

## **REPRESENTAÇÃO GRÁFICA – ENSINO DE DESENHO GEOMÉTRICO COM INSTRUMENTOS E CAD NA ENGENHARIA**

**Evandro C. da Silva** – evandro.cardozo@ufsc.br  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC  
Centro Tecnológico de Joinville - CTJ  
Rua Dona Francisca, 8300 – Distrito Industrial  
CEP:89219-600 – Joinville – Santa Catarina.

**Resumo:** *Tivemos grandes avanços recentes na engenharia com a evolução dos recursos de sistemas CAD (Computer-Aided Design). Defende-se a importância do uso do esboço e instrumentos de desenho de prancheta para transição do uso absoluto de CAD e as ferramentas de engenharia relacionadas (CAE - Computer-Aided Engineering Computer e CAM-Computer-Aided Manufacturing) que são a base para integração tecnológica da indústria 4.0. Pela herança milenar do desenho geométrico (DG) podemos iniciar este processo tão rico e abrangente que acompanha decisivamente a história da humanidade e influenciou no seu crescimento e no bem produzido com o uso inteligente de seus recursos e consequente evolução da sociedade. A experiência prática em empregar CAD de aulas de desenho no Departamento de Engenharias da Mobilidade da Universidade Federal de Santa Catarina, que sustenta cinco cursos de engenharia veicular (Automotiva, Aeroespacial, Ferroviária e Metroviária, Naval e Mecatrônica) bem como na área civil (Engenharia de Transporte e Logística e Engenharia de Infraestrutura), representam uma grande oportunidade de inovar ou buscar a excelência no ensino de desenho de engenharia que pode ser sustentável quando atende a formação acadêmica para uma nova revolução industrial.*

**Palavras-chave:** Representação Gráfica. Desenho Geométrico. CAD. Indústria 4.0.

### **1 INTRODUÇÃO**

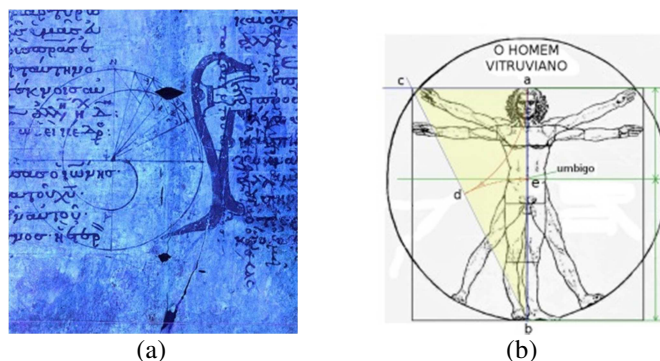
O ensino de desenho tem um papel importante para a formação de engenheiros para uma indústria 4.0 (quarta revolução industrial) que se fundamenta em tecnologia digital (sistemas ciber-físicos). Os conceitos da representação gráfica são essenciais do desenho de engenharia e seu ensino é base para uso adequado de recursos tecnológicos atuais. O melhor aproveitamento das ferramentas computacionais está em desenvolver a habilidade da representação em esboço a mão livre e com uso de instrumentos de desenho a capacidade de representar o esboço e chegar ao modelo geométrico 3D e adoção de normas técnicas (ABNT) precisas em programas de modelagem.

O uso de CAD (Desenho Auxiliado por Computador) tem sido indispensável no desenvolvimento de projetos de engenharia. A grande evolução de hardware e software demanda aprendizagem de ferramentas para atividade profissional que busca na representação gráfica adequada o desenvolvimento tecnológico. O uso adequado de CAD se sustenta nos conceitos fundamentais de desenho, como: Desenho Geométrico (DG), Geometria Descritiva (GD) e Desenho Técnico (DT) (SILVA, 2011).

