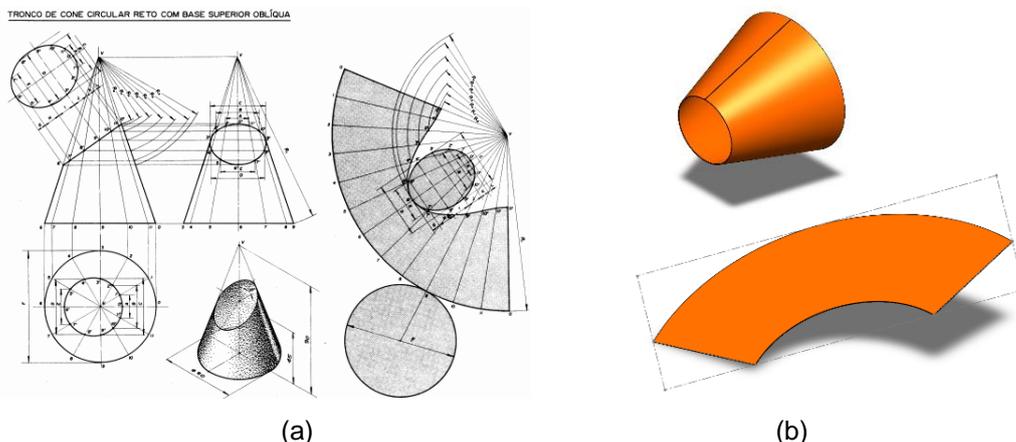


Fonte: Autor (2022) adaptado de Giesecke *et al.*(2002).

3.3 Planificação de Objetos

Quando tínhamos muito tempo para aprender DT em escolas técnicas com uso de instrumentos, era estudado o desenvolvimento (planificação) de peças com formas de cilindros, cones, esferas ou a combinação destes com interseções (Figura 8a). No CAD, podemos criar modelos de peças com o recurso de "Chapa Metálica" (Figura 8b).

Figura 8 – Representação da planificação: (a) modelo da literatura e (b) em um sistema CAD.

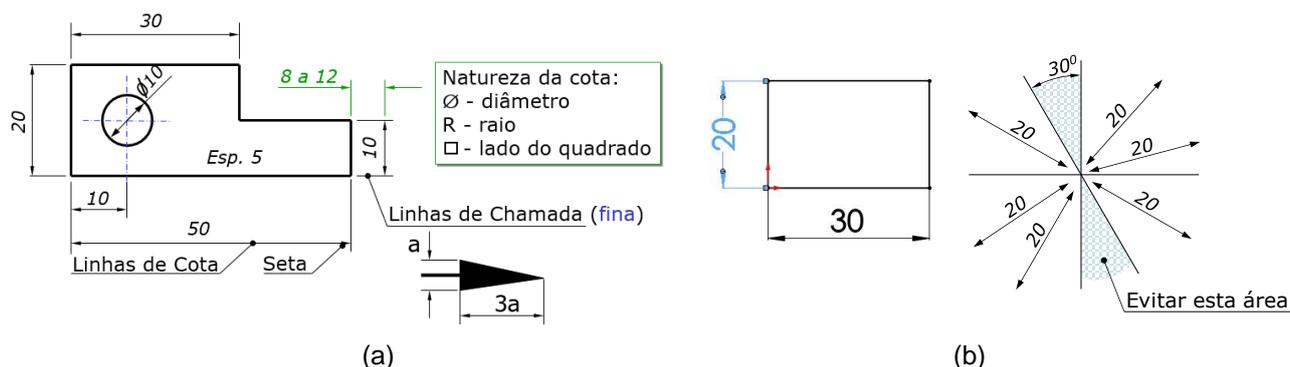


Fonte: Provenza (1979) e Autor (2021).

