



## METODOLOGIA GRÁFICA APLICADA A PROBLEMAS ENVOLVENDO EQUILÍBRIO DO PONTO MATERIAL

V. PRESSE<sup>1</sup>, MAURILIO M. ARAUJO FILHO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Tecnologia em Mecatrônica Industrial, PIBIFSP, IFSP Campus Araraquara, [vpresse@icloud.com](mailto:vpresse@icloud.com)

<sup>2</sup> Docente – IFSP – Câmpus Araraquara, Área: Projeto Mecânico, [maurilio@ifsp.edu.br](mailto:maurilio@ifsp.edu.br)

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Estática e Dinâmica Aplicada – 3.05.04.02-3

**RESUMO:** O projeto apresenta procedimentos e técnicas para resolução de problemas de Engenharia, baseados em soluções gráficas. De forma específica, será desenvolvida uma metodologia para cálculos envolvendo decomposição de forças (X,Y) - por métodos gráficos, situando esta pesquisa na área de Mecânica, mais especificamente em Equilíbrio do Ponto Material, e abrindo dezenas de precedentes para continuidade do mesmo em disciplinas que envolvam cálculos e dimensionamentos diversos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistemas CAD; Metodologia Gráfica; Ponto Material.

### INTRODUÇÃO

Boa parte das pesquisas realizadas atualmente, nas áreas de Engenharia, tem foco no desenvolvimento de soluções matemáticas analíticas para problemas desta área. Para isso, classificam-se as ferramentas para soluções de problemas de Engenharia em quatro grandes áreas: 1-Solução Analítica; 2-Solução Numérica / Computacional, 3- Solução Empírica / Experimental; 4-Solução Gráfica. Os métodos analíticos tradicionalmente usados para o ensino de engenharia e/ou por profissionais engenheiros acabam onerando tempo e pouca confiabilidade em sua execução, através de calculadoras, lápis e papel - mesmo no uso de planilhas eletrônicas, esta prática demanda o preparo e inserção das equações específicas para criação de uma rotina de cálculos. No caso de soluções computacionais, os problemas de engenharia exigem um programador com conhecimentos e habilidades específicos, que deverá implementar um programa para cada problema específico, restringindo assim, este método. Nas Engenharias os problemas acabam envolvendo grandezas escalares e vetoriais, e torna-se muito eficaz o uso de ferramentas gráficas para solução de problemas nesta área. Em decorrência das dificuldades e limitações encontradas nos métodos gráficos (Solução Gráfica), este acabou um pouco esquecido e pouco usado, pois as ferramentas manuais de desenho - transferidor, compasso, papel milimetrado, esquadros, régua T, curva francesa, etc. - comprometiam a precisão dos resultados esperados, além da pouca praticidade envolvendo o uso destes instrumentos, e da exigida habilidade e treinamento que o operador devia ter para manuseá-las. Pode-se dizer, como única desvantagem, que o método em questão exige um operador com habilidades/conhecimentos básicos em alguns poucos comandos 2D do AutoCAD. No entanto, dado o grande avanço no desenvolvimento de sistemas CAD que nos permitem o uso e aplicação destas ferramentas de modo muito eficiente e facilitado, quando comparada às demais soluções apresentadas, esta metodologia pode se mostrar vantajosa, dependendo dos resultados que se pode obter com ela. Por se tratar de uma pesquisa cujo assunto é antigo, mas com aplicações modernas e, talvez inéditas, não há bibliografias específicas que abordam soluções gráficas em Resistência dos Materiais, somente um ou outro (Ferramentas CAD, e Resistência dos Materiais), o que justifica a pequena quantidade de bibliografias utilizadas neste trabalho.

### METODOLOGIA

Por se tratar de uma pesquisa que envolve o desenvolvimento de uma metodologia gráfica para solução de problemas de engenharia, os materiais envolvem apenas um computador com o aplicativo AutoCAD 2015 (Autodesk), e o método utilizado baseia-se no polígono de forças, e nas teorias de Equilíbrio do Ponto Material, aplicada com ferramentas/comandos do software citado acima. É importante ressaltar que

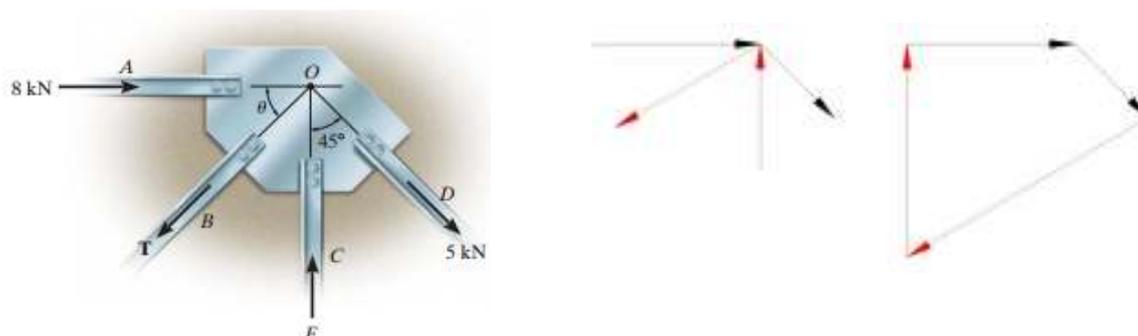
o AutoCAD utiliza Geometria Analítica para estes cálculos, como método numérico. Seguem, abaixo, as equações básicas utilizadas para o traçado de decomposição de forças, no modo tradicional (analítico). É importante ressaltar que o método gráfico não faz uso direto destas equações, muito embora elas estejam implícitas na resolução.

