

WORKSHOP INTERNACIONAL

PROPPEC 15

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANOS

ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE DE ESTRUTURAS METÁLICAS COMPOSTAS POR PERFIS ESBELTOS, COMPACTOS E TUBULARES

Profa. Arlene Maria Sarmanho Freitas



Colaboradores



Financiadores



PERFIS ESBELTOS

PERFIS FORMADOS A FRIO

PERFIS FORMADOS A FRIO

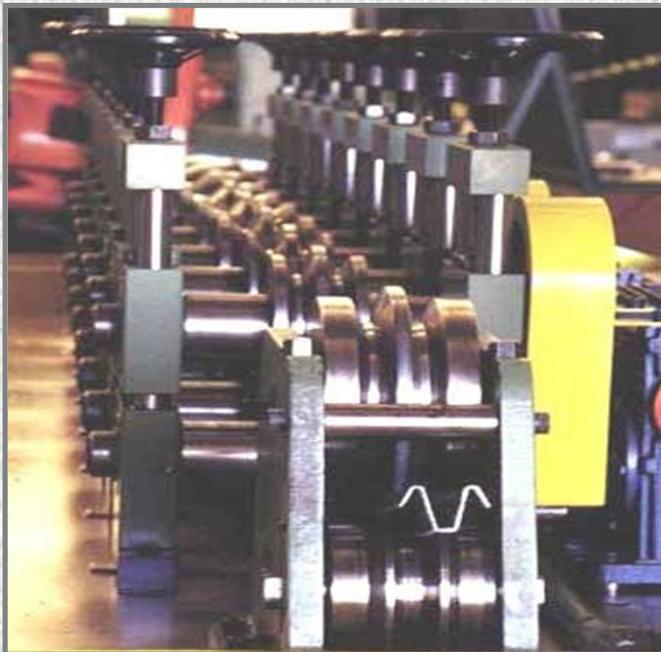
- Chapas delgadas conformadas a temperatura ambiente
- Utilização iniciada no século XIX
- 1946 – Universidade de Cornell – AISI
- Modos de instabilidade característicos
- Elevado nível de tensões residuais

