

# CONSTRU METAL 2025

10º CONGRESSO LATINO-AMERICANO  
DA CONSTRUÇÃO METÁLICA

CONTRIBUIÇÕES  
TECNOCIENTÍFICAS

Allianz Parque



# FLAMBAGEM LATERAL COM DISTORÇÃO DE VIGAS MISTAS DE AÇO E CONCRETO: EM BUSCA DE NOVOS VALORES DE FATOR DE MODIFICAÇÃO PARA MOMENTOS FLETORES NÃO UNIFORMES

## **Autores:**

Paulo Marques do Lago Junior  
Renan Moura Guimarães  
Cilmar Baságlia

**CONSTRU**  
**METAL**  
**2025**

**09 SET**

Allianz Parque  
São Paulo-SP

10º CONGRESSO LATINO-AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA

# Introdução: FLD em Vigas Mistas

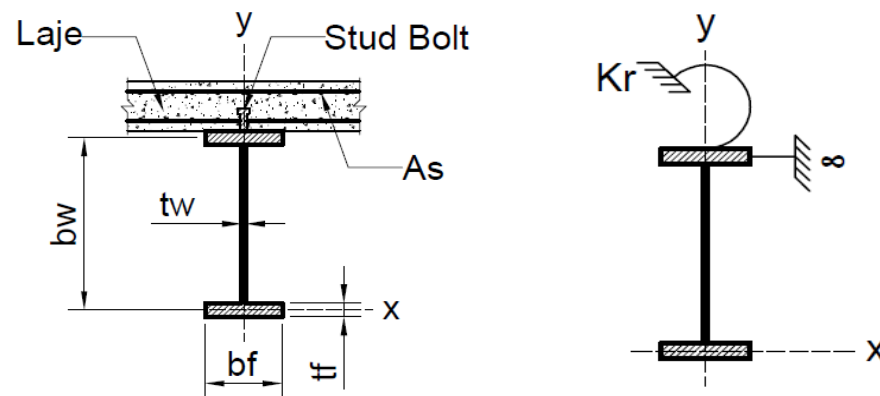
**BREVE RESUMO:** Este trabalho apresenta uma investigação em andamento relacionada à análise numérica sobre a FLD associada à curvatura dupla (FLD-D) e simples (FLD-S) de vigas de aço com seção em I, restringidas elasticamente por lajes de concreto armado e submetidas a momentos fletores negativos variáveis, com ênfase no estudo e na obtenção de novos coeficientes de distribuição de momentos fletores ( $C_{dist}$ ).

## Representação da rigidez rotacional:

- ❖ Mola elástica com rigidez rotacional ( $K_r$ ).
- ❖ Restrição parcial.

## Representação da rigidez translacional:

- ❖ Restrição lateral contínua.
- ❖ Restrição total.



# Introdução: Curvatura Simples e Dupla

Trata-se de uma combinação dos modos de flambagem nas regiões de momento fletor negativo:

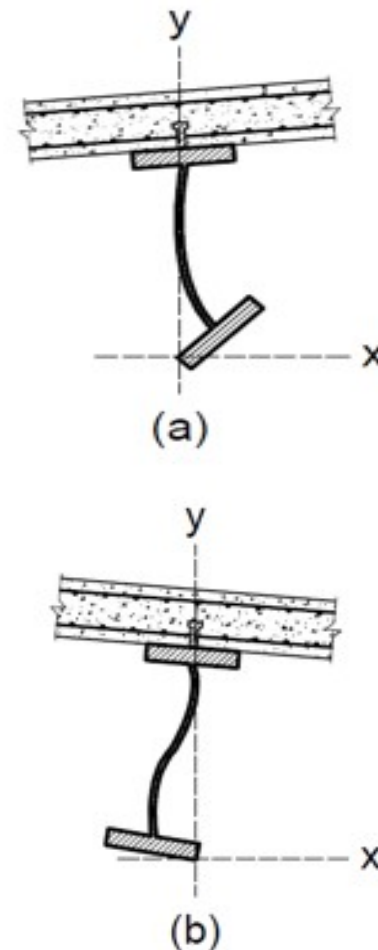
- ❖ Deslocamento lateral da mesa inferior.
- ❖ Flexão transversal da alma.

## a) Curvatura simples (FLD-S):

- ❖ Relação  $t_w/t_f \leq 3,50$ .

## b) Curvatura dupla (FLD-D):

- ❖ Relação  $t_w/t_f > 3,50$ .



