



ANÁLISE DE PRECISÃO DO SOFTWARE DE DIMENSIONAMENTO DE PERFIS METÁLICOS PRESSIO

Erick de Castro Oliveira

MSc. José Francisco Anunciação Pinto

Curso: Engenharia Civil Período: 10º Área de Pesquisa: Estruturas Metálicas

Resumo: As estruturas metálicas ganham cada vez mais espaço no mercado da construção civil brasileira devido à algumas vantagens que a mesma tem sobre estruturas de concreto armado, como por exemplo seu peso próprio reduzido, entretanto seus cálculos são complexos e exigem tempo dos profissionais. Dessa forma o presente trabalho tem por objetivo a comparação entre os resultados de um *software* simples, de fácil utilização e alta precisão chamado *Pressio*, com os resultados de um *software* internacional de amplo reconhecimento e de grande utilização por profissionais de todo o Brasil chamado *Cype3D*. Os cálculos foram feitos a partir de barras lançadas inicialmente no *software Cype3D*, essas barras foram lançadas com comprimentos e cargas variadas para que fosse possível a coleta de uma gama de resultados mais variados. Após isso essas mesmas barras foram lançadas no *software Pressio*, onde foi possível coletar e comparar os resultados de Força axial resistente de cálculo de compressão (N_c, Rd), o Momento fletor resistente de cálculo no eixo X da seção transversal (M_x, Rd) e o Momento fletor resistente de cálculo no eixo Y da seção transversal (M_y, Rd). Os resultados obtidos em ambos os *softwares* foram bem próximos e o *Pressio* se mostrou extremamente preciso nos dois primeiros resultados (N_c, Rd e M_x, Rd), porém os resultados de (M_y, Rd) se mostraram divergentes.

Palavras-chave: Perfis metálicos. *Cype3D*. NBR 8800:2008. Dimensionamento.

1. INTRODUÇÃO

O aço é um dos materiais mais utilizados atualmente na construção civil, suas aplicações são extremamente variadas, podendo ser empregado junto ao concreto, para formar o concreto armado, e até mesmo podendo ser utilizado para a construção de estruturas feitas apenas de aço. A importância do aço se dá devido a suas diversas propriedades, sendo elas, como dito por FERRAZ (2003): Elasticidade, plasticidade, ductibilidade, resiliência, fluência, fadiga e dureza. Todas estas propriedades tornam o aço um material extremamente versátil, principalmente para a área da construção civil.

Atualmente a maioria dos engenheiros estruturais utilizam variados *softwares* para os auxiliar nos seus projetos, esses *softwares* são de extrema importância pois os mesmos são responsáveis por agilizar processos que demandavam muito tempo para serem concluídos, como por exemplo os cálculos de verificação de compressão e flexo compressão, cálculos que antes eram feitos a mão e levavam dias para serem concluídos, hoje podem ser feitos com alguns minutos em poucos cliques. A tecnologia vem se desenvolvendo de forma rápida, e todos os anos versões aprimoradas de *softwares* são lançadas, de acordo com o aumento do poder de processamento dos computadores, os *softwares* tendem a acompanhar essa evolução, se tornando cada vez mais completos.

O *Cype3D* é um desses *softwares*, atualmente é um dos mais completos na sua área, o mesmo realiza cálculos de estruturas tridimensionais compostas por barras com perfis de aço, alumínio e madeira. No presente trabalho será utilizado exclusivamente a parte relacionada aos perfis de aço.

Dito isto, esse artigo tem como objetivo utilizar um *software* conhecido e de grande renome o *Cype3D* como parâmetro, já que o mesmo é capaz de realizar com precisão os cálculos de verificação de compressão e flexo compressão em perfis metálicos, para comparar os resultados obtidos pelo do *software Pressio*, com o intuito de validar os seus cálculos.

2.DESENVOLVIMENTO

2.1. Referencial Teórico

2.1.1. O aço e os perfis metálicos

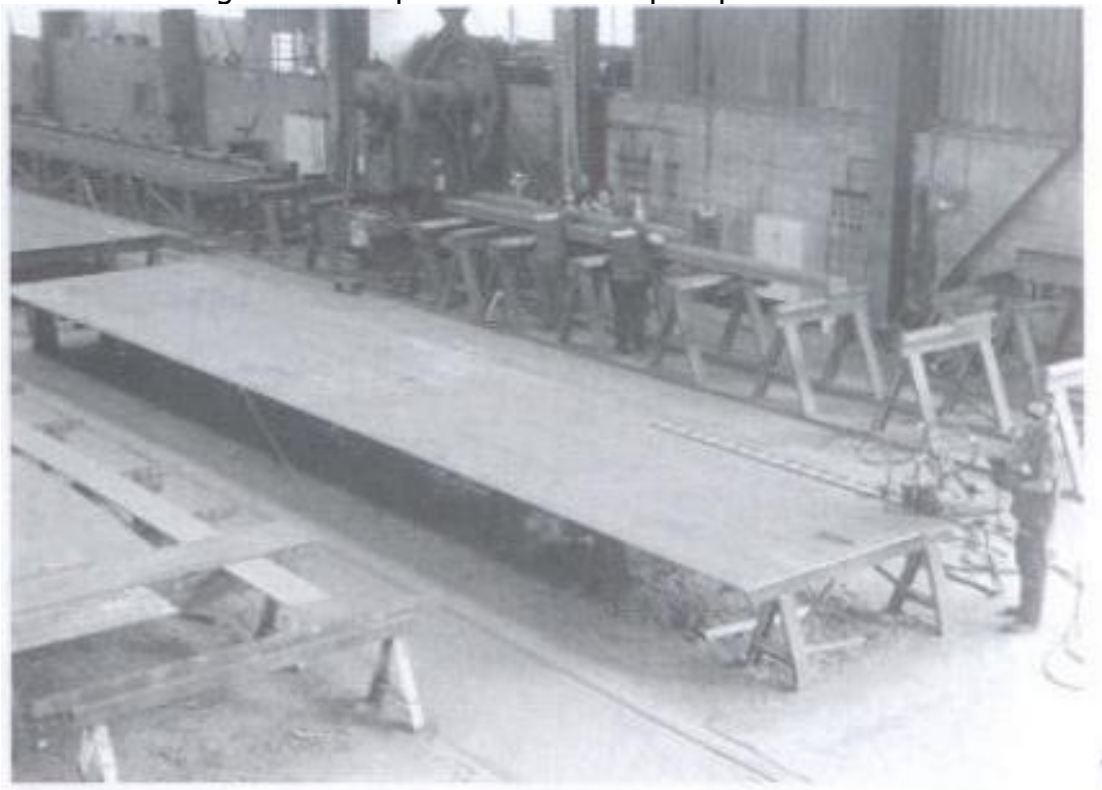
O aço é um dos principais materiais utilizados na construção civil em inúmeras áreas e principalmente na parte estrutural das mais diversas obras, é um material que se mostra extremamente versátil, como dito por Ferraz:

