



## ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS EMPÍRICOS E COMPUTACIONAL DE DEFORMAÇÃO EM PERFIS DE ALUMÍNIO

### Comparative analysis between empirical and computational methods of deformation in aluminum profiles

Pedro Henrique Nunes (1)

(1) Graduando em Engenharia Mecatrônica, Centro Federal de Educação Tecnológica - CEFET-MG, Divinópolis - MG, Brasil.

Email para Correspondência: phnunes95@gmail.com; (P) Apresentador

**Resumo:** Os perfis de alumínio são amplamente utilizados em diversas aplicações, tanto em componentes de estruturas mecânicas quanto para desenvolvimento de instrumentos da construção civil. Dessa forma, devido as diferentes esforços a que são submetidos, é relevante a análise da deformação dos perfis de alumínio, para que assim tal grandeza não comprometa a missão ao qual o perfil foi designado. Assim, o objetivo desse trabalho é realizar uma análise comparativa de deflexão entre os métodos de cálculo encontrados na literatura com os resultados encontrados em softwares de simulação, em diferentes situações, ressaltando suas eventuais diferenças e semelhanças encontradas. Para tanto, é realizada uma pesquisa relacionada à geometria dos perfis de alumínio mais encontrados no mercado. Posteriormente, o perfil selecionado será desenvolvido no software de simulação, respeitando suas limitações e propriedades geométricas. Feito isso, realiza-se um estudo sobre os métodos de cálculo de deflexão de vigas encontrados na literatura, implementando os mesmos a fim de se obter um resultado conclusivo. Por fim, pretende-se realizar a comparação entre o resultado encontrado empiricamente para o resultado da simulação correspondente. Dessa maneira, espera-se ao final deste trabalho obter uma relação entre os métodos empíricos e os métodos computacionais, além de se obter uma ferramenta que auxilie na análise da deflexão para diferentes aplicações dos perfis de alumínio.

*Palavras chaves:* Análise; Deformação; Computacional; Cálculo; Alumínio .

**Abstract:** Aluminum profiles are widely used in various applications, both in components of mechanical structures and in the development of civil construction instruments. Thus, due to the different efforts to which they are subjected, it is relevant to analyze the deformation of the aluminum profiles, so that such magnitude is to compromise the mission to which the profile was assigned. Thus, the objective of this work is to perform a comparative analysis of deflection between the calculation methods found in the literature with the results found in simulation software, in different situations, highlighting their possible differences and similarities. In order to do so, a research related to the geometry of the aluminum profiles



most found in the market is carried out. Subsequently, the selected profile will be developed in the simulation software, respecting its limitations and geometric properties. After this, a study was carried out on the beam deflection calculation methods found in the literature, implementing them in order to obtain a conclusive result. Finally, we intend to carry out the comparison between the result found empirically for the corresponding simulation result. In this way, it is expected at the end of this work to obtain a relationship between the empirical methods and the computational methods, in addition to obtaining a tool that assists in the analysis of the deflection for different applications of the aluminum profiles.

***Keywords: Analyze; Deformation; Computational; Calculation, Aluminum.***

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, é notório que muitos dispositivos se degradam e/ou se degeneram muitos antes do seu suposto tempo de vida útil acabar devido ao fato de os mesmos serem submetidos à esforços que não são capazes de suportar. Um desses esforços é a deflexão, que constitui na principal causa da degradação de instrumentos e dispositivos diversos.

Visto isso, sabe-se que as janelas residenciais são um dos produtos que mais sofrem com determinada situação. Dessa maneira, a janela residencial foi escolhida como objeto de estudo deste trabalho, devido ao fato que os princípios tratados no mesmo podem ser aplicados em diversos outros dispositivos, além de ser um dos artefatos mais presentes no cotidiano.

Dessa forma, tendo em vista a modernização do material, foi escolhida uma janela no estilo veneziana de correr de 4 folhas, bastante comercializada e comum no mercado. A dimensão escolhida foi para preencher um vão de 1500 x 1350 mm, visto que é um tamanho comumente visto nas residências brasileiras. Com isso, foi dimensionado um perfil de alumínio superior que se encaixasse na maioria dos perfis comercializados no mercado nacional.