# Introdução: ABNT NBR 8800:2024

## Considerações:

❖ Adota a equação proposta por Dias *et al.* (2019).

❖ Pressupostos importantes:



Mecanismo U invertido para o cálculo da rigidez rotacional  $K_r$ .  
Aplica os coeficientes de distribuição de momentos fletores ( $C_{dist}$ ) propostos no trabalho de Nery *et al* (Artigo REA).

Quadro L.1 da NBR 8800:2024.

Condições de carregamento	Diagrama de momento fletor <sup>a</sup>	$\Psi$	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50
		$C_{dist}$	2,00	1,78	1,65	1,56	1,50	1,47	1,43	1,36	1,35
			1,96	1,73	1,59	1,50	1,44	1,40	1,37	1,34	1,32
			1,94	1,70	1,56	1,47	1,41	1,37	1,34	1,31	1,29
			1,92	1,67	1,53	1,44	1,38	1,33	1,30	1,27	1,24

<sup>a</sup>  $M_0$  é o momento máximo solicitante de cálculo, considerando o tramo analisado como biapoiado.

$$M_{cr} = C_{dist} \frac{k_g}{b_w} \left\{ GJ + \frac{E_a I_{af,y} b_w^2}{L^2} \left[ (\eta\pi)^2 + \left( \frac{\eta b}{\eta\pi} \right)^2 \right] \right\}$$

Quadro L.2 da NBR 8800:2024.

Condições de carregamento	Diagrama de momento fletor <sup>a</sup>	$\Psi$	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
		$C_{dist}$	1,19	1,15	1,11	1,06	1,00
				1,19	1,23	1,26	1,30

<sup>a</sup>  $M$  é o maior momento negativo solicitante de cálculo, em módulo, no trecho analisado, sendo que valores de  $\Psi$  maiores que 1,00 devem ser considerados iguais a 1,00.

# Métodos

## Determinação dos novos Coeficientes de Distribuição de momentos fletores ( $C_{dist}$ ):

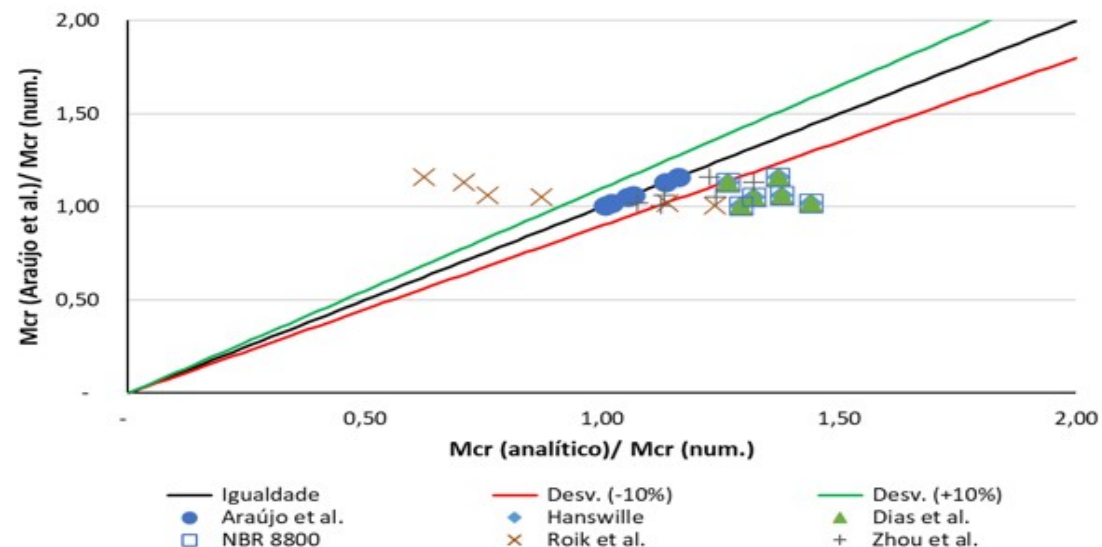
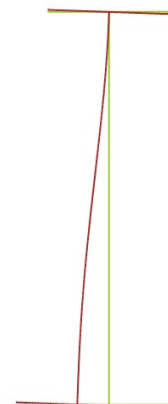
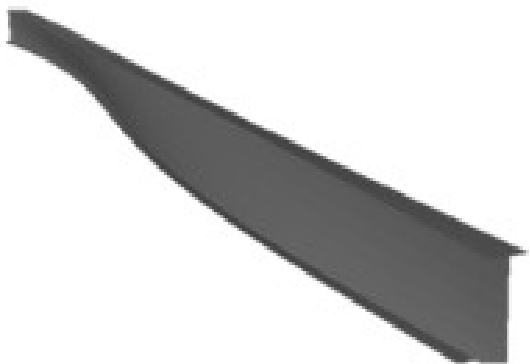
- ❖ Foram utilizadas as expressões de Araújo *et al.* para a determinação do  $M_{cr}$  uniforme negativo ( $M_{c,b}$ ) em situações de **FLD-S** e de **FLD-D**.
- ❖ Realizada a análise da aderência dos resultados dos métodos analíticos referenciais aos resultados numéricos encontrados para 12 casos (6 casos **FLD-S** + 6 casos **FLD-D**).
- ❖ Análise: 276 casos de **FLD-S** (6 modelos x 46 cenários da NBR) + 276 casos **FLD-D** (6 modelos x 46 cenários da NBR) para a determinação do  $M_{cr}$  não uniforme ( $M_{cr.num}$ ) através do GBTUL.
- ❖ Determinação do novo coeficiente  $C_{dist.num}$  inerente à ocorrência da **FLD-S** e da **FLD-D**.
  