FERRAZ (2003, p.2) diz que de maneira geral, os aços possuem excelentes propriedades mecânicas: resistem bem à tração, à compressão, à flexão, e como é um material homogêneo, pode ser laminado, forjado, estampado, estriado e suas propriedades podem ainda ser modificadas por tratamentos térmicos ou químicos.

Essa homogeneidade permite a criação de perfis de diversos tipos e tamanhos, os perfis são classificados de acordo com o seu formato, sendo os perfis I, L, H, U e T, onde a seção transversal dos mesmos é igual ao formato das letras que os nomeiam.

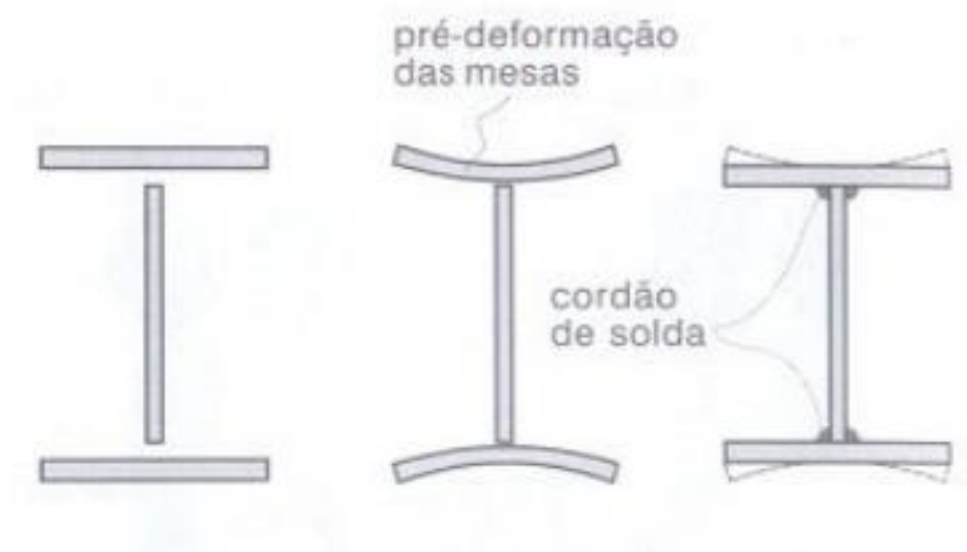
Tanto os perfis soldados quanto os laminados são feitos de aço carbono, e a relação entre o aço e carbono da liga varia de acordo com o processo e o tipo de perfil. Dias (2009) descreve os perfis soldados como “Aqueles obtidos pelo corte, composição e soldagem de chapas planas, permitindo grande variedade de formas e dimensões das seções.” Como dito por Dias, os mesmos são cortados e soldados no formato desejado como pode ser visto nas figuras 1, 2 e 3.

Figura 1 - Chapa sendo cortada pelo processo de oxicorte



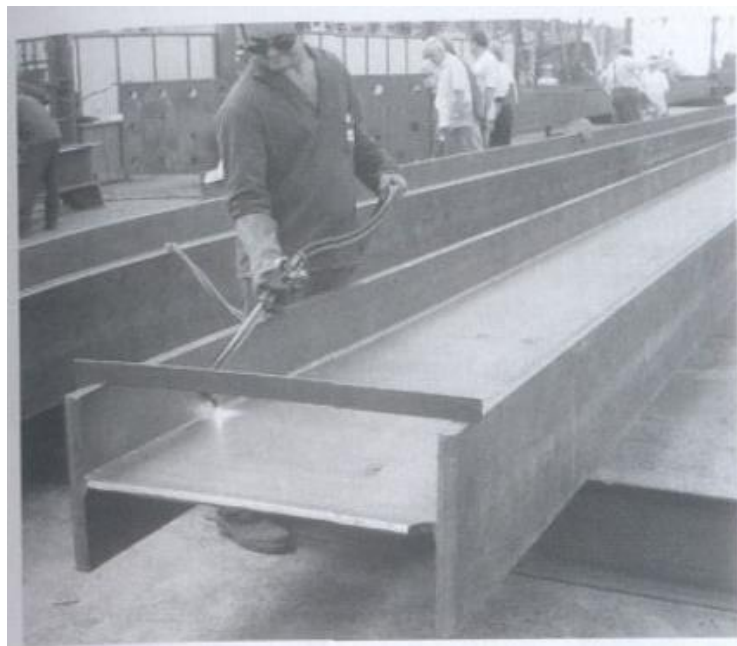
Fonte: Dias (2009)

Figura 2 - Composição de um perfil soldado com as chapas cortadas, a pré deformação das mesas e a soldagem das peças



Fonte: Dias (2009)

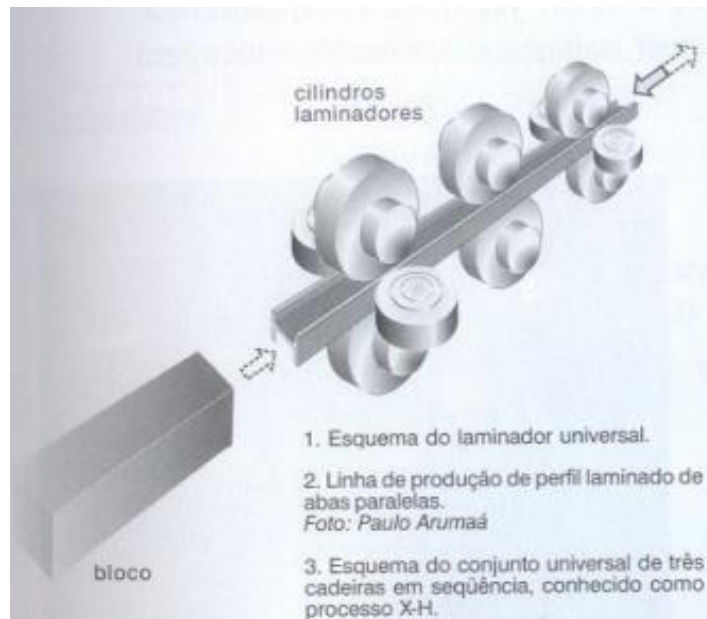
Figura 3 - Processo industrial: linha automática e contínua de montagem de perfis soldados.