O DG é a base fundamental para o entendimento dos fundamentos da representação gráfica e essencial no ensino de desenho na engenharia e uso recursos tecnológicos atuais. Para um conhecimento que se tem registro a mais de 2000 anos, se molda dedutiva na Grécia

antiga como trabalhos de Arquimedes (Figura 1a) com os grandes filósofos, pensadores e matemáticos (Sócrates, Platão, Aristóteles, Pitágoras), que muito sintetiza hoje o conhecimento técnico da representação gráfica que Leonardo da Vinci desenvolveu na Renascença (Figura 2a). Grande impulso que revolução industrial e os conflitos mundiais trouxeram para o desenho técnico e garantia de projeto e fabricação de máquinas e equipamentos que facilitaram a vida das pessoas. Propomos com este trabalho abordar de forma separada o DG e a GD e posterior reportar a experiência de fato do CAD no DT com maestria. Pelo reduzido tempo de abordagem de conteúdos essenciais na formação de engenheiros torna necessário antecipar os fundamentos do uso de CAD concomitantemente com os conceitos do desenho de engenharia. O uso da internet como ferramenta de busca de informações tem auxiliado no complemento do que se vê em sala de aula restrito pelo tempo.

Figura 1 – Representação gráfica na história da humanidade: (a) Espiral de Arquimedes; (b) Homem Vitruviano.



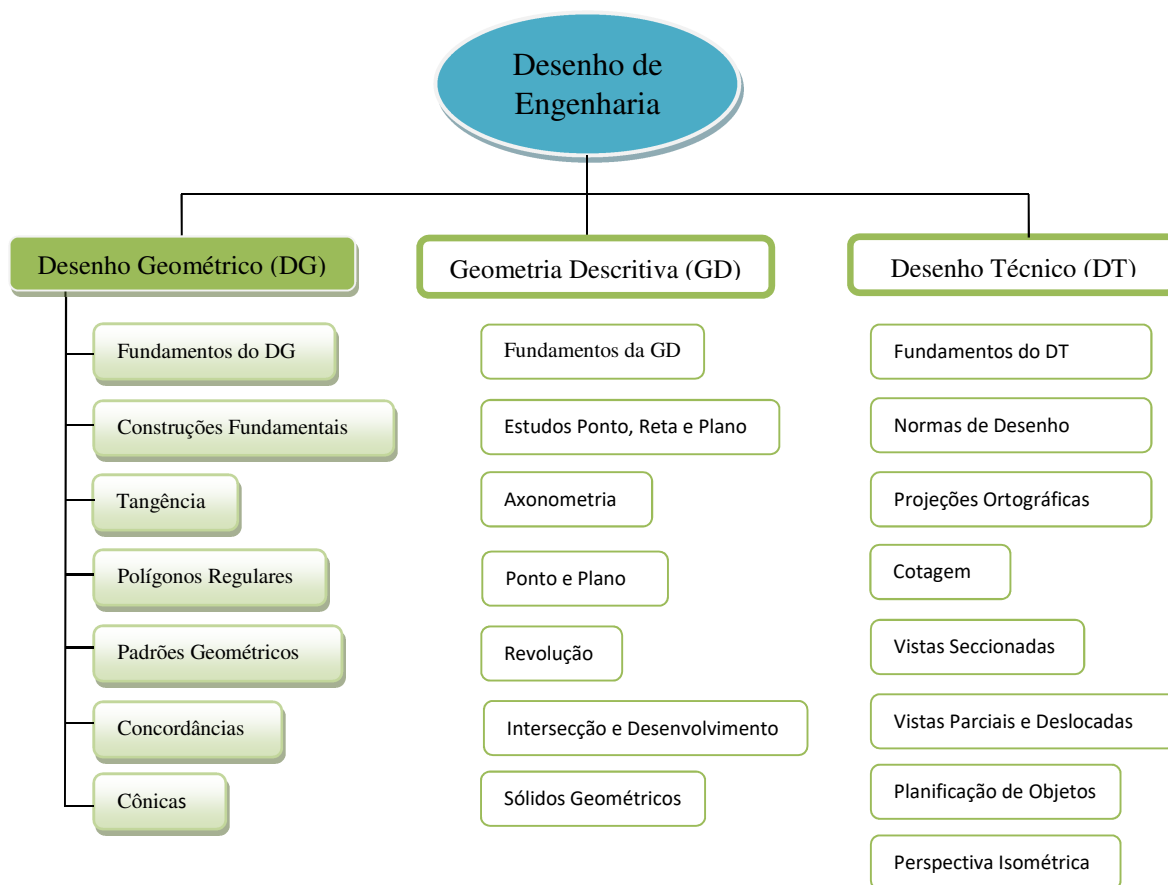
Fonte: El Comercio (2018) e Leonardo Interactivo (2018).