- ❖ Proposta de equações de regressão linear para a determinação dos  $C_{dist}$  de forma a evitar o conservadorismo adotando-se o menor dos coeficientes encontrados em cada caso.

# Resultados: Analítico X Numérico

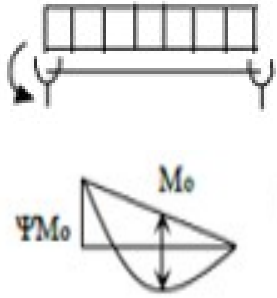
Mod.	$M_{cr}$ (kN.m)						
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f) <sup>1</sup>	(g) <sup>1</sup>
M1	3.411,61	3.411,61	3.411,21	1.906,13	3.555,40	3.055,21	2.694,55
M2	3.781,02	3.781,02	3.779,41	2.495,96	3.555,40	3.022,94	2.865,57
M3	4.085,91	4.085,91	4.084,30	3.913,78	3.555,40	3.180,29	3.160,07
M4	4.388,08	4.388,08	4.387,05	1.996,31	3.927,14	3.713,21	3.200,43
M5	4.791,83	4.791,83	4.790,80	2.635,39	3.927,14	3.698,78	3.474,44
M6	5.268,22	5.268,22	5.267,19	4.159,98	3.927,14	3.731,71	3.657,31

1 – Resultados associados à FLD-D.

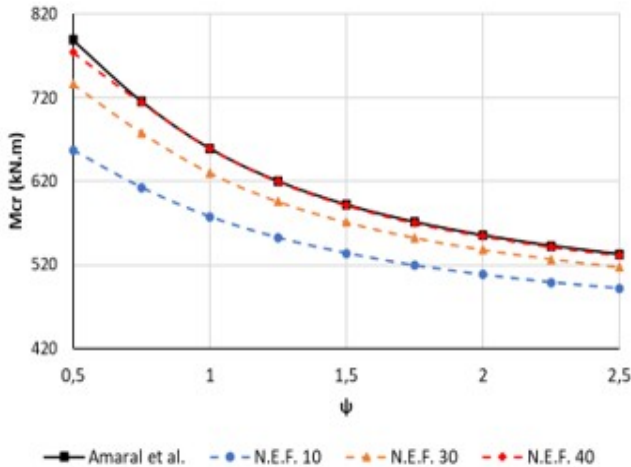
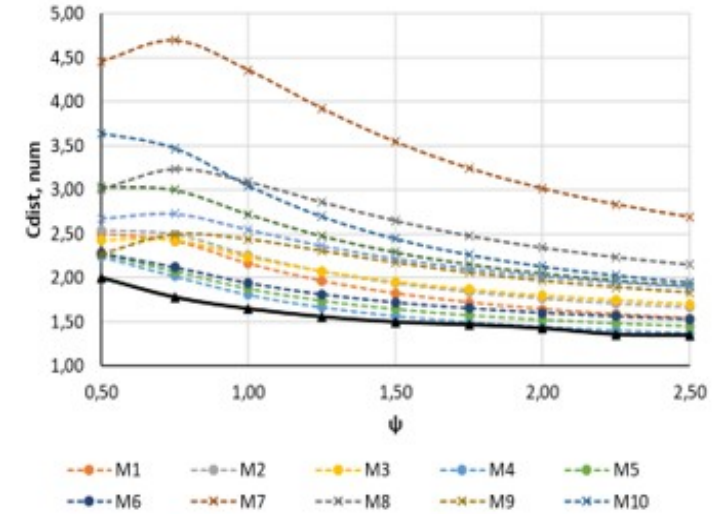
Tabela 3 - Resultados analíticos: (a) Hanswille (2002), (b) Dias *et al.* (2019), (c) NBR 8800:2024 (2024), (d) Roik *et al.* (1990), (e) Zhou *et al.* (2016), (f) Araújo *et al.* (2022) e (g) numericamente através do GBTUL (2018).