3.4 Cotagem e Escala

Para estabelecer uma comunicação com a cotagem é preciso conhecer o elemento que está sendo cotado, como: furo, rasgo, recorte, ressalto, ranhura, chanfro, nervura, etc. As linhas de cotas são representadas por linhas finas cheias, para contrastar com as linhas mais grossas que representam o contorno da peça ou objeto (Figura 9a). A NBR 10126 define que os valores das cotas devem estar localizados acima, paralelamente a linha de cota e preferencialmente no centro (Figura 9b).

Figura 9 – Representação gráfica das cotas: (a) elementos da cotagem e (b) localização das cotas.



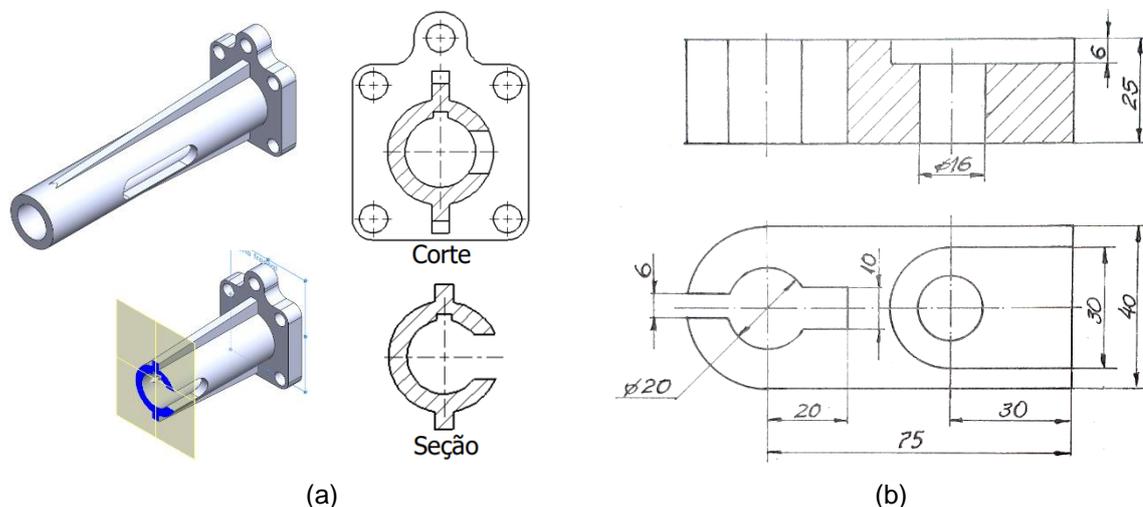
Fonte: Autor (2020).

Sempre que possível deve-se desenhar os objetos em verdadeira grandeza. Como as dimensões de peças de máquinas, estruturas, veículos, aeronaves, trens, navios e sistemas microeletromecânicos (MEMS) (NORTON, 2010, p.85), são distintas. As escalas, além da natural (1:1), a ABNT (NBR 8196) recomenda de redução: 1:2, 1:2,5, 1:5, 1:29, 1:25, 1:100, 1:200, 1:500, 1:1000 e de ampliação: 2:1, 5:1, 10:1, 20:1, 100:1, 500:1, 1000:1.

3.5 Vistas Seccionadas

As vistas seccionais são em cortes e seções (Figura 10a) e podemos representar com instrumentos a vista em corte total com hachuras e cotagem da peça (Figura 10b).

Figura 10 – Vista em corte: (a) no CAD, para diferenciar cortes e seções e (b) com uso de instrumentos de desenho.