Fonte: Dias (2009)

Os perfis laminados por sua vez se fabricados por um processo diferente, . Quanto aos perfis de abas paralelas Dias (2009) diz que os mesmos “São produzidos por meio de deformação mecânica a quente, com seções transversais nos formatos I e H, obtidos pelo sistema universal de laminação”, como pode ser observado na figura 4.

Figura 4 - Esquema de laminador universal.



Fonte: Dias (2009)

Como dito por Dias (2009), esse processo de fabricação e o fato de os perfis laminados não possuírem soldas dão a eles vários aspectos positivos como, uniformidade estrutural, abas paralelas e retilíneas e um baixíssimo nível de resíduos localizados nos mesos que seriam provenientes do processo de soldagem.

2.1.2. Programação na engenharia civil

Atualmente diversas faculdades e universidades ao redor do Brasil tem alguma matéria da área de programação contemplada nas suas grades, a programação se mostra cada vez mais um importante diferencial para o profissional da engenharia, isso ocorre, segundo Coutinho (2021), "Porque a automação, desenvolvimento web, inteligência artificial, bancos de dados e outras inovações estão ganhando cada vez mais espaço no mercado." Além disso, Coutinho (2021) complementa que é uma questão de tempo até a programação deixar de ser um diferencial do profissional e passar a ser uma obrigação exigida no currículo de todo profissional.

Uma das aplicações mais interessantes da programação para engenheiros é que muitas vezes o mesmo se vê fazendo tarefas repetitivas, como por exemplo, atualizar planilhas, refazer contas pois algum material tem valores diferentes de um utilizado anteriormente, etc. A implementação de um algoritmo pode resolver problemas como esse de formas simples (MIKAIL, 2020).

2.1.3. O programa Cype3D

O programa *Cype3D* é desenvolvido e distribuído pela empresa espanhola *Cype Ingenieros*, ele é reconhecido mundialmente devido à sua qualidade e confiabilidade nos resultados. Além disso, o mesmo é utilizado por inúmeras empresas e profissionais brasileiros pois é possível utilizar normas de diversos países, incluindo normas brasileiras como a ABNT NBR8800:2008.

O *software* conta com inúmeros recursos para auxiliar os profissionais que o utilizam, entre eles um recurso amplamente utilizado é o de dimensionamento de perfis metálicos. Segundo HERMES (2020) “O dimensionamento dos perfis metálicos tem como premissa comparar os esforços resistentes com os esforços solicitantes e determinar se as condições previstas nos instrumentos normativos são atendidas”, dessa forma sendo possível a utilização de perfis da forma mais otimizada possível.

O presente artigo tem um foco principalmente nos cálculos de compressão dos perfis, para que seja possível a comparação com os resultados obtidos através do *software* em análise. De acordo com HERMES (2020) a ABNT NBR 8800:2008 diz que no dimensionamento das barras prismáticas que são submetidas a força axial de compressão solicitante de cálculo (N_c, S_d) deve ser menor que a força axial de compressão resistente de cálculo (N_c, R_d).

2.1.4 O programa Pressio

O programa *Pressio* vem sendo desenvolvido desde o ano de 2017, sendo, durante esses quatro anos, desenvolvido por dois discentes do centro universitário UNIFACIG, o primeiro autor Társis Marcos de Matos Corrêa foi quem deu início ao projeto, segundo o mesmo seu objetivo era:

[...] desenvolvimento de uma ferramenta computacional que seja capaz de verificar os estados limites últimos para compressão, flexão e flexo compressão, nos quais serão analisados os modos de colapso para flambagem local de mesa, flambagem local da alma e flambagem lateral por torção de perfis metálicos. (CORRÊA, 2017, p.14)

Em primeiro momento o programa calculava apenas perfis do tipo W e H. Após isso no ano de 2021 o autor Marcus Vinícius Romeiro Clemente deu sequência ao projeto com o intuito de aperfeiçoar o trabalho anterior, segundo Clemente seu objetivo era:

[...] o desenvolvimento de uma ferramenta que pudesse realizar verificações de perfis, através de uma base teórica, com uma ferramenta já desenvolvida, porém defasada, aperfeiçoar a mesma com a ajuda da linguagem de programação Python. (CLEMENTE, 2020, p.10).

O autor tinha como principais objetivos melhorar a interface e layout do programa e também acrescentar o cálculo dos perfis I, H e U, porém apenas o primeiro objetivo foi concluído tendo em vista a complexidade do trabalho, nas palavras de Clemente:

Apesar do mesmo continuar totalmente funcional, não foi possível alcançar o objetivo proposto por esse trabalho, tendo em vista que o intento era a adição de um novo tipo de perfil metálico. Isso se deu pela complexidade da elaboração do programa, necessitando de um maior tempo para sua execução, o que, durante a idealização desse trabalho, foi mensurado incorretamente. (CLEMENTE, 2020, p.11).

O primeiro autor a desenvolver o programa já tinha ressaltado sua complexidade no trecho que o mesmo diz “No desenvolvimento desse trabalho, notou-se uma grande quantidade de equações a serem consideradas nos cálculos, sendo que várias possuem um grau de complexidade elevado” (CORRÊA, 2017), o que veio a se mostrar verdade na sequência deste projeto.

2.2. Metodologia

O principal objetivo deste trabalho foi comparar os resultados obtidos pelo *software Pressio* com um *software* já conhecido no mercado e de grande confiabilidade o *Cype3D*, com o intuito de validar os resultados do *Pressio* através da comparação dos seus resultados.

