

## **AValiação da Força Máxima Resistente Distorcional para Colunas de Aço com Perfil Formado a Frio**

Jonas Yoshihiro Namba (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Alexandre Rossi (UFU),  
Carlos Humberto Martins (Orientador), e-mail: jonas\_yn@hotmail.com

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia.

**Engenharia Civil - Estruturas Metálicas**

**Palavras-chave:** Perfil formado a frio, Flambagem distorcional, pós-flambagem.

### **Resumo:**

No projeto foi realizado uma comparação entre os Métodos da Largura Efetiva, Seção Efetiva e Resistência Direta. Considerou-se os Perfis Ue e Z90, variando suas espessuras e comprimento de sua alma. A comparação foi realizada por meio de planilhas eletrônicas. Foram calculados os valores da carga crítica para obtenção da curva de flambagem por meio dos softwares GBTUL e CUFMS e o valor da força axial de compressão resistente por meio das normas ABNT NBR 14762:2010 e ABNT NBR 6355-2012. O aço utilizado tinha a resistência ao escoamento de 250 MPa e Módulo de elasticidade de 200GPa. Além disso, foi necessário o software *Shape-Thin9* para encontrar os valores geométricos dos perfis. Em média a diferença dos resultados foi de aproximadamente 10%.

### **Introdução**

Dentro do âmbito brasileiro, por volta dos anos 90 é que se iniciou um acréscimo representativo no mercado dos perfis de aço formado a frio. Primeiramente, por conta da industrialização da construção civil brasileira, mas o maior responsável foi a norma NB 143:1967 (Cálculo de estruturas de aço constituídas por perfis leves), a qual levou em consideração a norma americana AISI/62. Esta, responsável por trazer os recursos básicos para guiar as verificações desses perfis, que ainda não figuravam em disciplinas regulares das escolas de engenharia nacionais (CARVALHO; GRIGOLETTI; BARBOSA, 2014). Nesta pesquisa foi realizado três métodos: Método da Seção efetiva (MSE), Método da Largura Efetiva (MLE) e Método da Resistência Direta (MRD).

De acordo com Castelani (2012), o Método da Resistência Direta (MRD) foi criado para resolver os conflitos de cálculo do Método das Larguras Efetivas (MLE) enfatizados por Winter (1944). Pekoz e Schafer (1998) propuseram, observando o fácil alcance as ferramentas computacionais e métodos numéricos capaz de executar de forma eficiente e rápida a análise de estabilidade elástica de perfis de aço formado a frio.

## Materiais e métodos

A pesquisa foi realizada em algumas etapas: definição do perfil, elaboração da curva de flambagem, cálculo da força axial de compressão resistente de cálculo e comparação dos dados.

Inicialmente a escolha de perfil foi feita pelo intermédio da NBR 14762:2010 e NBR 6355:2012 que foram elaboradas para o dimensionamento de perfis formado a frio. Dessa forma, o material utilizado como padrão é o Aço com módulo de elasticidade  $E = 200\text{GPa}$ , tensão de escoamento  $f_y = 250\text{MPa}$  e módulo de elasticidade transversal  $G = 76923\text{MPa}$ .

Para a elaboração de curva usou-se os softwares gratuitos GBTUL e CUFSM a fim de determinar em qual comprimento existe cada flambagem.

Quando se calculou a força axial os 3 métodos foram utilizados MLE, MSE e MRD para que então pudesse ser feito a comparação de seus dados por meio de planilhas eletrônicas.

## Resultados e Discussão

Os softwares GBTUL e CUFSM projetam as curvas de flambagem conforme consta nas Figuras 1 e 2.