## 2 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

Representação Gráfica do desenho de engenharia é a linguagem mais completa para o projeto de engenharia na visualização, comunicação e documentação. Representa 92% do sistema de projeto na engenharia e os outros 8% se dividem na matemática e comunicação verbal e escrita (BERTOLINI e WIEBE, 2006). Baseamos a abordagem do desenho de engenharia pela proposta de representação gráfica (Figura 2) que permanece a forma mais efetiva para a comunicação de conceitos de engenharia, de um passado remoto ao estágio atual da indústria 4.0. Sistemas produtivos nas indústrias 4.0 ainda se baseiam em conceitos tradicionais e modernos de projeto quando se forma profissionais com domínio de ferramentas, fundamentos gráficos, padrões e normas de desenho de engenharia (ABNT, 2018).

Para resolver problemas de engenharia e se comunicar graficamente é compreender a importância dos fundamentos da representação gráfica e ter desenvoltura no manejar ferramentas modernas na prática profissional. A proposta é fazer uma releitura e atualização dos domínios atuais que compreendem o estado da arte na representação gráfica e que define os fundamentos para o uso de um sistema CAD adotado (SolidWorks®). Abordar conceitos de desenho geométrico (DG) com desenho a mão e instrumentos como preparação no desenho 2D para o uso adequado de CAD e sua integração com o projeto produzindo modelagem sólida 3D.

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



Fonte: Autor (2018).

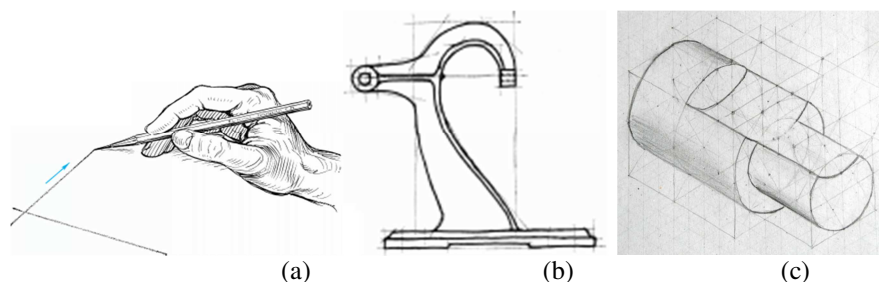
## 2.1 Desenho a mão livre

Podemos rapidamente trocar ideias no projeto de engenharia usando técnicas de esboço a mão livre como instrumento de desenvolver a habilidade de visualização na engenharia (GIESEKE, 2002). Em função da mudança da comunicação da informação técnica na forma gráfica se adota um sistema CAD mas que não pode preceder o aprendizado do desenho de esboço. A mais de 20 anos se constata uma transição entre gerar a ideia inicial no papel através do esboço a mão livre e o uso concomitante do CAD para a formação de técnicos e engenheiros (BESTERFIELD & HOGAN, 1997).

O desenho de esboço precisa apenas de papel e lápis (Figura 3a). O lápis com diferentes durezas garantem a diferença do traçado de linha que é a base para a comunicação técnica do desenho. O papel como material do esboço pode ser usado com padrão impresso de quadriculado e isométrico ou com guias com estas duas configurações. Isto pode garantir uma precisão na aprendizagem do desenho de vistas (projeções ortográficas) (Figura 3b) e da representação de perspectiva isométrica (Figura 3c).



Figura 3. Esboço a mão livre: (a) traçado de linhas; (b) projeção ortográfica e (c) perspectiva isométrica.



Fonte: Giesecke (2002) e Autor (2018).