Perfis Formados a Frio → Grande versatilidade

Operações de conformação

Processo Contínuo

Processo Descontínuo

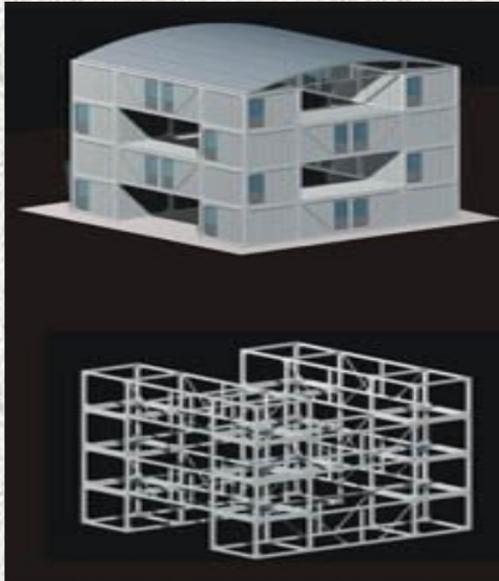


PERFIS FORMADOS A FRIO

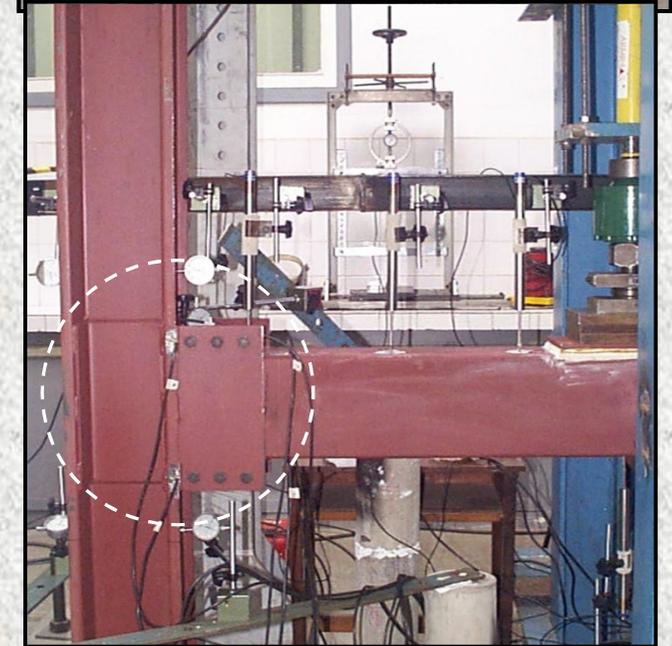
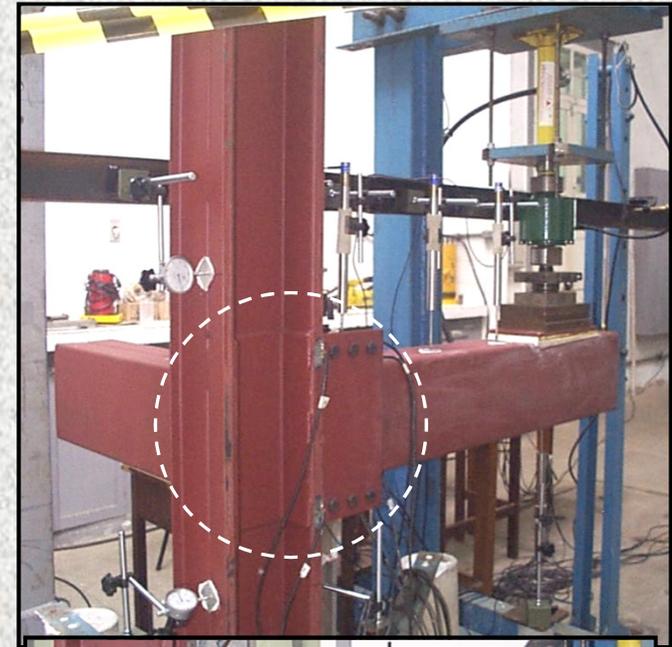
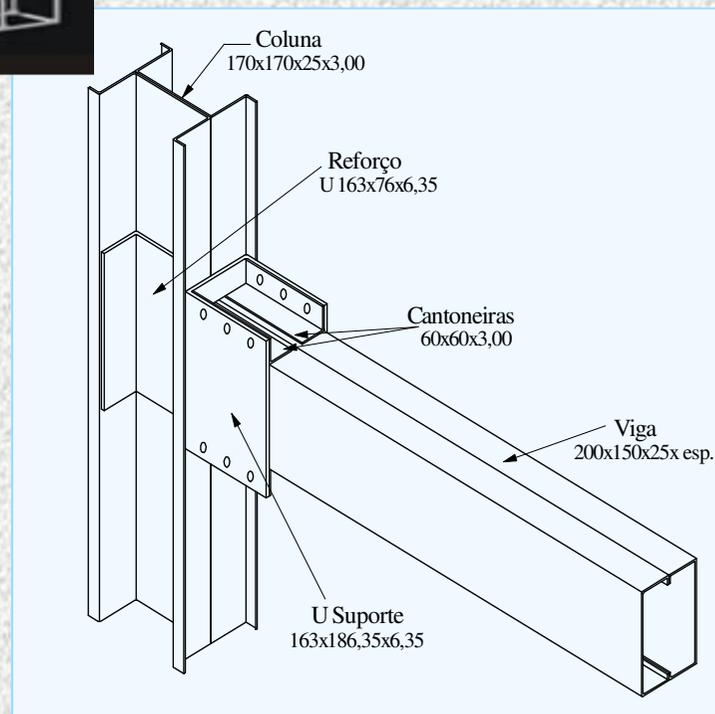
- LIGAÇÕES
- MODOS DE INSTABILIDADE
- PERFIS PERFURADOS - RACKS