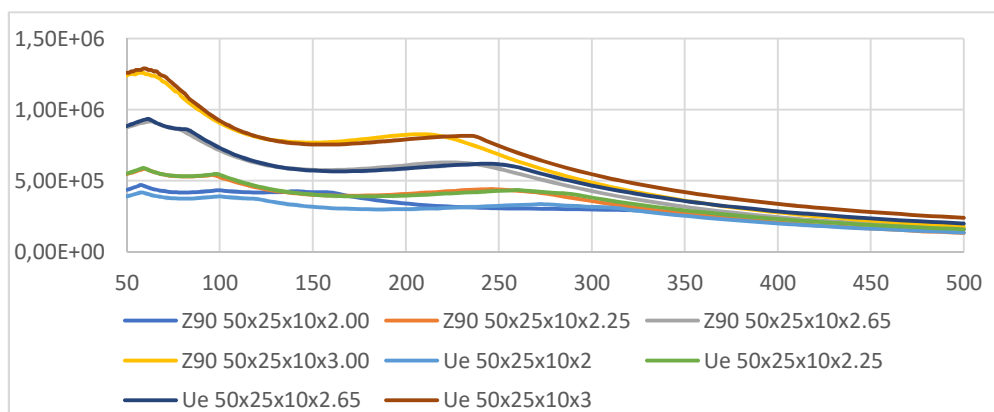


Figura 1 – Curva de Flambagem com variação da alma nos Perfis Formado a Frio

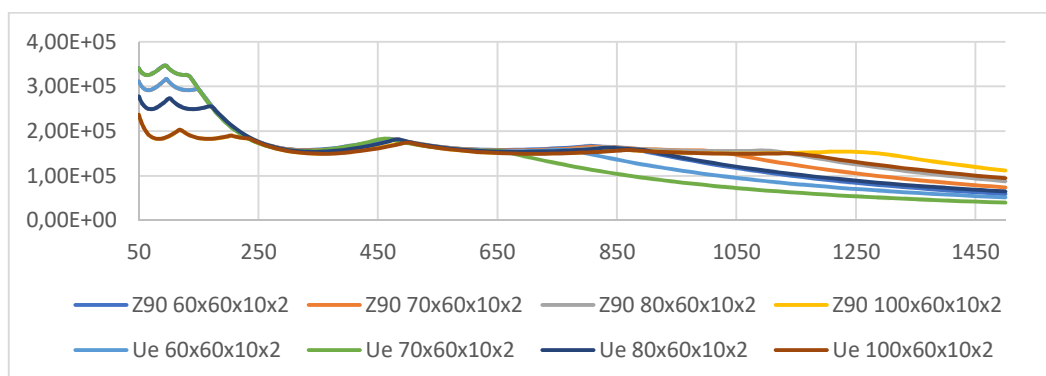
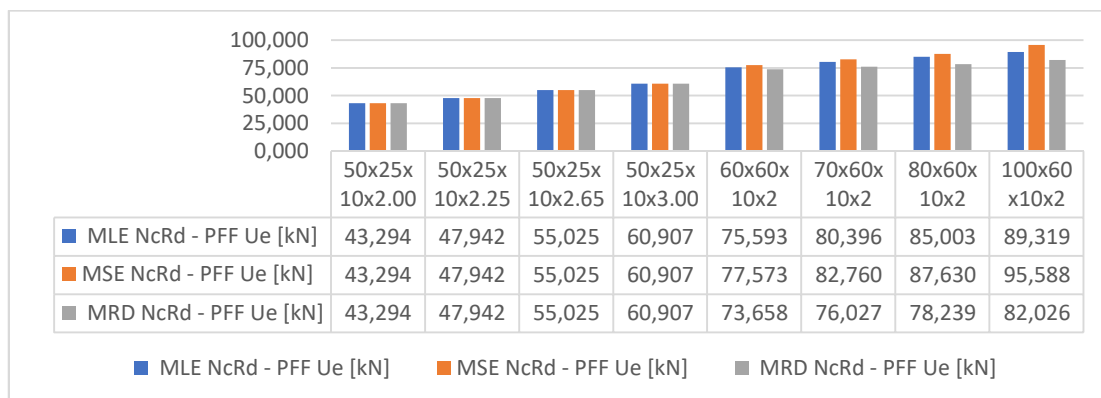
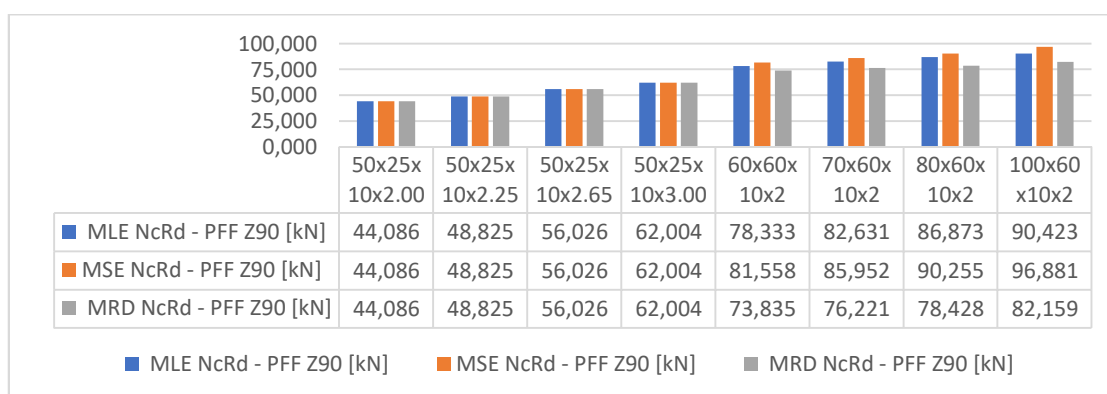