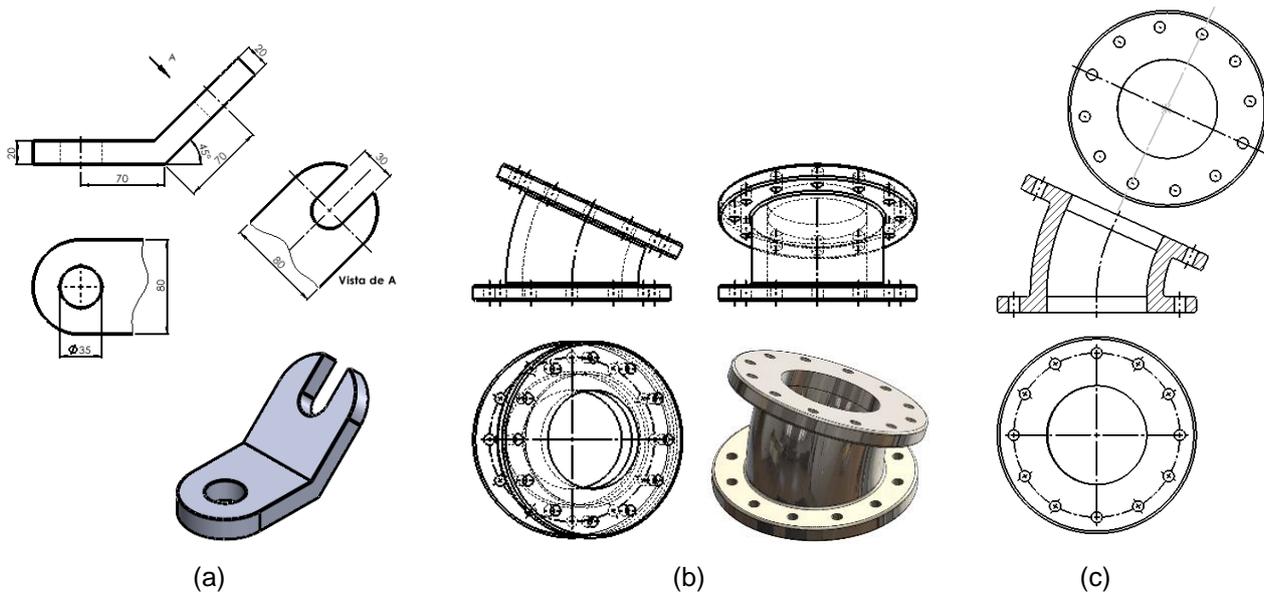


Fonte: Autor (2021).

3.6 Vistas Auxiliares

A principal razão para o emprego de uma vista auxiliar é mostrar a verdadeira grandeza de uma superfície inclinada. Elimina-se assim a necessidade de representar mais vistas, rebatendo os detalhes fora da vista (Figura 11a). Para peça com face inclinada irregular (Figura 11b), simplificar o desenho com vistas auxiliares normais (Figura 11c).

Figura 11– Representação das vistas no CAD: (a) vista auxiliar, (b) vistas ortogonais e (c) vistas parciais.

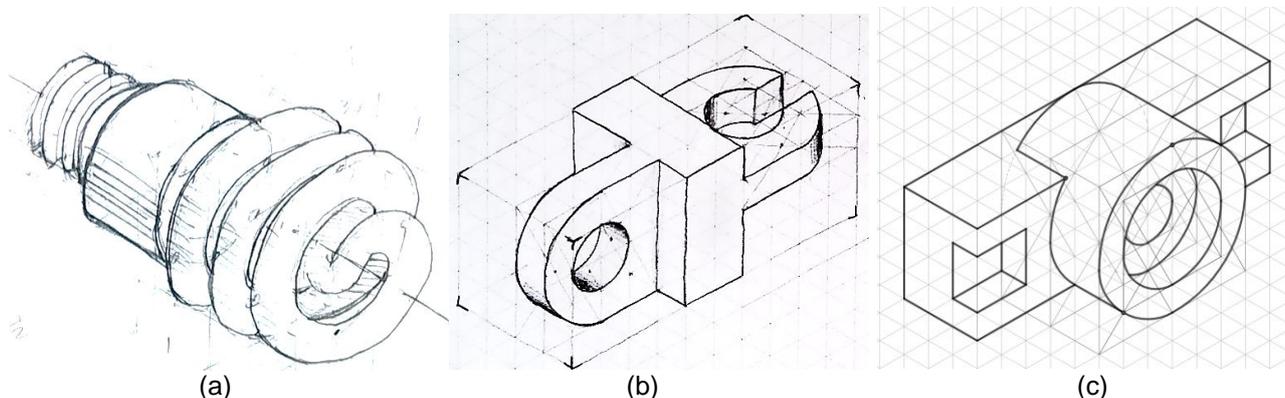


Fonte: Autor (2021).