PERFIS FORMADOS A FRIO

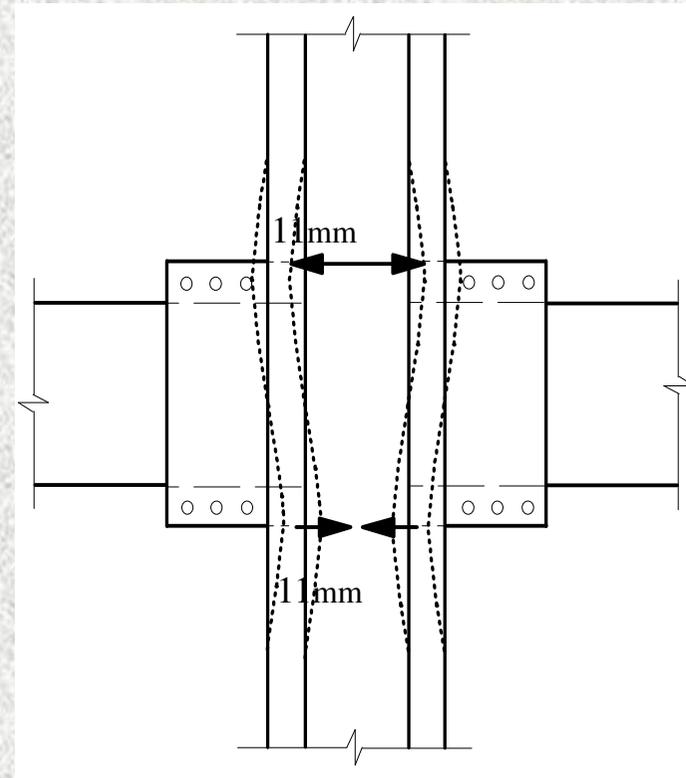
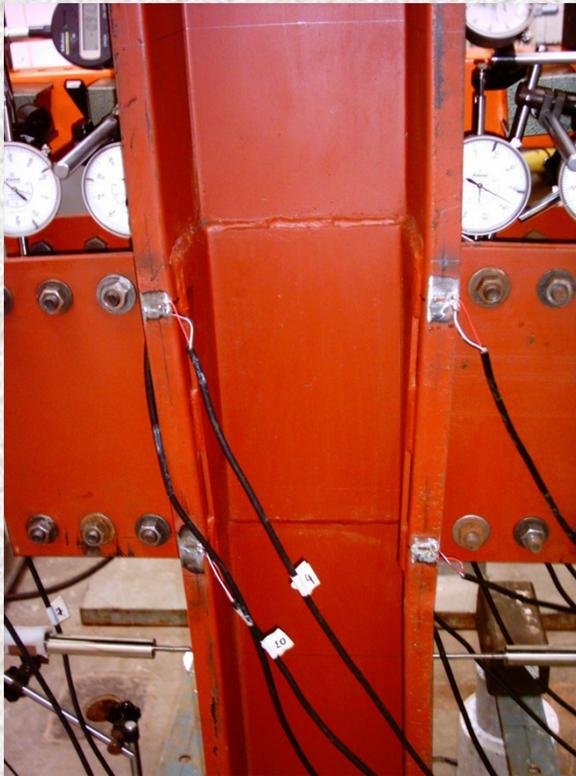
- **LIGAÇÕES**
- **MODOS DE INSTABILIDADE**
- **PERFIS PERFURADOS - RACKS**