## 2.2 Desenho com instrumentos

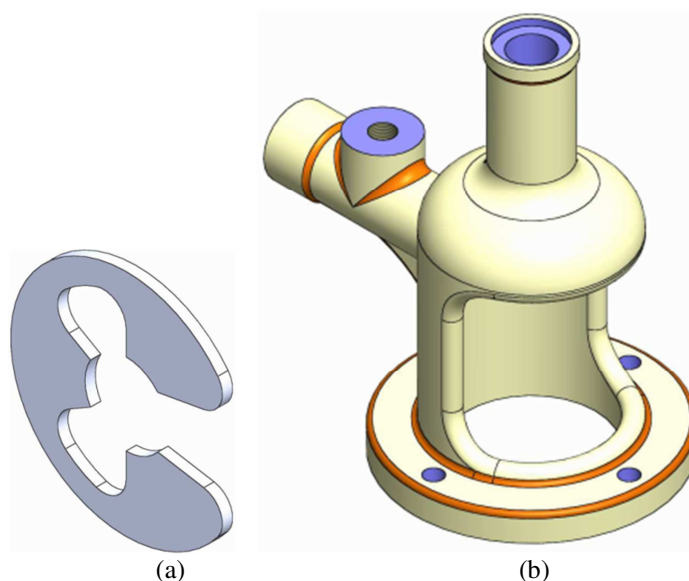
Embora todo o desenho do projeto pode ser diretamente desenvolvido no CAD pelo engenheiro, isto representa um risco, pois neste sistema as ideias nem sempre são desenvolvidas a contento.

O uso adequado de instrumentos de desenho desenvolve a habilidade de representar através do desenho técnico com precisão peças e conjuntos que formam o projeto de engenharia. A aprendizagem do desenho técnico para a formação de engenheiros é indispensável para que as ideias e os projetos desenvolvidos possam ser fabricados com precisão.

## 2.3 Desenho no CAD

As geometrias geradas no CAD seguem a sequência lógica para a construção de peças e baseia-se na escolha de um plano para criar o esboço 2D (DG), na sequência a forma geométrica principal da peça que se representa com entidades de esboço disponíveis. No sistema CAD se pode criar com geometria 3D com precisão (GD) (Figura 4) que são interpretadas e processadas para máquinas ferramentas CNC que representam integração tecnológica da indústria 4.0 para aumento da eficiência de processos de manufatura.

Figura 4. Representação de peça em um sistema CAD: (a) geometria plana e (b) 3D.



Fonte: Autor (2018).

### 3 DESENHO GEOMÉTRICO (DG)

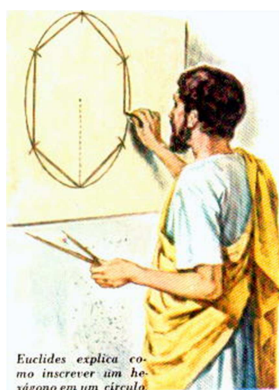
O Desenho Geométrico é um capítulo da Geometria que, com o auxílio de dois instrumentos, a régua e o compasso, se propõe a resolver graficamente problemas de natureza teórica e prática. Conseguir uma técnica e precisão construtiva de maestria através da marcha racional de construção, segundo Carvalho (1970), deveria ser o desenvolvimento natural de uma sequência de raciocínio matemático.

O uso de recursos para o ensino de desenho tem se modificado com o desenvolvimento tecnológico e indica a necessidade do emprego de novas abordagens didáticas. Adota-se os mais variados recursos no desenho como régua e compasso de madeira para traçar em lousa branca (SILVA, 2011). Esta prática foi utilizada na representação da síntese de mecanismos no quadro e validada em um sistema CAD (SILVA, 2016). Atualmente se adota o traçado a mão livre e a representação projetada do uso de um sistema CAD (SolidWorks®) observando as etapas da resolução de construção geométrica como é ilustrado neste trabalho.

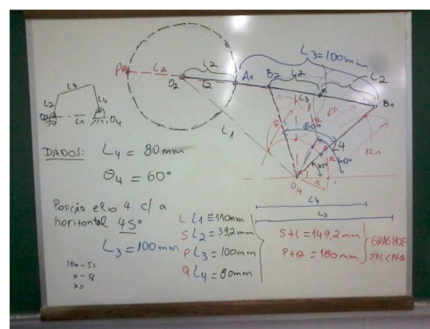
#### 3.1 Fundamentos do DG

A origem da geometria, segundo o grego Heródoto (V a.C.), se deve a necessidade de demarcar as terras (tarefa dos primeiros agrimensores) a margem do rio Nilo no Egito e para Aristóteles se deve a classe sacerdotal do Egito. Como ciência dedutiva é na Grécia antiga que tem seu maior crescimento com a obra de Euclides (300 a.C.) "Os Elementos". Conhecer a história é reconhecer a influência da geometria na matemática e consequente aplicação na engenharia. Abordando a lógica imutável do desenho geométrico, referenciando-se os principais pensadores e suas soluções para problemas de geometria, resgata a grande contribuição que também gregos como Tales de Mileto (600 a.C.), Pitágoras, Arquimedes, Apolônio, todos influenciados pelas grandes obras da civilização egípcia. O trabalho dos gregos aos tempos modernos representam a geometria e o desenho como melhor forma de ensino, demonstrando a solução de seus problemas expondo primeiro no quadro (Figura 5).