3.7 Perspectiva Isométrica

No desenho axonométrico temos as perspectivas isométrica, dimétrica e trimétrica (Figura 7). O desenho tridimensional (3D) permite representar em um só plano as três dimensões de um corpo sem que fique alguma dúvida em relação a sua forma e tamanho. MARKLIN (2021) ensina o desenho de perspectiva usando só papel e lápis (Figura 12a). O uso do papel com padrão isométrico (10 mm) para o desenho de perspectiva isométrica (Figura 12b). No GeogGebra é usado o padrão isométrico em ambiente virtual (Figura 12c).

Figura 12. Esboço à mão livre da isométrica de uma peça: (a) sem padrão e (b) com folha padrão.

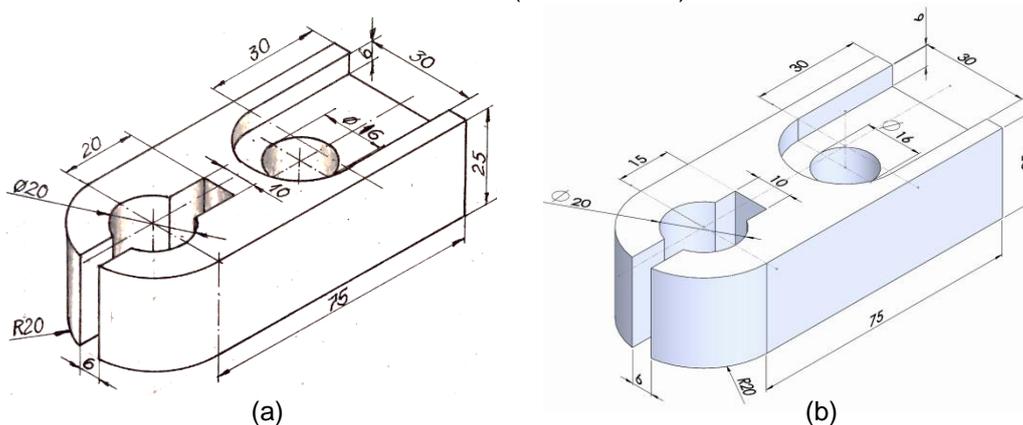


Fonte: Marklin (2021) e Autor (2020).



Na escolha do tipo de perspectiva deve-se levar em conta a simplicidade no traçado e a posição que oferece melhor visão. Já vimos no item 3.5 a representação de uma peça em 2 vistas com a vista frontal em corte total representada com instrumentos (Figura 10b). A perspectiva isométrica da mesma peça é representada com instrumentos (Figura 13a) e no computador com o CAD 3D SolidWorks® (Figura 13b). Os desenhos são equivalentes pois baseiam-se na construção dos mesmos modelos geométricos.

Figura 13. Representação da perspectiva isométrica de uma peça: (a) com instrumentos e (b) com um sistema CAD (SolidWorks®).

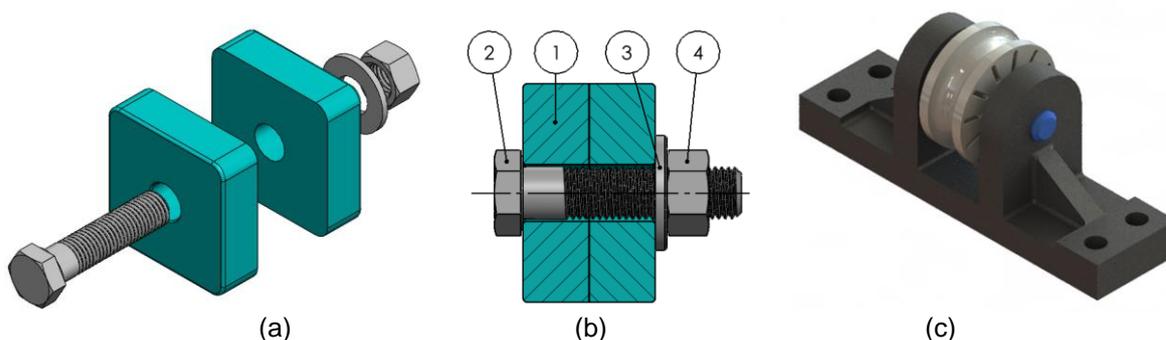


(a) Fonte: Autor (2021).