Este trabalho tem por definição a análise de uma ferramenta que faz uso de linguagem computacional para verificar estados limites últimos para compressão, flexão e flexo compressão, que serão analisados os modos de colapso para flambagem local da mesa, da alma e flambagem lateral por torção.

O programa se mostra necessário devida a complexidade dos cálculos de estruturas metálicas, o *software* tem como premissas um *layout* simples, porém extremamente objetivo e dinâmico, dando ao usuário uma experiência agradável durante a utilização. Tem como base a NBR 8800:2008, dando segurança ao usuário.

Quando o programa for iniciado o usuário escolherá entre duas opções, “Laminados” e “Soldados”, o usuário deverá escolher com qual tipo de perfil irá trabalhar e selecionar o desejado, ao clicar será direcionado para a segunda tela do programa, a área de “Verificações”.

Após ter escolhido o tipo de perfil na tela inicial o usuário será apresentado a janela de verificações conforme a figura 5, onde o mesmo deverá preencher todas as informações referentes a situação a ser calculado, após isso o usuário deverá clicar no botão “Calcular” e o cálculo será feito instantaneamente, ainda será possível alternar entre diferentes tipos para comparar os resultados de diferentes tipos de perfis em questão de segundos.

Figura 5 - Exemplo da janela de Verificações

id	BITOLA	d	bf	hw
1	W150x18.0	153	102	5.8
2	W150x22.5(H)	152	152	5.8
3	W150x24.0	160	102	6.6
4	W150x29.8(H)	157	153	6.6
5	W150x37.1(H)	162	154	8.1
6	W200x15.0	200	100	4.3
7	W200x19.3	203	102	5.8
8	W200x22.5	206	102	6.2
9	W200x26.6	207	133	5.8
10	W200x31.3	210	134	6.4
11	W200x35.9(H)	201	165	6.2
12	W200x41.7(H)	205	166	7.2
13	W200x46.1(H)	203	203	7.2

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valores técnicos de K_x ou K_y	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados	0.65	0.80	1.2	1.0	2.1	2.0

Código para condição de apoio

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Rotacion e translação impedidas	1	1	1	1	1	1
Rotacion livre, translação impedida	1	1	1	1	1	1
Rotacion impedida, translação livre	1	1	1	1	1	1
Rotacion e translação livres	1	1	1	1	1	1

Fonte: O autor

O programa conta com uma área chamada “Banco de Dados” conforme é mostrado na figura 6, onde estão pré-cadastrados inúmeros perfis prontos para serem calculados. O usuário ainda tem a opção de inserir e salvar novos tipos de perfis, os mesmos ficarão armazenados no programa e poderão ser utilizados novamente pelo usuário em ocasiões futuras.

Figura 6 - Exemplo da janela de Banco de Dados

id	BITOLA	d	bf	tw	tf	h	diâmetro	área	lx	Wx	rx	Zx
1	W150x18.0	153	102	5.8	7.1	139	119	23.4	939	122.8	6.34	139.4
2	W150x22.5H	152	152	5.8	6.5	139	119	29	1229	161.7	6.51	179.6
3	W150x24.0	160	102	6.6	10.3	139	115	31.5	1384	173	6.63	197.6
4	W150x29.8H	157	153	6.6	9.3	138	118	38.5	1739	221.5	6.72	247.5
5	W150x37.1H	162	154	8.1	11.6	139	119	47.8	2244	277	6.85	313.5
6	W200x15.0	200	100	4.3	5.2	190	170	19.4	1305	130.5	8.2	147.9
7	W200x19.3	203	102	5.8	6.5	190	170	25.1	1686	166.1	8.19	190.6
8	W200x22.5	206	102	6.2	8	190	170	29	2029	197	8.37	225.5
9	W200x26.6	207	133	5.8	8.4	190	170	34.2	2611	252.3	8.73	282.3
10	W200x31.3	210	134	6.4	10.2	190	170	40.3	3168	301.7	8.86	338.6
11	W200x35.9H	201	165	6.2	10.2	181	161	45.7	3437	342	8.67	379.2
12	W200x41.7H	205	166	7.2	11.8	181	157	53.5	4114	401.4	8.77	448.6
13	W200x46.1H	203	203	7.2	11	181	161	58.6	4543	447.6	8.81	495.3
14	W200x52.0H	206	204	7.9	12.6	181	157	66.9	5298	514.4	8.9	572.5
15	HP200x53.0H	204	207	11.3	11.3	181	161	68.1	4977	488	8.55	551.3
16	W200x59.0H	210	205	9.1	14.2	182	158	76	6140	584.8	8.99	655.9
17	W200x71.0H	216	206	10.2	17.4	181	161	91	7660	709.2	9.17	803.2
18	W200x86.0H	222	209	13	20.6	181	157	110.9	9498	855.7	9.26	984.2
19	W250x17.9	251	101	4.8	5.3	240	220	23.1	2291	182.6	9.96	211
20	W250x22.3	254	102	5.8	6.9	240	220	28.9	2939	231.4	10.09	267.7
21	W250x25.3	257	102	6.1	8.4	240	220	32.6	3473	270.2	10.31	311.1
22	W250x28.4	260	102	6.4	10	240	220	36.6	4046	311.2	10.51	357.3

Fonte: O autor

2.2.4. Os cálculos

Primeiramente foram lançados no *software Cype3D* 10 pares de barras bi apoiadas, totalizando 20 barras, essas foram lançados comprimentos variados para cada par, sendo eles 15, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 5 e 4 metros, esses comprimentos forma escolhidos de forma aleatória com o intuito de buscar cenários diferentes para que fosse possível avaliar o *software* de forma mais real.

Cada um dos pares foi submetido à uma carga em kN no meio das barras, cargas essas também escolhida de forma aleatória, esses valores foram corrigidos para valores de força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável como é possível verificar na tabela 1.

Tabela 1 – Comprimentos e cargas e perfis perfis soldados e laminados adotados.