Figura 5. Representação de desenho geométrico com uso de régua e compasso: (a) Euclides e (b) lousa branca.



(a)



(b)

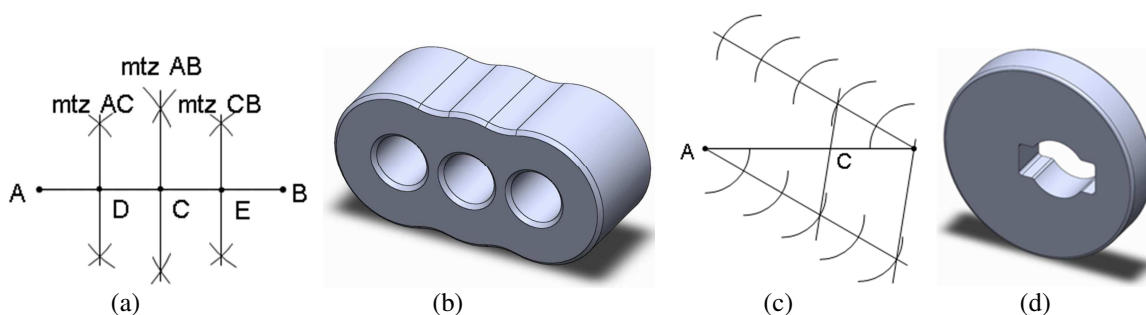
Fonte: Euclides (2018) e Silva (2016).

#### 3.2 Construções Fundamentais

Os conceitos de construção de elementos geométricos básicos são fundamentais para o desenho com instrumentos e CAD. Conceitos como ponto, linhas, ângulos, triângulos, quadriláteros, polígonos, círculos e arcos são usados em sistemas CAD como ferramentas de esboço, para criar geometria do perfil do objeto a ser modelado. No CAD é fácil encontrar o

ponto médio de uma reta. Já com instrumentos de desenho, devo empregar construções geométricas. Usando régua e compasso e conhecendo as propriedades e sequencia de operações, posso traçar a mediatriz de um segmento ou arco definido, traçar retas perpendiculares, traçar retas paralelas, bissetriz de um ângulo, traçado de retas oblíquas e divisão de segmentos. Com instrumentos de desenho e CAD podemos criar geometrias para aprendizagem da aplicação das construções fundamentais (Figura 6).

Figura 6. Divisão de segmentos: Processo de mediatriz: (a) usando régua e compasso e (b) modelo CAD 3D; Processo de partes fracionárias proporcionais: (c) usando régua e compasso e (d) modelo CAD 3D.

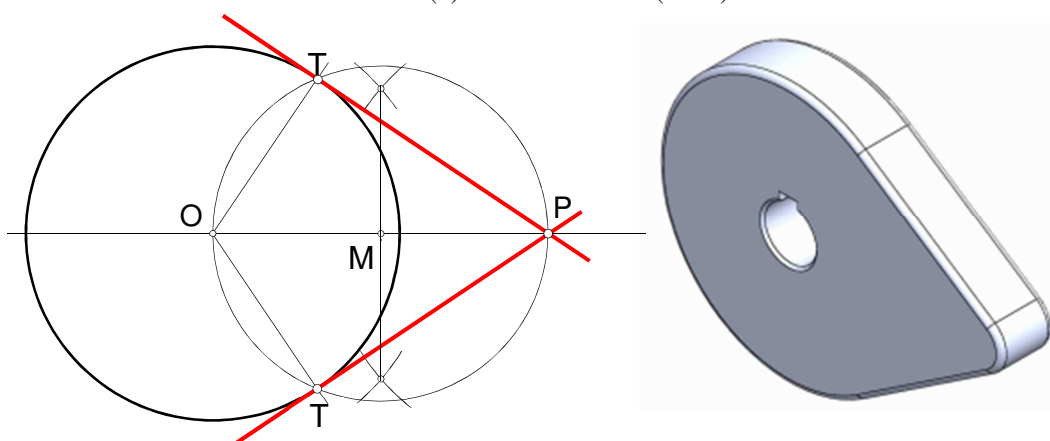


Fonte: Autor (2018).