3.8 Desenho de Conjunto

Os desenhos de execução consistem em desenhos de detalhe, que mostram todas as informações necessárias para fabricar as peças. No desenho de conjunto é indicado de como as peças devem se ajustar. É usada na aula remota de CAD a sequência de passos para obter o detalhamento de um conjunto e sua montagem de forma expressiva. Definido o conjunto, é criada uma configuração da montagem explodida (Figura 14a). Na sequência é criado um desenho de detalhe 2D das peças isoladas a partir da montagem (Figura 14b) com a numeração das peças identificadas com a anotação de balão automático no CAD. Com aulas adicionais de CAD temos o exemplo de renderização de um modelo 3D de montagem (Figura 14c) que se aproxima do aspecto final do conjunto montado.

Figura 14. Representação do desenho de detalhes (SolidWorks®): (a) a vista explodida da montagem, (b) a numeração do conjunto e (c) um modelo 3D renderizado.



(a) Fonte: Autor (2021).

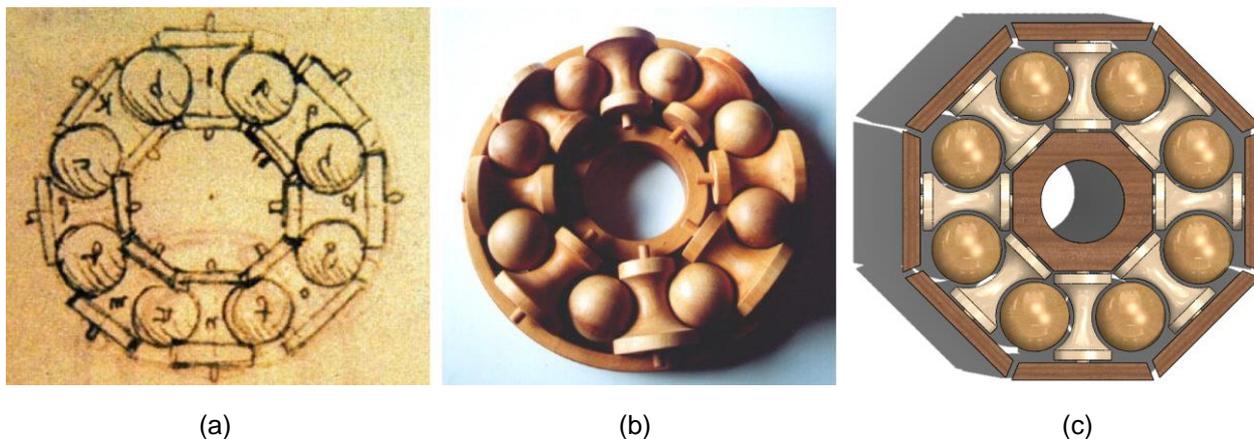




Adotando o PBL (*Project Based Learning*, a Aprendizagem Baseada em Projetos), nas primeiras fases dos cursos de engenharia (KAUSHIK, 2020), desenvolver o projeto de Inventos de Leonardo da Vinci (LdV) empregando os recursos do CAD SolidWorks® para criar o VP (*Virtual Prototype*, Protótipo Virtual). As equipes montaram o conjunto de peças, animaram a vista explodida e os detalhes 2D foram representados no formato A3.

Um exemplo de VP avaliado, do desenho de esboço de Leonardo da Vinci (Figura 15a), foi "O Rolamento de Esferas" com modelo físico (Figura 15b) (ACO, 2022) da equipe 1 da turma de Engenharia Aeroespacial e Mecatrônica (DOPKE, 2022) (Figura 15c).