Comprimento (m)	Carga (kN)	Valor de Cálculo (kN)	Perfis soldados	Perfis laminados
15	100	150	CVS400X116	W310x97.0(H)
13	250	375	CVS450X116	W610x174.0
12	100	150	CVS300X80	W610x155.0
11	175	262,5	CVS350X87	W610x155.0
10	200	300	CVS300X79	W200x59.0(H)
9	200	300	CVS300X57	HP200x53.0
8	150	225	CVS300X85	W410x75.0
7	75	112,5	CVS300X70	W310x38.7
5	150	225	CVS300X67	W200x31.3
4	100	150	CVS350X105	W150x24.0

Fonte: O autor

Foram escolhidos de forma aleatória diversos tipos diferentes de perfis soldados e laminados, para que fosse possível analisar resultados de uma gama maior de perfis, ao todo foram analisados 10 perfis soldados e 10 laminados.

Após gerados os resultados foi possível obter 3 valores para serem comparados ao *Pressio*, sendo eles a Força axial resistente de cálculo de compressão (N_c, Rd), o Momento fletor resistente de cálculo no eixo X da seção transversal (M_x, Rd) e o Momento fletor resistente de cálculo no eixo Y da seção transversal (M_y, Rd). Todos resultados obtidos através do *Cype3D* estavam de acordo com a ABNT NBR 8800:2008.

Após serem coletados todos os dados obtidos através do *Cype3D*, esses mesmos perfis soldados e laminados foram lançados no *Pressio*, todos com os mesmos comprimentos e cargas que anteriormente foram lançados no *Cype3D*.

A figura 7 é um exemplo do perfil laminado W200x59.0(H) de 10 metros e carga de força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável igual à 300 kN que foi lançado no *software Pressio*.

Figura 7 – Exemplo lançado no *software Pressio*

The screenshot displays the Pressio software interface with the following sections:

- Top Section:**
 - $N_{c.Sd}$: 300 kN
 - Seleção o Perfil: W200x59,0(H)
- Comprimentos de Flambagem:**
 - L_x : 10 m
 - L_y : 10 m
 - L_z : 10 m
- Dados de Momento:**
 - $M_{x.Sd}$: 10,97 kNm
 - $M_{y.Sd}$: 0 kNm
 - C_b : 1
 - a : 10 m
- Material Properties:**
 - f_y : 290 Mpa
 - f_u : 400 Mpa
 - E : 20000 kN/cm²
- Coeficiente de flambagem por flexão de elementos isolados:**
 - K_x : 1
 - K_y : 1
 - K_z : 1
- Flexo Compressão Interação:** 0,99 Verificação Ok
- Resultados (highlighted in red):**
 - Verificação da Compressão:** $N_{c.Rd}$: 321,20 kN PERFIL OK
 - Verificação da Flexão:**
 - $M_{x.Rd}$: 172,92 kNm Verificação OK
 - $M_{y.Rd}$: 79,88 kNm Verificação OK
 - Classificação da seção para FLA:**
 - Em X: Seção compacta
 - Em Y: Seção compacta

Fonte: O autor

Como é possível observar na caixa de “Resultados” que se encontra enquadrado em vermelho na figura acima, foram obtidos os mesmos 3 resultados do *Cype3D*, sendo eles o $N_{c,Rd}$, $M_{x,Rd}$ e $M_{y,Rd}$. Na figura 7 também é possível observar na caixa de “Interação” enquadrada por um retângulo azul, onde é mostrado quanto do perfil está sendo trabalhado com a carga que foi colocada sobre o mesmo, no caso do exemplo acima essa porcentagem é de 99%. Para buscar uma gama maior de resultados foram lançados perfis que obtivessem porcentagens diferentes de interação.

Após isso os outros 9 exemplos foram lançados no *software Pressio* e seus dados foram devidamente coletados e demonstrados através de 4 planilhas que reúnem todos os dados coletados.

2.3. Discussão de Resultados

As tabelas 2 e 3 comparam os resultados obtidos das análises feitas nos dois *softwares* já citados, através dos exemplos lançados em ambos. Como é possível verificar as tabelas 2 e 3 comparam os resultados de diversos perfis soldados de ambos os *softwares*, os resultados são muito próximos, com uma precisão média de 99% em relação ao valor obtido pelo *software* comercial.

Tabela 2 – Resultados de perfis soldados obtidos através do software *Cype3D*.

Exemplo	Perfil	Nc,Rd	Mx,Rd	My,Rd	Eficiência
1	CVS400X116	598,21	654,59	150,32	31,60%
2	CVS450X116	671,11	693,16	117,48	60,50%
3	CVS300X80	455,49	337,36	107,91	38,50%
4	CVS350X87	542,22	415,54	108,42	52,50%
5	CVS300X79	398,98	324,49	100,26	79,20%
6	CVS300X57	324,05	229,36	51,48	95,80%
7	CVS300X85	623,99	338,06	100,35	38,70%
8	CVS300X70	685,79	284,56	84,44	10,40%
9	CVS300X67	1217,37	277,46	69,25	10,40%
10	CVS350X105	2707,14	494,7	156,69	3,40%

Fonte: O autor

Tabela 3 – Resultados de perfis soldados obtidos através do software *Pressio*.

Exemplo	Perfil	Nc,Rd	Mx,Rd	My,Rd	Eficiência
1	CVS400X116	598,24	654,61	27,53	32,00%
2	CVS450X116	671,13	693,1	113,37	61,00%
3	CVS300X80	455,51	337,45	17,88	38,00%
4	CVS350X87	542,23	415,49	19,95	53,00%
5	CVS300X79	398,95	324,54	19,73	79,00%
6	CVS300X57	324,08	229,36	9,18	96,00%
7	CVS300X85	624,09	337,98	102,87	39,00%
8	CVS300X70	685,71	284,46	16,62	10,00%
9	CVS300X67	1214,78	277,35	40,48	10,00%
10	CVS350X105	2707,14	494,58	159,74	3,00%

Fonte: O autor

Já as tabelas 4 e 5 comparam os resultados de diversos perfis laminados, essas tabelas também trazem como resultado a Força axial resistente de cálculo de compressão (N_c, Rd), o Momento fletor resistente de cálculo no eixo X da seção transversal (M_x, Rd) e a eficiência de cada perfil empregado.