# Resultados: Diagrama 1



$$(1) \quad C_{dist.1} = \begin{cases} e^{\left[ 1,28 - 0,217\psi - 0,000214L + \frac{20,758}{k_r} \right]}, & \text{se } t_f/t_w \leq 3,5 \\ 3,194 - 0,555 \ln(\psi) - 0,000819L - \frac{7,133}{k_r}, & \text{se } t_f/t_w > 3,5 \end{cases}$$



$\psi$	$C_{dist}$ (FLD-D)						$C_{dist}$ (FLD-S)					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
0,50	2,50	2,54	2,43	2,25	2,28	2,29	4,46	3,01	2,27	3,64	3,04	2,67
0,75	2,42	2,49	2,43	2,02	2,08	2,13	4,70	3,24	2,49	3,47	3,00	2,73
1,00	2,16	2,26	2,24	1,81	1,88	1,95	4,36	3,09	2,44	3,05	2,73	2,55
1,25	1,97	2,08	2,08	1,67	1,74	1,82	3,93	2,86	2,31	2,70	2,48	2,36
1,50	1,82	1,94	1,96	1,57	1,65	1,72	3,55	2,65	2,17	2,45	2,30	2,22
1,75	1,72	1,84	1,87	1,50	1,58	1,66	3,25	2,48	2,06	2,27	2,16	2,11
2,00	1,65	1,77	1,80	1,44	1,53	1,61	3,02	2,35	1,97	2,13	2,06	2,02
2,25	1,59	1,71	1,75	1,40	1,49	1,57	2,84	2,24	1,90	2,03	1,98	1,95
2,50	1,54	1,67	1,71	1,37	1,45	1,53	2,70	2,15	1,84	1,95	1,91	1,90

Validação do modelo numérico

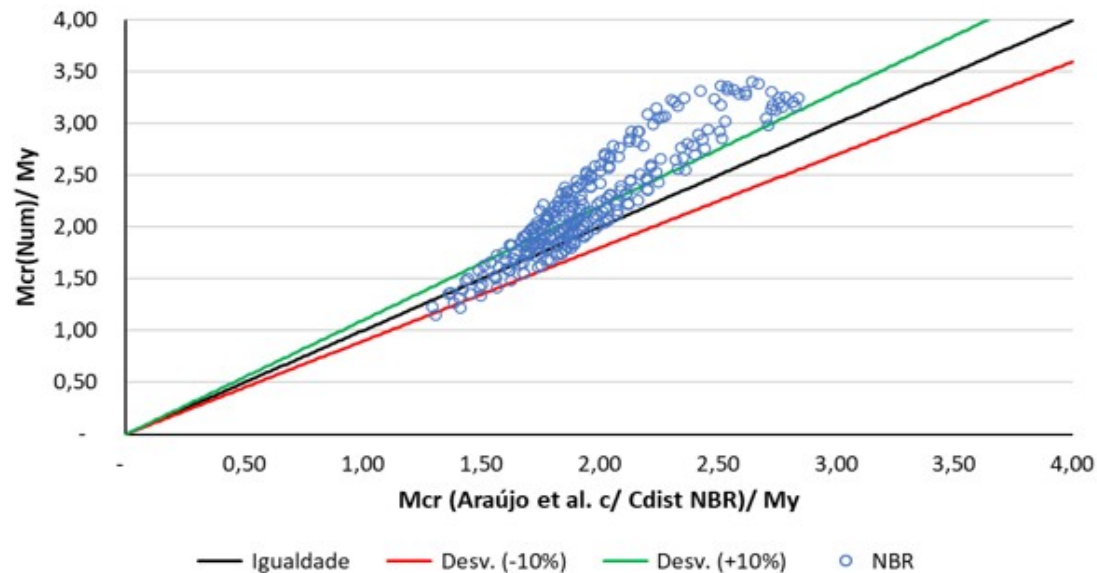
$C_{dist}$  determinados para os 9 cenários do diagrama 1 do Quadro L.1 da NBR 8800:2024