### 3.3 Tangência

Para que uma reta seja tangente a uma circunferência, ela deve ser perpendicular ao raio no ponto de tangência. Este conceito deve ser levado em consideração na modelagem de peças no CAD quando se verifica as relações geométricas entre a geometria e as dimensões que definem o esboço do objeto. Isto garante a liberação de uma peça para a fabricação quando o esboço está totalmente definido. A Figura 7a mostra a ilustração do modelo de traçado para uso de régua e compasso e CAD 3D que representa um came (Figura 7b).

Figura 7. Traçado de tangente a circunferência que passa por um ponto: (a) usando régua e compasso e (b) modelo CAD 3D (came).



Fonte: Autor (2018).

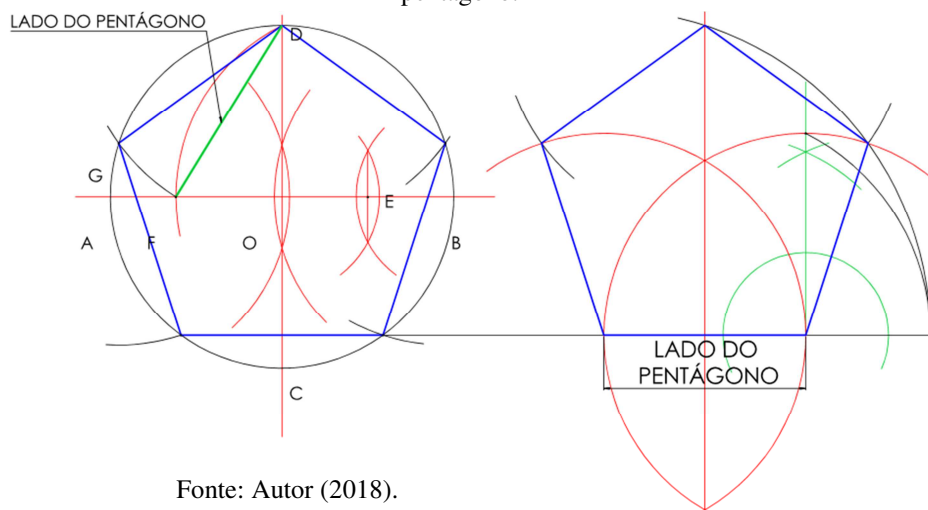
### 3.4 Polígonos regulares

O polígono se denomina regular quando todos seus lados são iguais e todos os ângulos internos são do mesmo tamanho. Um triângulo e um quadrado são polígonos regulares de 3 e 4 vértices. O polígono tem um raio interno e externo definido e seu traçado com linhas e arcos



depende da construção matemática particular em função do número de seus lados. Na Figura 7 vemos o traçado de um polígono, que era importante para Pitágoras já no século VI a. C. (CARVALHO, 2010), que é o pentágono. Hoje seu traçado é mostrado conhecendo a circunferência inscrita (Figura 8a) e conhecido seu lado (Figura 8b).

Figura 8. Traçado de um pentágono no CAD com orientação para desenho com instrumentos: (a) inscrito na circunferência e (b) dado o lado do pentágono.

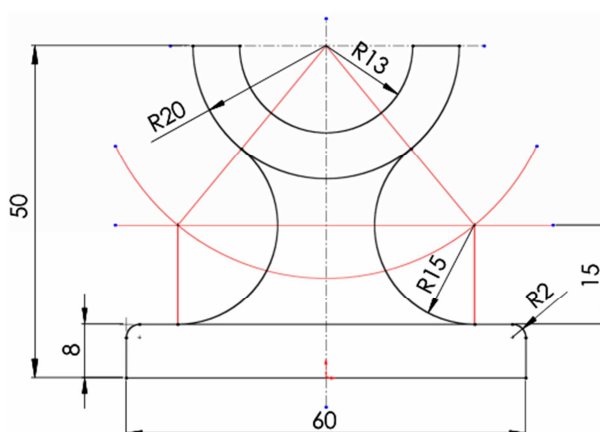


Fonte: Autor (2018).