O software *Pressio* se mostrou ainda mais preciso nestes resultados, tendo todos os valores idênticos aos resultados encontrados pelo software comercial *Cype3D*, o que mostra que a programação desta parte do cálculo, ou seja, uma precisão de 100%, vale ressaltar que o *Cype3D* utiliza 3 casas decimais após a virgula para mostrar a eficiência de cada perfil, enquanto o *Pressio* utiliza apenas duas e por isso é possível verificar algumas variações na última coluna “Eficiência”.

Tabela 4 – Resultados de perfis laminados obtidos através do software *Cype3D*.

Exemplo	Perfil	Nc.Rd	Mx.Rd	My.Rd	Eficiência
1	W310x97.0(H)	509,62	420,29	188,94	37,90%
2	W610x174.0	1152,29	1419,23	200,75	35,90%
3	W610x155.0	1178,46	1252,04	175,48	9,70%
4	W610x155.0	1402,46	1252,04	175,48	12,10%
5	W200x59.0(H)	321,2	172,92	78,74	99,00%
6	HP200x53.0	325,05	145,34	63,92	97,20%
7	W410x75.0	383,36	400,36	45,67	60,70%
8	W310x38.7	233,49	162,24	23,23	50,10%
9	W200x31.3	258,1	89,27	24,20	88,60%
10	W150x24.0	180	52,09	14,19	84,60%

Fonte: O autor

Tabela 5 – Resultados de perfis laminados obtidos através do software *Pressio*.

Exemplo	Perfil	Nc.Rd	Mx.Rd	My.Rd	Eficiência
1	W310x97.0(H)	509,62	420,29	191,14	38,00%
2	W610x174.0	1152,29	1419,23	48,33	36,00%
3	W610x155.0	1178,46	1252,04	48,61	9,00%
4	W610x155.0	1402,46	1252,04	57,85	12,00%
5	W200x59.0(H)	321,2	172,92	79,88	99,00%
6	HP200x53.0	325,05	145,34	65,54	97,00%
7	W410x75.0	383,36	400,36	8,56	61,00%
8	W310x38.7	233,49	162,24	5,02	50,00%
9	W200x31.3	258,1	89,27	24,78	89,00%
10	W150x24.0	180	52,09	14,71	85,00%

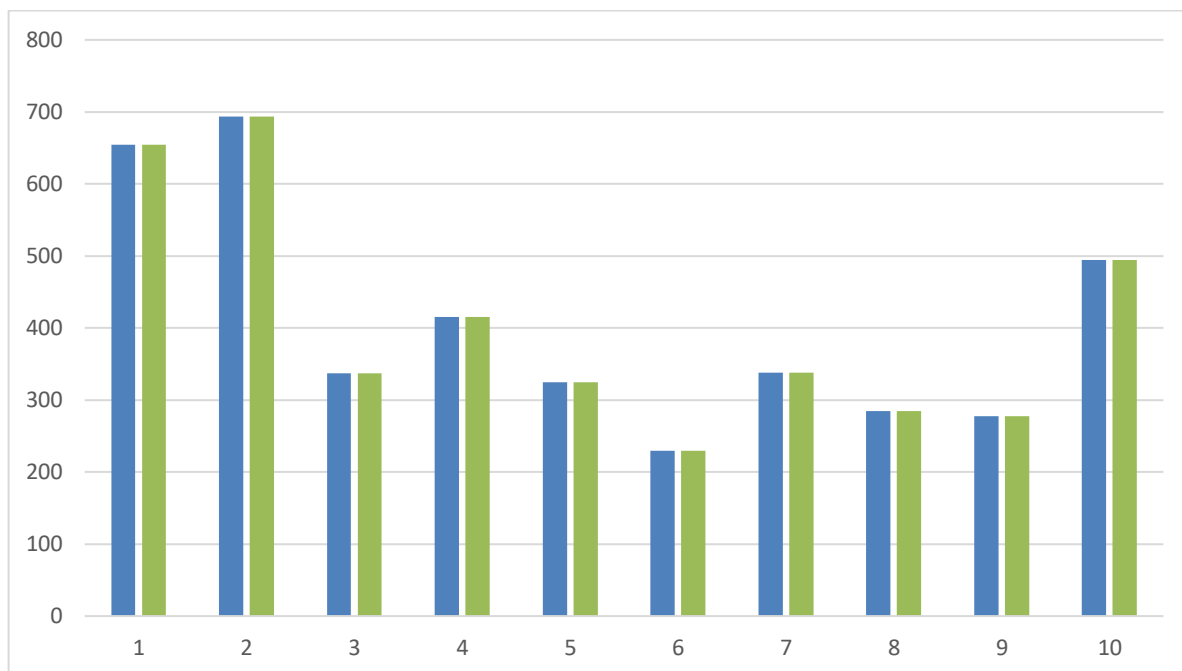
Fonte: O autor

Os gráficos abaixo demonstram a precisão do software *Pressio* quando comparado a *Cype3D*, o gráfico 1 compara os resultados dos perfis soldados, é possível visualizar uma sutil diferença entre os resultados, onde a cor verde representa os resultados do *Cype3D* e a cor azul os resultados do *Pressio*.

Como dito anteriormente essa diferença representa em média 1% de variação do resultado obtido através do *Cype3D*. Já no gráfico 2 não existe diferença alguma, pois os valores obtidos foram idênticos, atingindo uma precisão de 100% como foi dito a cima e demonstrado nas tabelas 4 e 5.