# Resultados: $C_{dist}$ NBR x $C_{dist.proposto}$

FLD-D analítico com  $C_{dist}$  NBR

X

FLD-D numérico



$$M_{cr. analítico} / M_{cr. num.} = 28,84\% \text{ (máx.)}$$

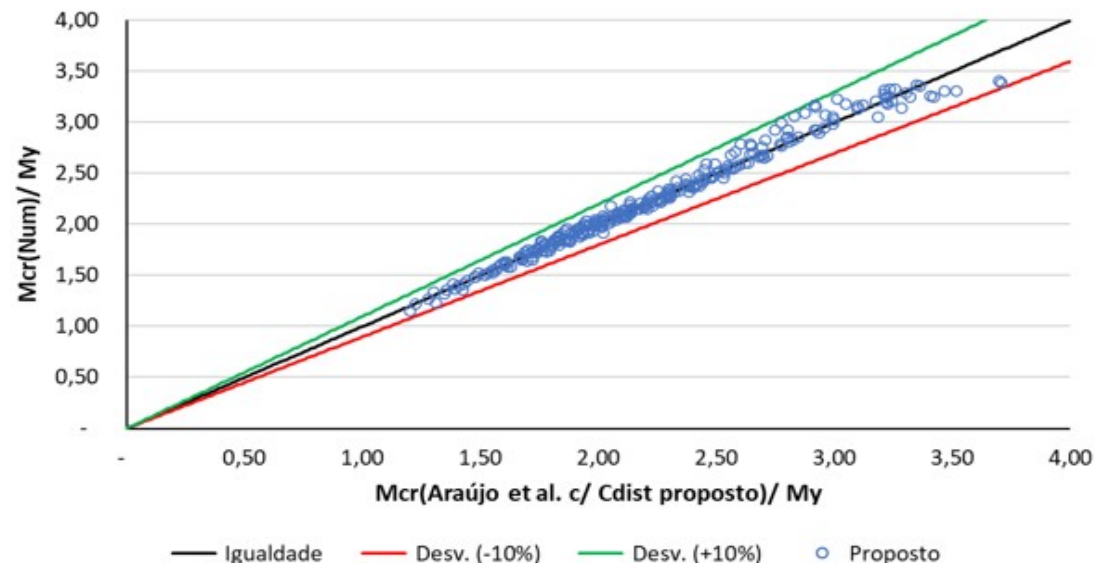
Desvio padrão = 0,10

Coeficiente var. de erro = 0,11 (EN 1990:2002)

FLD-D analítico com  $C_{dist}$  Proposto

X

FLD-D numérico



$$M_{cr. proposto} / M_{cr. num.} = 7,92\% \text{ (máx.)}$$

Desvio padrão = 0,03

Coeficiente var. de erro = 0,03 (EN 1990:2002)

# Conclusões

- ❖ Os coeficientes de distribuição de momentos fletores ( $C_{dist}$ ) fornecidos pela NBR 8800:2024 não representam adequadamente os efeitos da FLD associada à dupla e simples curvatura.
- ❖ A comparação entre os resultados obtidos e as metodologias analíticas existentes revelou que apenas o modelo de Araújo et al. (2022) é eficaz na representação da FLD-D, porém limitado a regiões de momento negativo uniforme.
- ❖ Foram propostos novos coeficientes  $C_{dist}$  (numéricos) para seis tipos de diagramas de momentos fletores negativos, o que proporcionou a observação de diferenças significativas em relação aos coeficientes da norma.

Obrigado!

# CONSTRU METAL 2025

**09 SET**

Allianz Parque  
São Paulo-SP

10° CONGRESSO LATINO-AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA

[WWW.CONGRESSOCONSTRUMETAL.COM.BR](http://WWW.CONGRESSOCONSTRUMETAL.COM.BR)



@CONGRESSOCONSTRUMETAL

REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO E PROMOÇÃO



AGÊNCIA DE VIAGENS OFICIAL