Figura 2 – Curva de Flambagem com variação das espessuras nos Perfis Formado a Frio

Utilizando-se dos 3 métodos para o cálculo da força axial de compressão resistente de cálculo obteve os resultados expressos na Figura 3 e 4.



**Figura 3** – Resultado da análise pós-flambagem para perfis Ue.



**Figura 4** – Resultado da análise pós-flambagem para perfis Z90.

Na figura 1 pode-se observar que a alteração nas espessuras é diretamente proporcional a carga crítica enquanto que na figura 2 quanto maior as almas menores são as cargas críticas de flambagem. A flambagem na distorcional, embora sejam pequenas as alterações, ainda se apresenta inversamente proporcional ao aumento da mesa, ou seja, assim como Nunes e Batista (2017) afirmaram, quanto maior a mesa menor a carga crítica. No entanto quando comparado a resistência axial da pós-flambagem pode-se notar que quanto maior a mesa maior a carga axial suportada.

Em relação aos métodos aplicados, pode-se dizer que nos perfis com alteração de espessura, o valor permaneceu inalterado, isso porque se trata de um perfil pequeno onde os limites dos coeficientes de esbeltez não foram alcançados. Uma pequena diferença se mostrou nos perfis com a alteração das almas, estando o menor valor no método da resistência direta.

Nas figuras 2 e 3 nota-se que, embora a geometria dos perfis mude, se usarmos a mesma área de atuação os valores não se distanciam, dessa forma, pode-se dizer que caso o formato do perfil se encaixar melhor em

uma configuração no projeto, vale a pena deixá-lo como está, pois, a alteração da geometria para esse parâmetro não é tão vantajosa.

## Conclusões

Ao final desta pesquisa pode-se concluir que o Método da Resistência Direta (MRD) é um método que fornece bons resultados, é mais prático e menos complexo de ser utilizado. De certa forma, como os métodos da largura efetiva (MLE) e da seção efetiva (MSE) acabam dividindo o elemento em algumas partes, o Método da Resistência Direta (MRD) apresenta resultados mais precisos, pois pega o elemento como um todo.

Dado que os perfis analisados apresentavam suas larguras pequenas, o método da largura efetiva acabou ficando mais próximo dos resultados da MRD, enquanto os do método da seção efetiva se distanciaram um pouco mais, por exemplo, o erro entre o MRD e MSE exibiu valores de 18% um do outro, enquanto os da MLE permaneceram num máximo de 11%.

Além disso, é seguro dizer que, em caso da força de compressão, os perfis Ue e os perfis Z90 apresentaram os mesmos valores de resistência quando tratado da mesma área de material, logo se o quesito da escolha da geometria for entre os perfis Ue e Z90, no final não irá ter tanta diferença.

## Agradecimentos

Agradeço ao professor Dr. Carlos Humberto Martins pela oportunidade e auxílio durante o projeto e a CNPq pela bolsa de estudos concedida.

## Referências

NUNES, L. C.; DE OLIVEIRA, T. B. ANÁLISE DE FLAMBAGEM DISTORCIONAL E RESISTÊNCIA ÚLTIMA DE PERFIL METÁLICO TIPO U ENRIJECIDO. **Anais do Seminário Científico do UNIFACIG**, n. 3, 2018.

CARVALHO, PRM de; GRIGOLETTI, G.; BARBOSA, G. D. **Curso básico de perfis de aço formados a frio**. 2014.

CASTELANI, T. **Otimização e dimensionamento de perfis formados a frio pelo método da resistência direta**. 2012.

WINTER, G. Thin walled structures-theoretical solutions and test results. In: **Preliminary Publication of the 8th Congress**. IABSE, 1968. p. 101-112.

SCHAFFER, B. W.; PEKOZ, Teoman. **Direct strength prediction of cold-formed steel members using numerical elastic buckling solutions**. 1998.