$$\sum_{i=1}^n F_i_x = 0 \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n F_i_y = 0 \quad (2)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

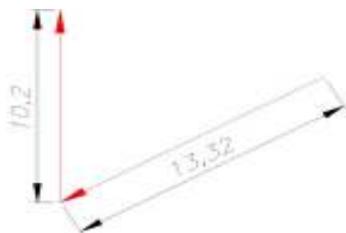
Todos os exercícios de Estática, retirados do cap. 3 de “HIBBELER (2011)”, foram resolvidos em poucas horas, utilizando-se metodologia gráfica, e dois deles estão abaixo conforme figuras. Vale lembrar que a metodologia aplica-se a casos de equilíbrio no plano (2D) e no espaço (3D). O primeiro exercício envolve equilíbrio da partícula no plano 2D, conforme Figura 1.



**FIGURA 1.** Exercício à esquerda, e Diagrama de corpo livre à direita.  
**Fonte: HIBBELER, 2011.**

O exercício pede para se determinar F e T, considerando-se  $\Theta=30^\circ$ . Para início da solução (ver Figura 1), desenha-se o diagrama de corpo livre, com todos os vetores de força que agem no ponto material – neste caso, o ponto O.

Percebe-se a falta de escala nos vetores icógnitos, ou seja, os vermelhos, já que apenas suas direções e sentidos são conhecidos (seus módulos não foram apresentados). Mesmo com seus tamanhos (módulos) desconhecidos, a metodologia gráfica nos permite descobrir seus respectivos comprimentos ao se fazer a soma vetorial (Figura 2), chegando-se aos valores de 13,32 kN e 10,2 kN.



**FIGURA 2.** Forças Resultantes encontradas por soma vetorial.

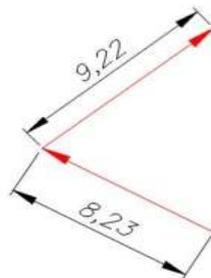
O segundo exercício envolve um peso de 10 kgf, suportado pelo sistema de cabos (ver figura 3), onde  $\Theta=40^\circ$ .



**FIGURA 3. Exercício à esquerda, e Diagrama de corpo livre à direita.**  
**Fonte: HIBBELER, 2011.**

Seguindo-se o mesmo procedimento do exercício anterior, segue-se ao diagrama de corpo livre, representando-se todos os vetores conhecidos, e a direção dos vetores desconhecidos.

Mesmo com seus tamanhos (módulos) desconhecidos, a metodologia gráfica nos permite descobrir seus respectivos comprimentos ao se fazer a soma vetorial (ver figura 4), chegando-se aos valores de 9,22 kN e 8,23 kN.



**FIGURA 4. Forças Resultantes encontradas por soma vetorial.**

Este assunto, como parte da Física Mecânica, envolve operações vetoriais que, em metodologia gráfica, dispensa qualquer uso de números, calculadoras e textos numéricos, o que agiliza a resolução destes tipos de problemas, além da facilidade de se ter a solução do mesmo na própria tela, de forma disfarçada, bastando apenas uma manipulação dos vetores no sentido de se obter seu comprimento, ou sua direção.

Ao todo, considerando-se os casos mais completos e complexos de exercícios envolvendo equilíbrio do ponto material, o método gráfico apresentado - executado no AutoCAD 2015 - fará uso de um total de seis comandos:

1- Line; 2- Copy; 3- Scale; 4- List; 5- Circle; 6- Ray.

## CONCLUSÕES

Pelos diversos exercícios resolvidos, envolvendo decomposição de forças, desde os mais simples até os mais complexos, pode-se chegar às seguintes conclusões, sobre a metodologia gráfica aplicada:

- Precisão absoluta, equiparado aos métodos analítico e computacional;
- Mais rápido, comparado às soluções analíticas e computacionais;
- Método visual – pode-se “assistir” a solução, graficamente, conferindo maior senso crítico na análise dos resultados;
- Não exige conhecimentos analíticos e matemáticos específicos, comparado aos métodos analíticos e computacionais;
- Versátil e Simples – o método dispensa o uso de números e cálculos, o usuário apenas utiliza os comandos do software em uma sequência pré-definida pelo método em questão;
- Exige conhecimentos básicos (comandos específicos) do sistema CAD em uso.

## REFERÊNCIAS

- BALDAN, R.; COSTA, L.; OLIVEIRA, A., AutoCAD 2015 – Utilizando Totalmente, 1ª Ed., Editora Saraiva, 2014.
- HIBBELER, R. C., Estática, 12ª ed., Editora Pearson, 2011.