

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

AJUSTE DE CURVAS EM CONCEITOS FÍSICOS DE EQUILÍBRIO¹ **CURVE ADJUSTMENT IN PHYSICAL BALANCE CONCEPTS**

Daniela Poloni Chrysosthemos², Marcos Bressan Guimarães³, Maiquel Juliano Rodrigues De Oliveira⁴, Peterson Cleyton Avi⁵

¹ Trabalho desenvolvido na disciplina de Cálculo Numérico Computacional da Unijuí.

² Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Unijuí.

³ Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Unijuí.

⁴ Acadêmico do curso de Matemática da Unijuí.

⁵ Professor Mestre do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Unijuí.

INTRODUÇÃO

A comunicação entre as disciplinas componentes de um curso de graduação é de extrema importância para o desenvolvimento acadêmico. Muitas vezes, os conteúdos abordados acabam sendo transmitidos e estudados de forma individualizada, além disso, sem a abordagem prática tão enriquecedora na formação profissional. O presente trabalho apresenta-se como um desafio de integração dos conhecimentos obtidos até então nos cursos de Engenharia Civil e Matemática. Buscou-se criar um projeto experimental explorando o conceito Torque, voltado ao equilíbrio de estruturas assimétricas. O trabalho visa determinar a curva de relação entre as variáveis por meio da implementação do Ajuste de Curvas. A ideia é fundamentada em usar régulas de acrílico de diferentes comprimentos apoiadas de forma assimétrica, cujo equilíbrio se dará por meio de contrapeso. As variáveis estudadas serão a dimensão da régua, contrapeso e deformação do material utilizado. Posteriormente, para corrigir a deformação, foram propostas duas soluções: o acréscimo de massa ao contrapeso e a inserção de tirantes.

METODOLOGIA

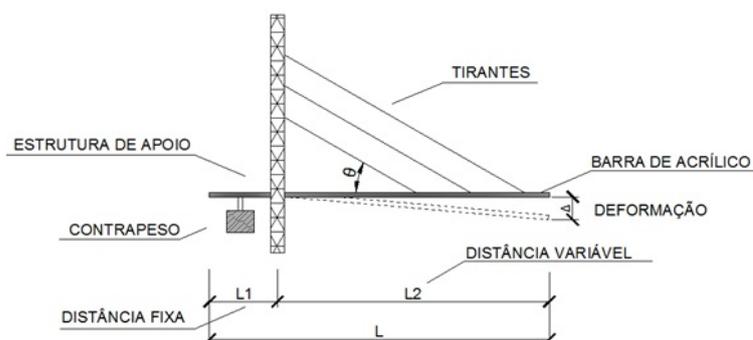


Imagem 1 - Esboço do protótipo. Desenho digital de autoria própria.

O esboço do protótipo presente na imagem acima norteou a construção do equipamento. A estrutura suporte foi feita em madeira, fixada com parafusos em uma base de MDF. O acrílico de 4mm de espessura foi cortado com o apoio do laboratório de Design da Unijuí, com lagura de 4,5cm e nos comprimentos 25cm, 35cm, 45cm, 55cm, 65cm, 75cm e 85cm. Além disso, as régulas

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

de acrílico foram perfuradas à 5cm de uma de suas extremidades para conexão do contrapeso. A confecção do protótipo aconteceu principalmente no laboratório de Física da Unijuí, que dispôs os objetos de referência ao contrapeso, com massas de 1g, 10g e 50g.

Antes da execução do experimento, as régua acrílicas foram pesadas para que fosse possível fazer uma estimativa teórica do contrapeso necessário para o equilíbrio, por meio do estudo do Torque - que pode ser descrito coloquialmente como a ação de girar ou torcer de uma força (HALLIDAY, 2008). Sabendo que Torque (τ) é uma grandeza que relaciona a força aplicada em um ponto (no caso, a força peso) e sua distância ao eixo de rotação (R e R_{CM}), conseguimos calcular a relação entre contrapeso e comprimento igualando os torques produzidos em direções contrárias da régua: um, cuja responsável é a própria massa da barra, e outro produzido pelo contrapeso. Abaixo, o desenvolvimento do cálculo para determinação da massa do contrapeso.

$$\tau = F \cdot R \quad \tau_1 = \tau_2 \quad F_1 \cdot R = F_2 \cdot R_{CM} \quad F_1 = (F_2 \cdot R_{CM}) / R$$

Como F_1 e F_2 representam a força peso, cuja intensidade é definida por $F = m \cdot g$, podemos simplificar em função somente da massa, sendo a gravidade a mesma para F_1 e F_2 :

$$m_1 = (m_2 \cdot R_{CM}) / R$$

Sendo:

R : Distância entre o ponto de aplicação do contrapeso e o centro do apoio; R_{CM} : Distância entre o centro de massa da barra e o centro do apoio; F_1 : Força produzida pela massa do contrapeso; F_2 : Força produzida pela massa da barra; m_1 : massa do contrapeso; m_2 : massa da barra.