### 3.5 Concordâncias

Para o uso com régua e compasso existe uma infinidade de traçados de concordâncias de duas linhas curvas ou de uma reta com uma curva são definidos sem ângulo, inflexão nem solução de continuidade Carvalho (1970). Os processos de representação pode definir o traçado definido de geometria e dimensão para o uso de instrumentos de desenho a partir do conceito preciso definido pelo CAD (Figura 9).

Figura 9. Traçado de concordância usando modelo de esboço em CAD.



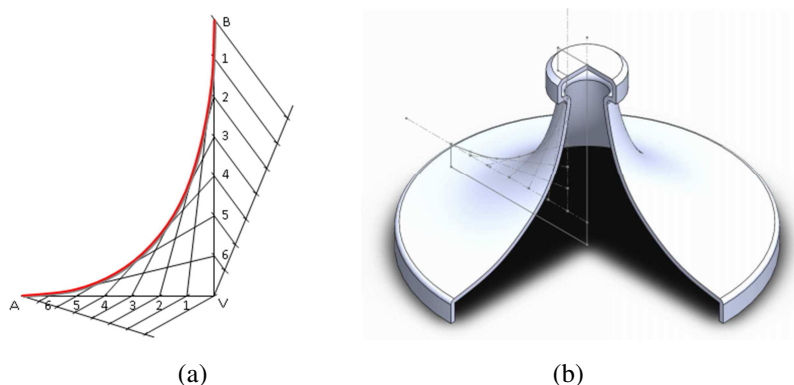
Fonte: Autor (2018) – Adaptado de Giesecke (2006).

### 3.6 Cônicas

Cônicas são as curvas resultantes de secções planas feitas numa superfície cônica. O estudo da cônicas foi iniciado pelos gregos, destacando-se as figuras de Euclides. Ao passar um plano secante a uma esfera, a superfície truncada terá sempre o perfil de uma circunferência. Já para um cone de duas folhas teremos uma circunferência se o plano secante

é perpendicular ao cone. Analisando planos secantes que cortam o cone citado, teremos em função da posição relativa em relação a base, geratriz e eixo as figuras conhecidas das cônicas. As cônicas tem grande variedade de aplicação que vão da trajetória dos planetas do sistema solar a antenas de comunicação parabólicas. O recurso de traçado aproximado de um perfil parabólico (Figura 10a) em notas de aula de Silva (2018) e pode ter uma geometria suave e fácil de identificar no modelo CAD 3D (Figura 10b).

Figura 10. Traçado de um perfil parabólico: (a) exemplo para o uso de instrumentos e (b) um modelo de esboço em CAD com recurso de casca para um sólido de revolução.



Fonte: Autor (2018).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que a tecnologia está em constante evolução exige o desenvolvimento de aulas cada dia mais aprimoradas. O DG tem grande importância nos processos de ensino e aprendizagem e deve desenvolver a capacidade de se representar graficamente pelo uso de instrumentos de desenho e ter no desenho a mão livre capacidade de compreender que o desenho manual se estende até encontrar limitação em função da complexidade.

No trabalho de mestrado do matemático Várhidy (2010) vemos a experiência do ensino de desenho geométrico e o desafio no ensino de geometria e álgebra, propondo um trabalho que considera o DG uma ponte entre a álgebra e a geometria. Estas iniciativas nos dão esperança em resgatar o desenho para que na engenharia não seja um empecilho mas o reconhecimento como principal ferramenta do engenheiro na sua prática acadêmica e futuro profissional.

Quando se pensa em desenvolvimento sustentável ou tecnologia que se preocupa com o meio ambiente é reconhecer que indústria 4.0 deve ser entendida como oportunidade de melhorar manufatura produzindo produtos de alto valor agregado mas baixo custo de produção e preocupação socioambiental. Isto significa usar tecnologia do CAD e atingir os objetivos mais rápidos do projeto de engenharia explorando os recursos acessíveis do grande potencial de processamento para o uso integrado do CAE (engenharia) e CAM (manufatura).