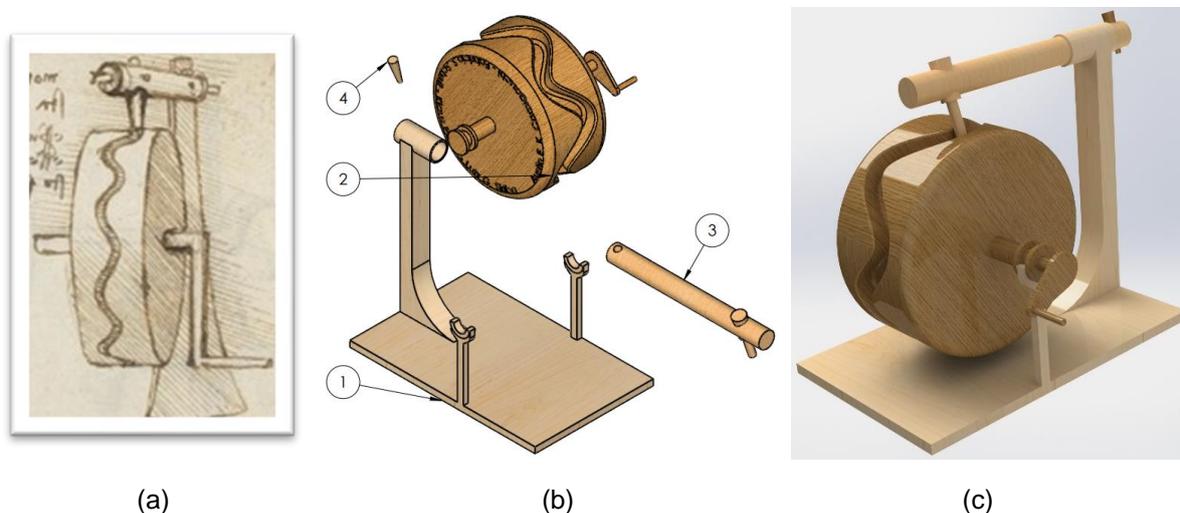
Figura 15 – Representação do Rolamento de Esferas:
(a) esboço de LdV; (b) modelo físico e (c) CAD.



Fonte: Aco (2022) e Dopke *et al.* (2022).

A equipe 5 da turma de Engenharia Automotiva e Engenharia Naval (SKIBA *et al.*, 2022), criou o VP do "Tambor Ranhurado" de Leonardo da Vinci (Figura 16a). Foi feita a representação da vista explodida da montagem no detalhamento (Figura 16b) com animação. O VP funciona com a simulação do movimento oscilante do pino na ranhura do tambor. O conjunto é apresentado na imagem renderizada (Figura 16c).

Figura 16 – Representação de Tambor Ranhurado de da Vinci: (a) esboço de LdV; (b) vista explodida do conjunto em CAD e (c) imagem no CAD (*rendering*).



Fonte: Leonardo Interactivo (2022) e Skiba *et al.* (2022).



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em tempo de pandemia do Coronavírus, foi necessário adotar o processo de ensino-aprendizagem de forma remota num AVA. O que exige modelos e métodos de trabalho que nos aproxima da transformação digital que tem acelerado o crescimento do trabalho remoto. Para o professor, uma transformação de sua prática pedagógica e um desenvolvimento profissional. Para o acadêmico saber resolver problemas com o Pensamento Computacional (CT) orientado.

Mesmo sabendo do grande avanço da inteligência artificial (AI) e da automação na indústria, quanto maior for o domínio na RG com as técnicas do esboço à mão livre e com instrumentos, na formação profissional do aluno de graduação, o uso de CAD se sustenta. Isto é identificado nos resultados do trabalho das equipes, porque se empenharam em realizar pesquisas e a aplicar o conhecimento e habilidades desenvolvidas nas aulas síncronas e assíncronas do modelo de ensino remoto com PBL. Uma solução surpreendente, para o grau de complexidade definido na disciplina de primeira fase dos cursos de engenharia, com modelagem sólida CAD 3D e VP funcional.