Os cálculos geraram estimativas teóricas cujos resultados estão descritos na tabela 1:

R (cm)	L2 (cm)	R_{CM} (cm)	m_2 (g)	m_1 (g)
5	15	2,5	48	24
5	25	7,5	66,4	99,6
5	35	12,5	89	222,5
5	45	17,5	99,7	348,95
5	55	22,5	123	553,5
5	65	27,5	138,5	761,95
5	75	32,5	157	1020,5

Tabela 1: Estimativas teóricas para o contrapeso necessário ao equilíbrio das régua para diferentes comprimentos

Para a execução do experimento as régua foram apoiadas (sem fixação) sob a estrutura de madeira, de forma com que uma de suas extremidades ficasse a 10cm do centro do apoio. Como previsto, a barra necessita de contrapeso para permanecer estável. Inserindo uma massa mínima ao contrapeso para o equilíbrio (C_1), percebe-se uma deformação na extremidade da barra (Δ), essa pode ser corrigida para as barras de 25cm, 35cm, 45cm e 55cm com o acréscimo de massa para a compensação (C_2).

RESULTADOS

Os dados coletados experimentalmente são informados na tabela 2:

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

L - Comprimento da barra (cm)	C ₁ - Contrapeso Mínimo (g)	Δ - Deformação (cm)	C ₂ - Contrapeso para linearidade (g)
25	0	1,1	22,5
35	50	1,9	87
45	130	2,8	192
55	220	4	334
65	320	6,2	570*
75	470	7,7	750*
85	700	12,2	**

Tabela 2: Dados experimentais coletados.

* Para as régua de 65 cm e 75 cm de comprimento, foi possível alcançar a linearidade apenas nas proximidades da estrutura, com a massa informada na tabela.

** Mesmo com o acréscimo ao contrapeso não foi possível corrigir a deformação da barra de 85cm, fazendo necessário o uso de tirantes. Foram conectados 3 barbantes entre a estrutura de madeira e a régua de acrílico formando ângulo de 30°. Buscou-se o maior componente vertical da força de tração dos tirantes, responsável pela correção da deformação do acrílico. Esse estudo trigonométrico e a inserção dos tirantes não foram inclusos na análise computacional, mas sim, uma solução para um problema enfrentado durante o experimento.

Devido a esse revés no estudo do contrapeso necessário à linearidade das barras de maior comprimento, a coleta de dados não tornou-se tão precisa quanto o esperado, porém, os valores medidos foram comparados às estimativas teóricas calculadas anteriormente, presentes na tabela 1. Abaixo, a tabela 3 seguida pelo gráfico de dispersão, expõem a proximidade entre os valores calculados e experimentais:

Comprimento da barra	Contrapeso calculado	Contrapeso experimental
25 cm	24 g	22,5 g
35 cm	99,6 g	87 g
45 cm	222,5 g	192 g
55 cm	348,95 g	334 g
65 cm	553,5 g	570 g*
75 cm	761,95 g	750 g*
85 cm	1020,5 g	**

Tabela 3: Comparativo entre valores estimados e experimentais para as barras de diferentes comprimentos

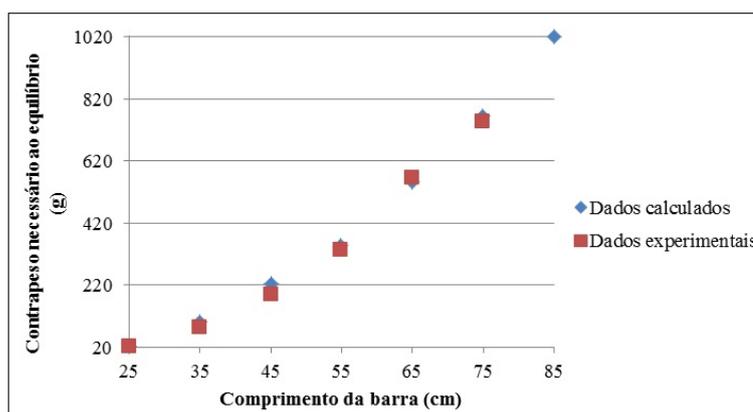


Gráfico 1: Dispersão dos pontos de valores estimados e experimentais para as barras de diferentes comprimentos.

Podemos perceber que os valores encontrados experimentalmente não apresentam similaridade exata aos calculados. Essa variação deve-se a prováveis erros experimentais e variáveis físicas desconsideradas às equações utilizadas. Apesar disso, há grande proximidade entre os valores encontrados para contrapeso necessário ao equilíbrio total por ambos os meios, evidenciado pela sobreposição de alguns pontos no gráfico de dispersão. Essa correspondência

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

entre a teoria e a prática traz legitimidade, tanto ao processo de modelagem matemática para equacionamento do fenômeno, quanto ao programa experimental.

Os demais dados coletados para contrapeso mínimo e deformação tiveram seus comportamentos analisados a partir da aplicação do Ajuste de Curvas, método estudado na disciplina Cálculo Numérico Computacional. Ajuste de curvas é uma forma de encontrar uma função representativa dos dados, adequando funções de tipologias conhecidas cujos coeficientes serão otimizados buscando um melhor aproveitamento dos pontos em questão. Nesse método, não necessariamente a função encontrada coincide com todos os pontos fornecidos, mas, diferente do método de interpolação, permite a análise de valores fora do intervalo.