A imagem a seguir mostra as dimensões do perfil de alumínio utilizado para este trabalho:

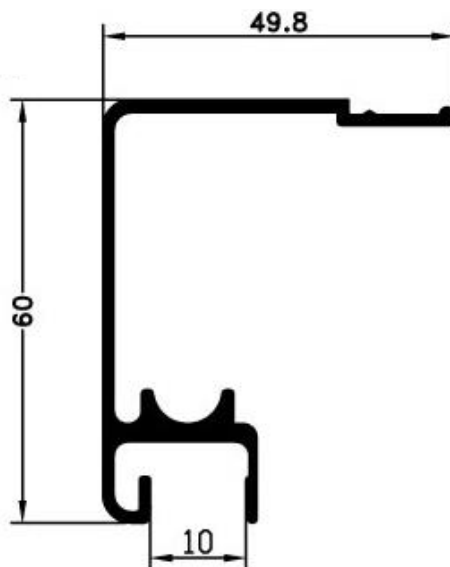


Figura 1. Perfil utilizado no trabalho.

Fonte: (Autor, 2018).

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Análise Analítica

É relevante que em projetos que envolvam vigas e eixos a determinação de limites que os mesmos podem suportar quando submetidos a determinadas cargas. Dessa forma, é interessante que seja feita uma análise dos pontos críticos ao longo do comprimento do corpo, a fim de determinar sua deflexão. Para tanto, pode-se fazer uso de métodos analíticos, como o método da integração direta (Hibbeler, 2004).

Ainda segundo o autor, a deflexão em uma viga é dada por:

$$\frac{d^2v}{dx^2} = \frac{M}{EI} \quad (2.1)$$

onde  $v$  é a deflexão da viga,  $x$  é o deslocamento no eixo  $x$ ;  $M$  é o momento fletor causado pela carga naquele trecho;  $E$  é o módulo de elasticidade do material da viga e  $I$  é o momento de inércia da seção transversal da viga.

Dessa maneira, é possível chegar na equação da deflexão em um ponto da viga realizando integrações sucessivas na Eq. 2.1. Esse método é conhecido como método da Integração Direta. Porém, é importante lembrar que a cada integração realizada é necessário introduzir a "constante de integração", o que exige que depois sejam elaboradas expressões algébricas para que os valores dessas constantes sejam encontrados (Hibbeler, 2004).

A seguir, realiza-se a análise do momento fletor nos pontos A e B para o cálculo dos valores das reações. Para tanto, considera-se, para o somatório dos momentos, como sentido horário com sinal negativo (Beer, 2004). Dessa maneira, realizando-se a análise no ponto A, tem-se que:

$$-P_1(a) - P_2(a+b) + R_b(a+b+c) = 0 \quad (2.2)$$

Isolando  $R_b$  pela Eq. 2.2, tem-se que:

$$R_b = \frac{P_1(a) + P_2(a+b)}{(a+b+c)} \quad (2.3)$$

Da mesma maneira, realizando-se a análise no ponto B, tem-se que:

$$P_2(c) + P_1(b+c) - R_a(a+b+c) = 0 \quad (2.4)$$

Isolando-se  $R_a$  pela Eq. 2.4, tem-se que:

$$R_a = \frac{P_2(c) + P_1(b+c)}{(a+b+c)} \quad (2.5)$$



# XIII SIMMEC

Simpósio de Mecânica Computacional

29 de Outubro a 1º de Novembro de 2018  
UFES - Campus Goiabeiras - Vitória, ES



Para este trabalho, sabe-se que o valor dos pesos das folhas de vidro são iguais ( $P_1 = P_2$ ). Da mesma forma, os valores das distâncias  $a$  e  $c$  são equivalentes, devido à geometria do sistema. Nesse caso, a análise dos diagramas de momento fletor trecho a trecho pode levar em consideração a primeira metade de todo o comprimento da viga, para auxiliar na análise dos cálculos (Beer,2004). Feitas tais considerações e reavaliando Eq. 2.3 e Eq. 2.5, pode-se considerar que:

$$P_1 = P_2 = P \quad (2.6)$$

$$R_a = R_b = R \quad (2.7)$$

Posteriormente, realiza-se uma análise trecho a trecho em relação ao momento fletor de cada intervalo, valores esses que serão utilizados nas para o cálculo do deslocamento final. Ainda segundo (Beer,2004), considerando a simetria do projeto e o sentido horário como negativo, tem-se que:

- Para  $0 \leq x \leq a$ :

$$\begin{aligned} \sum M &= 0 \\ -R(x) + M &= 0 \\ M &= R(x) \end{aligned} \quad (2.8)$$

- Para  $a \leq x \leq a+b$ :

$$\begin{aligned} \sum M &= 0 \\ -R(x) + P(x-a) + M &= 0 \\ M &= R(x) - P(x) + P(a) \\ M &= P(a) \end{aligned} \quad (2.9)$$

Feito a análise trecho a trecho, realiza-se os cálculos utilizando o método da Integração Direta com o intuito de equacionar a deflexão em cada parte.