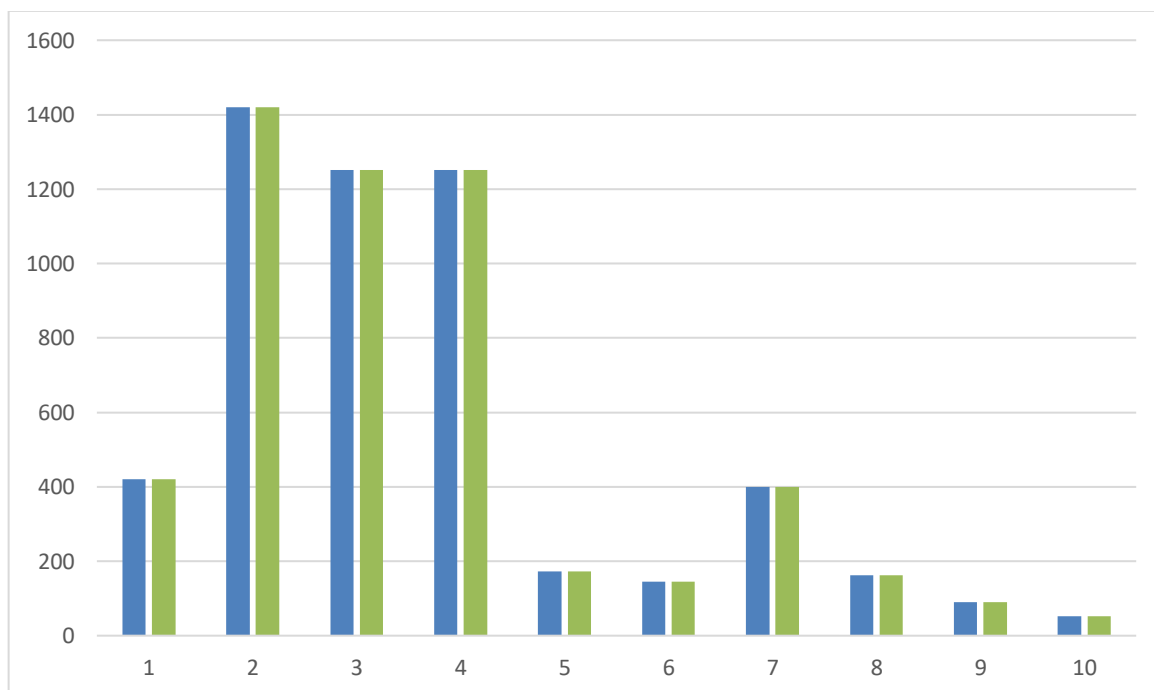
Vale ainda ressaltar que os resultados da força axial de compressão resistente de cálculo ($N_{c,Rd}$) demonstram as mesmas variações mostradas no caso do gráfico 1 e nenhuma variação no caso do gráfico 2, desta forma não sendo necessário uma elaboração de gráficos para a visualização dos resultados dos mesmos.

Gráfico 1 – Comparação dos resultados de Mx.Rd de perfis soldados entre os dois softwares



Fonte: O autor

Gráfico 2 – Comparação dos resultados de Mx.Rd perfis laminados entre os dois softwares



Fonte: O autor

Após analisar os resultados obtidos podemos verificar que as variações encontradas nos resultados das tabelas 2 e 3 são bem pequenas, em média de 1% de variação dos resultados entre *softwares* e nas tabelas 4 e 5 não há variação alguma.

Já os gráficos 3 e 4 comparam os resultados do Momento fletor resistente de cálculo no eixo Y da seção transversal ($M_{y,Rd}$), dos perfis soldados e laminados respectivamente, podemos perceber uma grande variação entre os resultados dos *softwares*

Gráfico 3 – Comparação dos resultados de $M_{y,Rd}$ perfis soldados entre os dois *softwares*

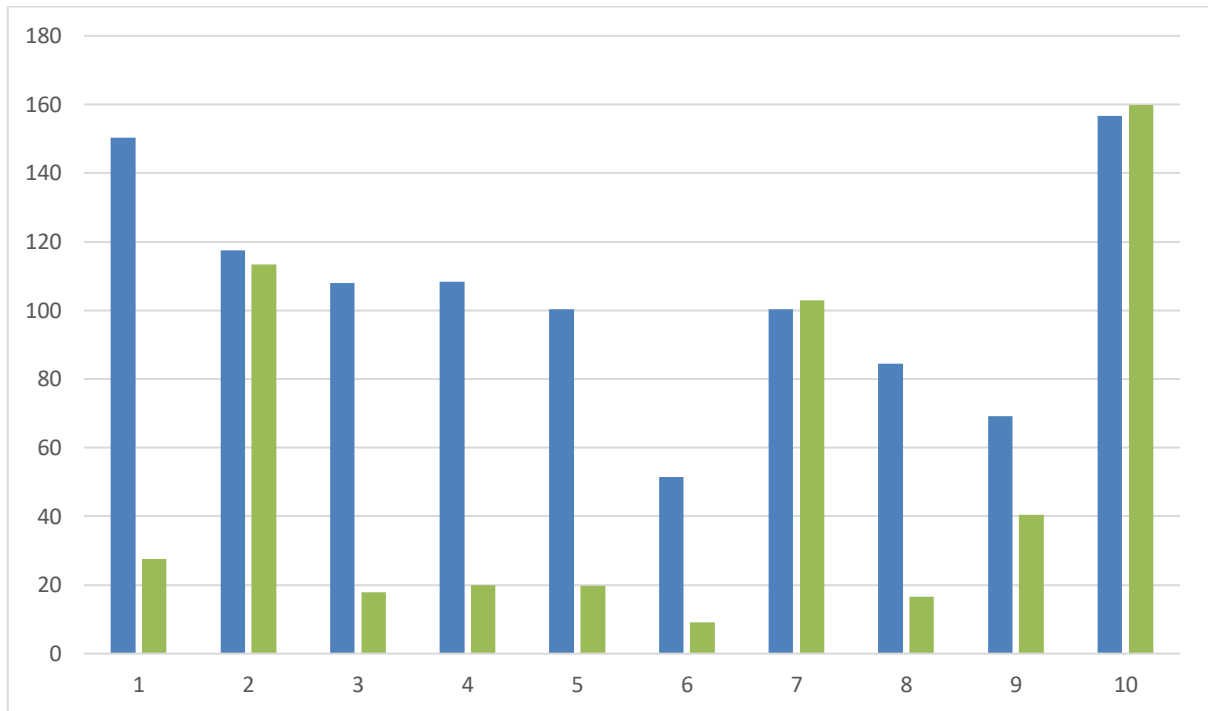
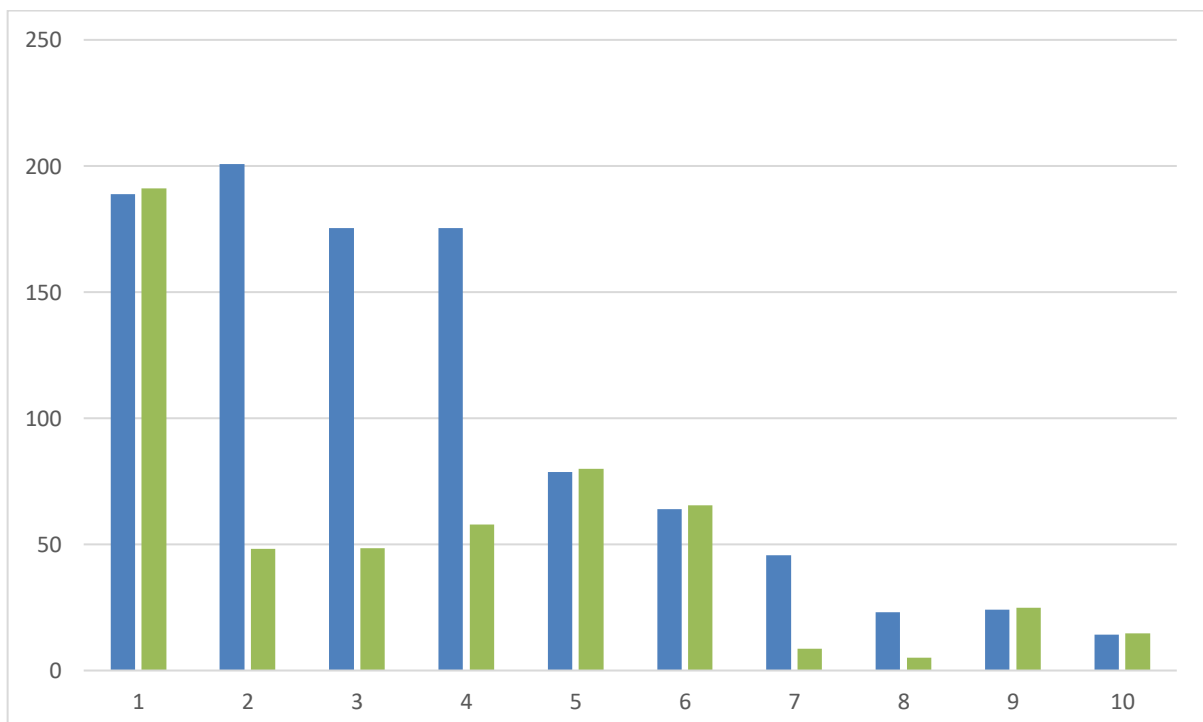