Analisando a disposição dos pontos graficamente escolhemos o ajuste exponencial para ambas as funções. Esse foi desenvolvido computacionalmente por meio do método procura em rede, No Método de Procura em Rede Modificado são definidos intervalos para cada parâmetro a ser estimado (intervalos válidos) e feitas partições destes intervalos, cujos valores são propostos como solução. (AVI, 2011). Um algoritmo busca a combinação de valores mais representativa da função para os coeficientes A, B e C, sendo a função exponencial representada por $F(x) = A \cdot e^{B \cdot x} + C$. A precisão máxima, que está associada à proximidade entre a curva gerada e os pontos informados.

Para a relação entre comprimento da barra e contrapeso mínimo, os melhores intervalos usados foram A[66;73], B[0,02;0,03] e C[-145;-125] com 100 divisões, gerando a função **$71,0202 \cdot e^{0,029x} + 141,5657$** representada pelo gráfico abaixo. A precisão alcançada foi 99,86%.

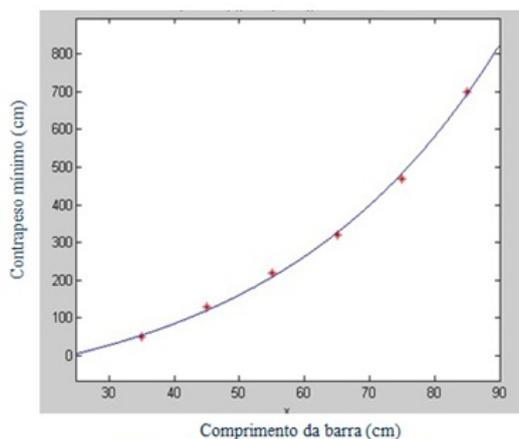


Gráfico 2: Ajuste de curva exponencial da relação entre contrapeso mínimo ao equilíbrio e comprimento da barra. Desenvolvido em Matlab, Junho/2017.

Para a relação entre comprimento da barra e deformação na extremidade, os melhores intervalos usados foram A[0,3;0,5], B[0,02;0,05] e C[0,05;0,07] com 100 divisões, gerando a função **$0,4919 \cdot e^{0,0376x} + 0,0520$** representada pelo gráfico a seguir. A precisão alcançada foi 99,27%.

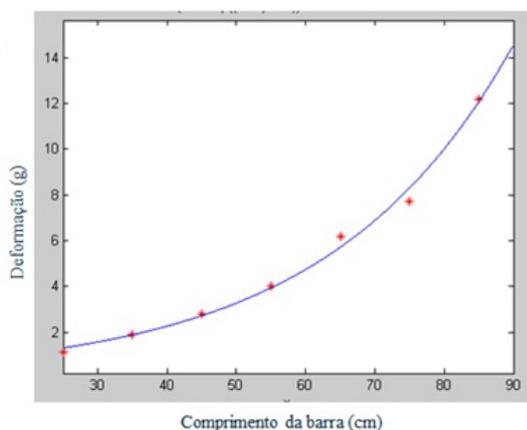
Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

Gráfico 3: Ajuste de curva exponencial da relação entre deformação e comprimento da barra.
Desenvolvido em Matlab, Junho/2017.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho desenvolvido propunha entrelaçar conceitos estudados nas disciplinas de física e cálculo numérico computacional. A construção do equipamento experimental permitiu a coleta de dados, que foram estimados teoricamente, comparados, e analisados por meio de gráficos. Sobre os resultados obtidos, podemos observar que a escolha da função para o ajuste de curvas é de suma importância não só para o alcance de alta precisão, mas também para que seja adequada ao comportamento dos dados associados à crescimentos e decrescimentos. Os ajustes escolhidos para ambas as relações, foram exponenciais, gerando uma precisão maior que 99%.

Quando alunos são estimulados a elaborar trabalhos acadêmicos, desde a sua problemática, organização e análise de resultados, a construção do saber acontece de forma mais ampla e significativa. É inegável a relevância de projetos práticos durante a formação acadêmica, por meio de trabalhos como esse desenvolve-se pesquisa, criatividade, além da experiência de resolver problemas e adversidades. Reconhecer a importância dos conteúdos estudados em sala de aula e saber aplica-los a situações reais devem ser princípios norteadores durante um curso universitário.

Palavras-chave: contrapeso, dinâmica rotacional, experimento prático, multidisciplinaridade.

Keywords: counterbalance, rotational dynamics, practical experimente, multidisciplinarity.

REFERÊNCIAS

- BARROSO, Leônidas Conceição; BARROSO, Magali Maria de Araújo; CAMPOS, Frederico Ferreira; CARVALHO, Márcio Luiz Bunte de; MAIA, Miriam Lourenço. Cálculo Numérico (com aplicações). 2a ed. São Paulo: HARBRA, 1987
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física, volume 1: mecânica. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- AVI, Peterson Cleyton; Modelo semi-empírico para a modelagem da transferência simultânea de calor e água no solo. Dissertação de Mestrado, Unijui. Ijuí-RS, 2011.