O aprendizado no uso de ferramenta CAD nas fases iniciais de um curso de engenharia facilita o processo de formação do engenheiro e pode representar um diferencial na atuação do profissional no mercado de trabalho (SILVA, 2014). Daí a importância de se fundamentar os conceitos de desenho no traçado manual desenvolvendo a visão espacial e se preparando para o uso eficiente de um sistema CAD. Para tanto cabe registrar o quanto uma referência bibliográfica de qualidade tem sido o norte para o ensino do desenho de engenharia. Se trata do Desenhista de Máquinas de Provenza (1978) adotado no ensino do desenho nas engenharias e que tem o DG como rápida fonte de consulta como base para leitura, interpretação ou execução do desenho de elementos de máquinas.



## REFERÊNCIAS

ABNT. **Home Page da Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Disponível em: <http://www.abnt.org.br>. Acesso em: 20 abr. 2018.

BERTOLINE, Gary R.; WIEBE, Eric C. **Fundamentals of Graphics Communication**. 5th Edition, McGraw-Hill, 2006.

CARVALHO, Benjamin de A. **Desenho Geométrico**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A., 1970.

CARVALHO, João Bosco Pitombera de. **A Construção, por Euclides, do Pentágono Regular**. V Biental da SBM – Sociedade Brasileira de Matemática. UFPB - Universidade Federal da Paraíba, 2010.

EL COMERCIO. **El conocimiento Arquímedes que pudo haber cambiado el mundo**. Disponível em: <https://elcomercio.pe/tecnologia/actualidad/arquimedes-2-000-anos-conocimiento-perdido-habria-cambiado-mundo-noticia-478668>. Acesso em: 1 mai. 2018.

EUCLIDES. **Só Matemática**. Disponível em: <http://www.abnt.org.br>. Acesso em: 20 abr. 2018.

GIESECKE, Frederick E. *et al.* **Comunicação gráfica moderna**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

LEONARDO INTERACTIVO. **Códice Madrid**. Disponível em: <http://www.abnt.org.br>. Acesso em: 09 mar. 2018.

PROVENZA, Francesco. **PRO-TEC - Desenhista de Máquinas**. 4ª Edição. Escola Pro-Tec, 1978.

SILVA, Evandro Cardozo da. **Ensino do Desenho nos Cursos de Engenharia e Design**. COBENGE2011-XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2011, Blumenau, SC.

SILVA, Evandro Cardozo da. **CAD nas Engenharias da Mobilidade – Fases Iniciais**. CONEM2014 - VIII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 2014, Uberlândia, MG.

SILVA, Evandro Cardozo da; MIKOWSKI, Alexandre. **Projetos de Mecanismos em CAD e LEGO**. CONEM2016 - IX Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 2016, Fortaleza, Ceará.

SILVA, Evandro Cardozo da. **Representação Gráfica: Disciplina de Desenho de Engenharia dos Cursos de Engenharias da Mobilidade - UFSC**. Notas de Aula. Arquivo PDF, 56 p., mar-jul de 2018.

## **GRAPHIC REPRESENTATION - GEOMETRIC DRAWING TEACHING WITH INSTRUMENTS AND CAD IN ENGINEERING**

**Abstract:** *We have great advances in engineering with the evolution of CAD (Computer-Aided Design) capabilities. The importance of the use of CAD drafting and design and instrument drawing and the related engineering tools (CAE - Computer-Aided Engineering Computer and CAM-Computer-Aided Manufacturing) that are the basis for integration technological development of the industry 4.0. Through the millenary heritage of geometric drawing (GD) we can begin this process so rich and comprehensive that it accompanies decisively the history of humanity and influenced its growth and good produced with the intelligent use of its resources and consequent evolution of society. The practical experience of using CAD in drawing classes in the Department of Mobility Engineering of the Federal University of Santa Catarina, which supports five vehicular engineering courses (Automotive, Aerospace, Railway and Metro, Naval and Mechatronics) as well as in civil engineering Transport and Logistics and Infrastructure Engineering) represent a great opportunity to innovate or pursue excellence in the teaching of engineering design that can be sustainable when it attends the academic training for a new industrial revolution.*

**Key-words:** *Graphic representation. Geometric drawing. CAD. Industry 4.0.*