Gráfico 4 – Comparação dos resultados de $M_{y,Rd}$ perfis laminados entre os dois *softwares*



Após analisar os dados dos gráficos 3 e 4 podemos verificar uma grande diferença dos resultados do *Software Pressio* se comparado ao *Cype3D*. É possível observar que os exemplos 1, 5, 6, 9 e 10 obtiveram valores próximos, porém ainda discrepantes se comparados com a precisão obtida nos resultados do M_y, Rd e N_c, Rd , já os exemplos 2, 3, 4, 7 e 8 demonstraram valores extremamente distantes.

3.CONCLUSÃO

Como foi possível verificar através dos resultados o *software Pressio* novamente se mostrou eficiente naquilo que foi proposto no seu desenvolvimento, comparados seus resultados com um *software* comercial de grande renome o mesmo se mostrou eficaz e coeso.

Além de se mostrar eficiente nos resultados, o *software* ainda se mostrou ágil e de fácil utilização, levando em conta que o objetivo do mesmo é de calcular apenas as forças axiais de cálculo de compressão e os momentos fletores resistentes de cálculo, o *Pressio* se mostra mais veloz que o *software* ao qual ele foi comparado, o *Cype3D*, pois como o *Cype3D* realiza outros inúmeros cálculos, ele se mostra mais complexo e demorado, pois são necessárias configurações prévias para realizar os cálculos, já o *Pressio* se encontra todo pré-configurado para exercer sua função, sendo necessário apenas a introdução dos valores em seus respectivos locais.

Também é importante salientar uma possível falha no cálculo do Momento fletor resistente de cálculo no eixo Y da seção transversal (M_y, Rd), pois o mesmo quando comparado ao *software Cype3D* não se mostrou coerente com os resultados.

Como sugestão para trabalhos futuros, podem ser feitas novas verificações com ênfase no Momento fletor resistente de cálculo no eixo Y, para assim comprovar esta possível falha e solucioná-la. Além disso o *software* se mostra receptivo à inserção de novos tipos de perfis.

Dito isto, o *software* se mostrou eficiente, com uma interface de fácil entendimento e extremamente eficiente, podendo ser amplamente utilizado em âmbito acadêmico e futuramente após as melhorias propostas se tornar um *software* de uso profissional.

4. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios: 2.ed. Rio de Janeiro: 2008.

CLEMENTE, Marcus Vinícius Romeiro. DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE DE VERIFICAÇÃO DE PERFIS LAMINADOS E SOLDADOS. **Pensar Acadêmico**, 2020.

DA SILVA, Rogério Oliveira; SILVA, Igor Rodrigues Sousa. Linguagem de Programação Python. **TECNOLOGIAS EM PROJEÇÃO**, v. 10, n. 1, p. 55-71, 2019. Disponível em: <<http://revista.faculdadeprojecao.edu.br/index.php/Projecao4/article/view/1359/1064>>.

DIAS, L. A. de M. Estruturas de aço: conceitos, técnicas e linguagem. **10. Ed. São Paulo: Ziguarte Editora**, 2009.

FERRAZ, Henrique. O aço na construção civil. **Revista eletrônica de ciências. São Paulo**, n. 22, 2003. Disponível em: <
<https://www.ft.unicamp.br/~mariaacm/ST114/O%2520A%25C7O%2520NA%2520CONSTRU%25C7%25C3O%2520CIVIL.pdf>>.

HERMES, Matheus José. **Estudos comparativos entre o programa Cype 3D e o dimensionamento manual de estruturas em aço**. 2020. Disponível em:<
<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/218035/001121617.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

MENEZES, Nilo Ney Coutinho. Introdução à programação com Python. **Algoritmos e lógica de programação para iniciantes. Novatec**, 2010. Disponível em:
<<https://s3.novatec.com.br/capitulos/capitulo-9788575222508.pdf>>