Se nos preocupamos com desenvolvimento sustentável, também podemos ficar estarecidos com o grande salto que as engenharias podem dar com o entendimento prático da computação quântica nas aplicações que podemos ter também com os avanços da ciência, da IA, e da robótica. As tecnologias e o conhecimento científico se aprimoram, o que exige estruturar conteúdo para novas realidades, que sempre desafiam o professor para atender expectativas na formação de engenheiros periodicamente.

A formação de engenheiros depende de acesso à internet, de sua infraestrutura e uma educação de qualidade e digital, gerando grande dificuldade de criar uma consciência acadêmica no desenvolvimento sustentável (PWC, 2022). A solução pode ser, como o uso do CAD SolidWorks®, fazer a Análise do Ciclo de Vida de um produto considerando: a extração da matéria prima, o processamento do material, a fabricação de peças, a montagem, o uso do produto e o fim da vida útil (DASSAULT, 2009).

Na engenharia ainda o entendimento da mecânica é newtoniano. Esta mecânica não pode ser aplicada a velocidade relativista de Einstein. Falbriard e Brosso (2020) escrevem sobre implementações da computação quântica e da linguagem da programação universal executados em processadores quânticos verdadeiros. Empresas como IBM, Google, afirmam terem atingido "supremacia quântica" como a China, ao resolver em segundos, o cálculo que um computador clássico levaria milhares de anos, o que nos remete a participar da evolução da engenharia aplicada na indústria. Entender como a Computação Quântica pode desenvolver a RG é um grande desafio e uma quebra de paradigma do que hoje temos como recursos da Computação Clássica e Gráfica empregados. Essa é uma sinalização para tempos de grandes avanços da humanidade e descobertas direcionadas para a saúde, economia, engenharia e para a área da sustentabilidade que se deve priorizar.

REFERÊNCIAS

ABNT. **Home Page da Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Disponível em: <http://www.abnt.org.br>. Acesso em: 20 abr. 2022.

ACO. **Rolamento de Esferas de Leonardo da Vinci**. Disponível em: <https://aco.com.br/4851/>. Acessado em: 09 mar. 2022.

AIMT. Vagas para Mestres e Doutores no Latin American Quantum Computing Center (LAQCC) do SENAI CIMATEC. Disponível em:

<https://escritorioaimt.ifsc.usp.br/vagas-para-mestres-e-doutores-no-latin-american-quantum-computing-center-laqcc-do-senai-cimatec/>. Acesso em: 10 nov. 2021.

BERTOLINE, Gary; WIEBE, Eric. **Engineering Graphics - Fundamentals of Graphics Communication.** Fifth Edition. McGraw-Hill, 2006. 816 p.

DASSAULT, S. S.C. **Projeto Sustentável SolidWorks® – Uma introdução a seleção de materiais e reprojeto sustentável.** Dassault Systèmes SolidWorks® Corporation, 2009.

DOPKE, Tiago Porsch *et. al.* **Projeto Máquinas e Mecanismos de Leonardo da Vinci – Rolamento Radial.** Turma Engenharia Aeroespacial e Engenharia Mecatrônica. Aula de Representação Gráfica, 16 mar. 2022.

FALBRIARD, Claude; BROSSO, Ines. **Computação Quântica – A Realidade de uma Nova Era.** Rio de Janeiro: Alta Books, 2020.

GIESECKE, F. E. *et. al.* **Comunicação gráfica moderna.** Porto Alegre: Bookman, 2002. 534 p.

KAUSHIK, M. **Evaluating a First-Year Engineering Course for Project Based Learning (PBL) Essentials.** 9 Word Engineering Education Forum, WEEF 2019. Procedias: Computer Science, 2020.

LEONARDO INTERACTIVO. **Códice Madrid I.** Disponível em:
<http://leonardo.bne.es/index.html>. Acesso em: 09 mar. 2022.