# XIII SIMMEC

Simpósio de Mecânica Computacional

29 de Outubro a 1º de Novembro de 2018  
UFES - Campus Goiabeiras - Vitória, ES



- Para  $0 \leq x \leq a$ :

Primeira Integração:

$$\begin{aligned}\frac{dv}{dx} &= \int \frac{M}{EI} dx \\ \frac{dv}{dx} &= \int \frac{P(x)}{EI} dx \\ \frac{dv}{dx} &= \frac{Px^2}{2EI} + C1\end{aligned}\tag{2.10}$$

Segunda Integração:

$$\begin{aligned}v &= \int \frac{Px^2}{2EI} + C1 dx \\ v &= \frac{Px^3}{6EI} + C1 x + C2\end{aligned}\tag{2.11}$$

- Para  $a \leq x \leq a+b$ :

$$\begin{aligned}\frac{dv}{dx} &= \int \frac{M}{EI} dx \\ \frac{dv}{dx} &= \int \frac{P(a)}{EI} dx \\ \frac{dv}{dx} &= \frac{Pax}{2EI} + C3\end{aligned}\tag{2.12}$$

Segunda Integração:

$$\begin{aligned}v &= \int \frac{Pax}{2EI} + C3 dx \\ v &= \frac{Pax^2}{2EI} + C3 x + C4\end{aligned}\tag{2.13}$$

Dessa maneira, segundo o método proposto por Hibbeler, tem-se que a deflexão é dada pelas equações:

$$\begin{aligned}v &= \frac{1}{EI} \left( \frac{Px^3}{6} + \frac{Pa^2}{2} - \frac{PaL}{2} \right) dx \\ v &= \frac{1}{EI} \left( \frac{Pax^2}{2} - \frac{PaL}{2} + \frac{Pa^3}{6} \right) dx\end{aligned}$$

## 2.2 Análise Computacional

Realizou-se uma análise no software SolidWorks do deslocamento da viga de alumínio quando submetida à forças ocasionadas pelo sistema de movimentação e das folhas móveis. Para tanto, considerou uma força total de 165.9778N, o que nos garante um coeficiente de segurança de 1.5, o que se julgou suficiente para o projeto em questão. Considerou-se também duas situações: a primeira, quando a janela se encontra totalmente aberta; e a segunda, onde a janela se encontra totalmente fechada. Para a primeira situação, resultou-se o no resultado que pode ser encontrado na imagem a seguir:

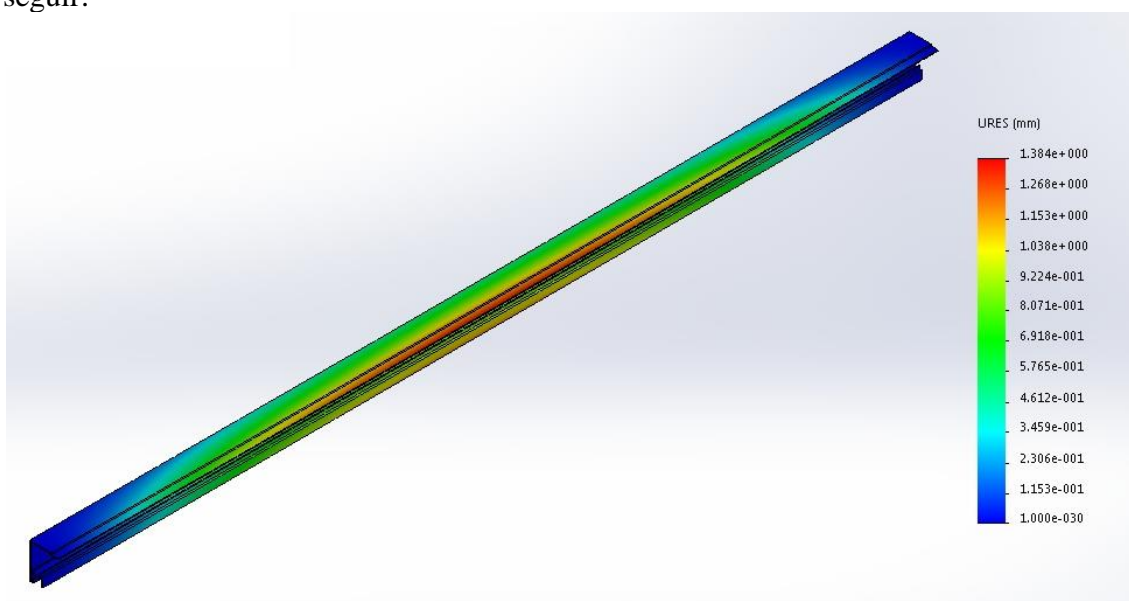
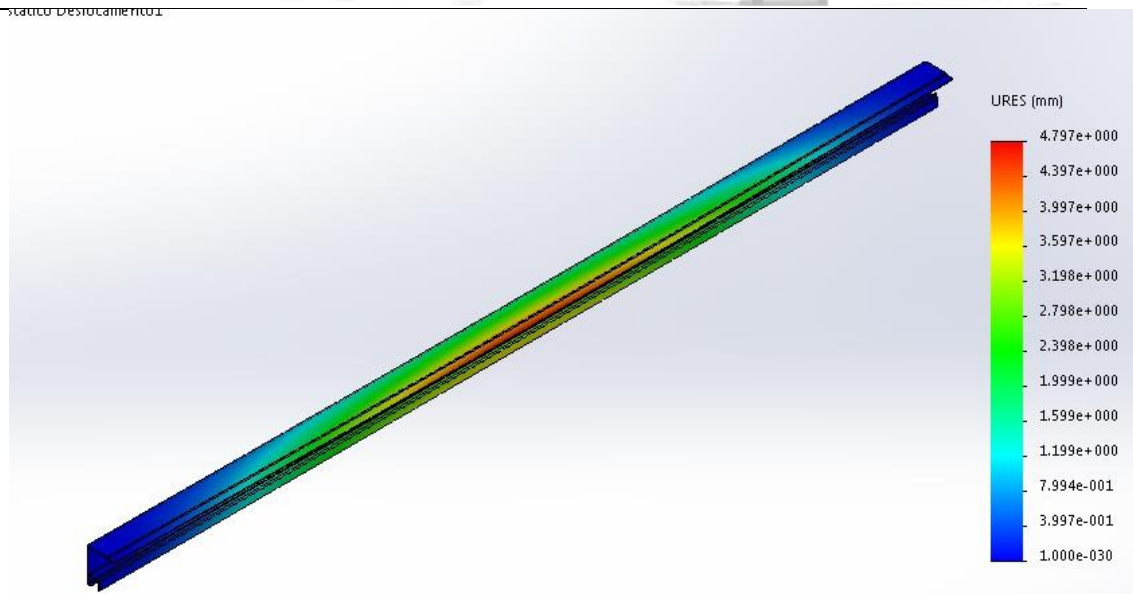


Figura 2. Análise computacional de deflexão com o dispositivo aberto.

Fonte: (Autor, 2018).

Na segunda situação, onde a janela se situa totalmente fechada, resultou-se no resultado na imagem a seguir:





**Figura 3. Análise computacional de deflexão com o dispositivo fechado.**

Fonte: (Autor, 2018).

Em ambas as situações, nota-se que a deflexão causada pelas forças ocasionadas pelas folhas móveis não irá comprometer o sistema de movimentação, visto que o deslocamento ocasionado é relativamente pequeno.

### 3 CONCLUSÕES

Ao findar desse trabalho, foi possível perceber que os métodos analíticos e computacionais confirmaram o resultado entre si. Notou-se que pelo método analítico, apesar de trabalhoso e requerer um conhecimento relativamente específico, o resultado é mais exato, sendo recomendado quando o projeto em questão exigir essa situação. Todavia, pelo método computacional o resultado é dinâmico e com um nível de confiabilidade satisfatório, o que justifica o fato deste método ser mais utilizado na indústria e em processo que requer rapidez de resultados.

### AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pela oportunidade de compartilhar conhecimento e utilizá-lo com sabedoria.

Aos meus pais e irmão, que sempre me apoiaram e se fizeram presentes.

Aos amigos e familiares, pela força que sempre me proporcionaram.

Aos professores do CEFET-MG, pelo conhecimento compartilhado.

### REFERÊNCIAS





---

BEER, J. R., F. *Mecânica Vetorial para Engenheiros*. Mc Graw Hill, 2004.

Hibbeler, R. C.. *Resistência dos Materiais*. Prentice Hall, 2004.