MARKLIN, R. W., Jr. **Freehand Sketching for Engineers – Video 1 – Introduction – Marklin.** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=w9ivFPBB2s>. Acesso em: 25 out. 2021.

NORTON, Robert L. **Cinemática e dinâmica dos mecanismos.** Porto Alegre: McGraw Hill; AMGH, 2010. xix, 800 p.

ONU-BRASIL. **Home Page Nações Unidas Brasil – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 20 abr. 2022.

PROVENZA, F. **Desenhista de máquinas.** São Paulo: Escola PRO-TEC, 1978, 384 p.

PWC. **O abismo digital no Brasil.** Disponível em:
<https://www.pwc.com.br/pt/estudos/preocupacoes-ceos/mais-temas/2022/o-abismo-digital-no-brasil.html>. Acessado em: 09 mar. 2022.

SKIBA, Luiz Gustavo *et. al.* **Projeto Máquinas e Mecanismos de Leonardo da Vinci – Tambor Ranhurado.** Turma Engenharia Automotiva e Engenharia Naval. Aula de Representação Gráfica, 15 mar. 2022.

SILVA, Evandro Cardozo da. **Representação Gráfica – Ensino de Desenho Geométrico com Instrumentos e CAD na Engenharia.** COBENGE2018-XLVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2018, Salvador, BA.

SILVA, Evandro Cardozo da. **Representação Gráfica – Ensino de Geometria Descritiva com Instrumentos e CAD na Engenharia.** COBENGE2020-XLVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2020. Evento On-line.

SILVA, Evandro Cardozo da. **Representação Gráfica: Disciplina de Desenho de Engenharia dos Cursos de Engenharias da Mobilidade - UFSC.** Notas de Aula. Arquivo PDF, 89 p., jun-set de 2021.

GRAPHIC REPRESENTATION - TECHNICAL DRAWING TEACHING WITH INSTRUMENTS AND CAD IN ENGINEERING

Abstract: *With CAD (Computer-Aided Design) we can develop products with VP (Virtual Prototype). In the training of engineers who have the conventional paradigm of engineering mechanics curricula, the basis for training courses in the Mobility Engineering Department (EMB) (automotive, aerospace, mechatronics, rail and naval), they learn CAD in the second phase and CAE (Computer-Aided Engineering) in the later phases. Through the design practices of the competition teams (Baja-SAE, Barco Solar, Formula-SAE, Energy Efficiency, Aerodesign, etc.) students seek knowledge and skill in virtual technology that can be exploited and ensure physical prototype RP (Rapid Prototyping) and CNC (Computer Numerical Control) validate the VP with continued use of CAD and CAE. With this experience in the projects involved, the student learns engineering in a different way as a new paradigm in mechanical-based curricula. In this work, the Graphic Representation (GR) is defined as the first step in the analog competence, with instrument drawings, and in the digital competence that can be with the concomitant use of a CAD system. The GR presents the fundamentals of Geometric Drawing (GD) and Descriptive Geometry (DG) applied in Technical Drawing (TD), with balance and precision. With the experience of drawing with instruments and the continuous use of CAD, we should prepare the engineer to develop his visual spatial ability on the drawing board with the development of the skill of freehand sketching technique to create design ideas quickly and accurately. Thus, with this skill, your digital competence in the precise use of a CAD system is completed. The transition, or even the simultaneous use, from the drawing board to CAD has made the GeoGebra application a user-friendly solution that can be adopted in other disciplines, even in the initial stages. The fundamentals of GD and GD have already been exposed, the TD in the GR is presented with the teaching-learning process in the special regime of remote classes. As a result of the PBL (Project-Based Learning) method adopted, this audience found the competence recognized in GR in a digital environment. With the use of an established and very popular 3D CAD, SolidWorks® educational version, it is possible to develop sustainable projects with the Sustainability add-in.*

Keywords: *Graphic Representation. Technical Drawing. CAD. PBL. VP.*