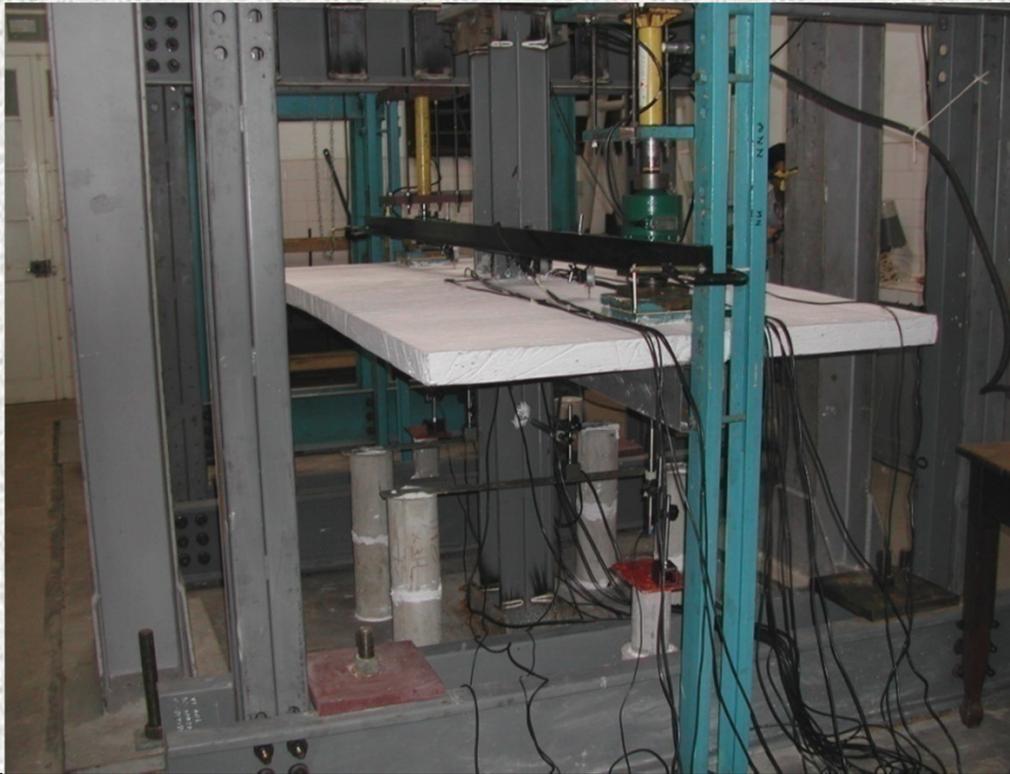
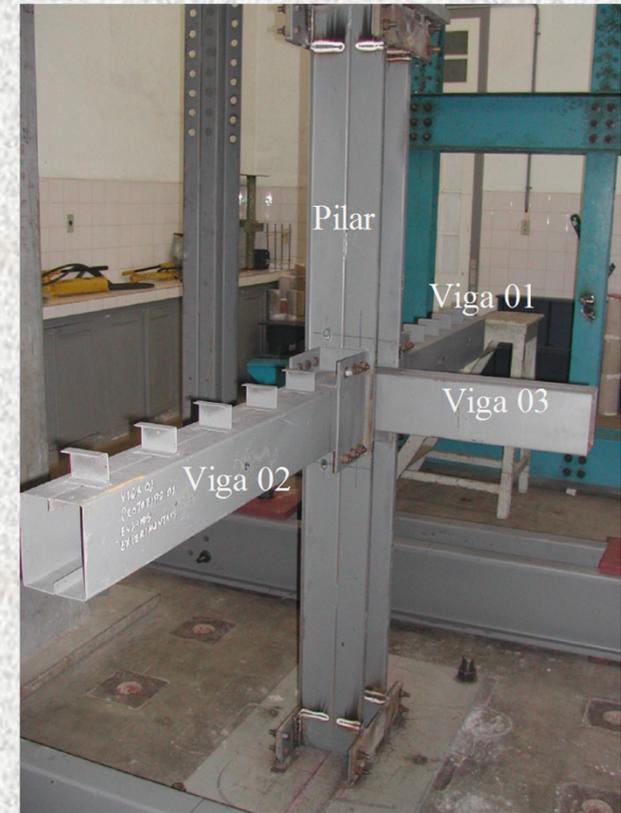
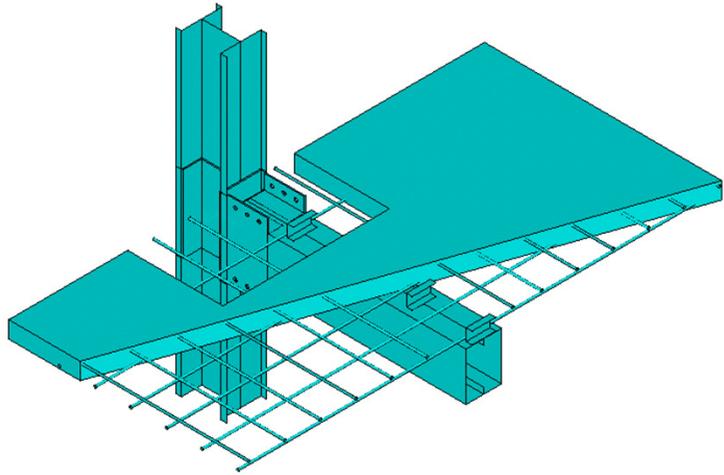
TRÊS DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE PROTÓTIPOS:

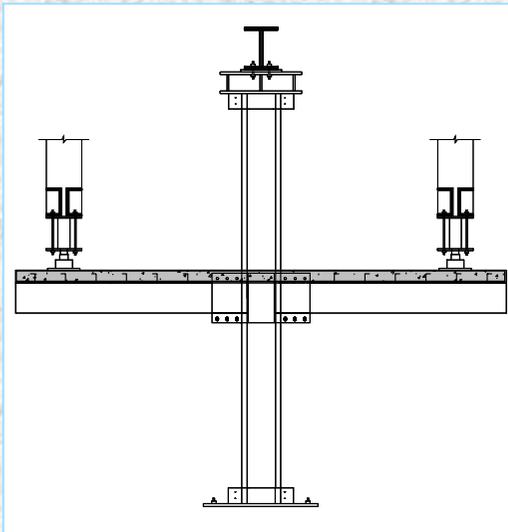


Protótipo B-SE – Deformação dos flanges da coluna

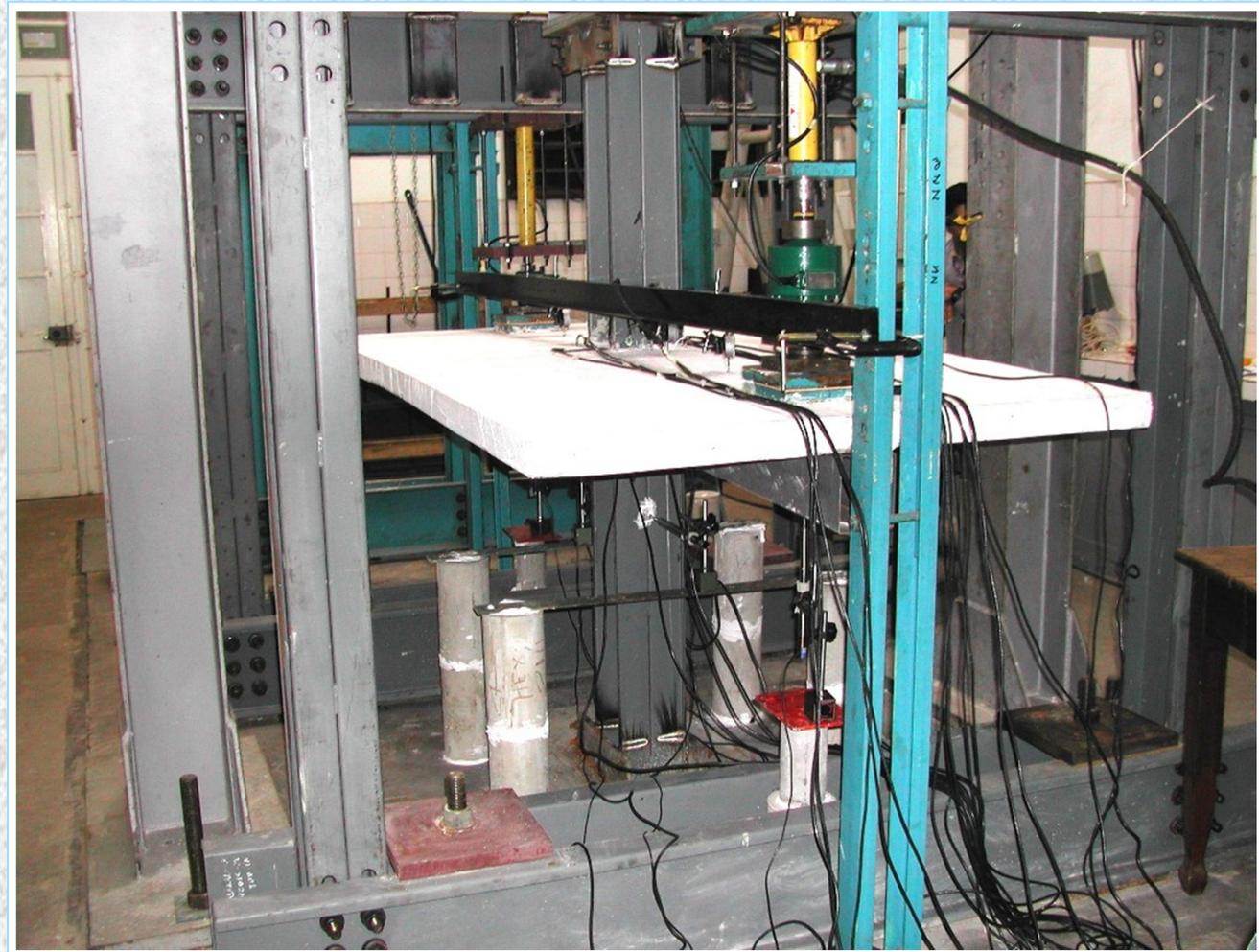


Abertura / Fechamento dos flanges da coluna

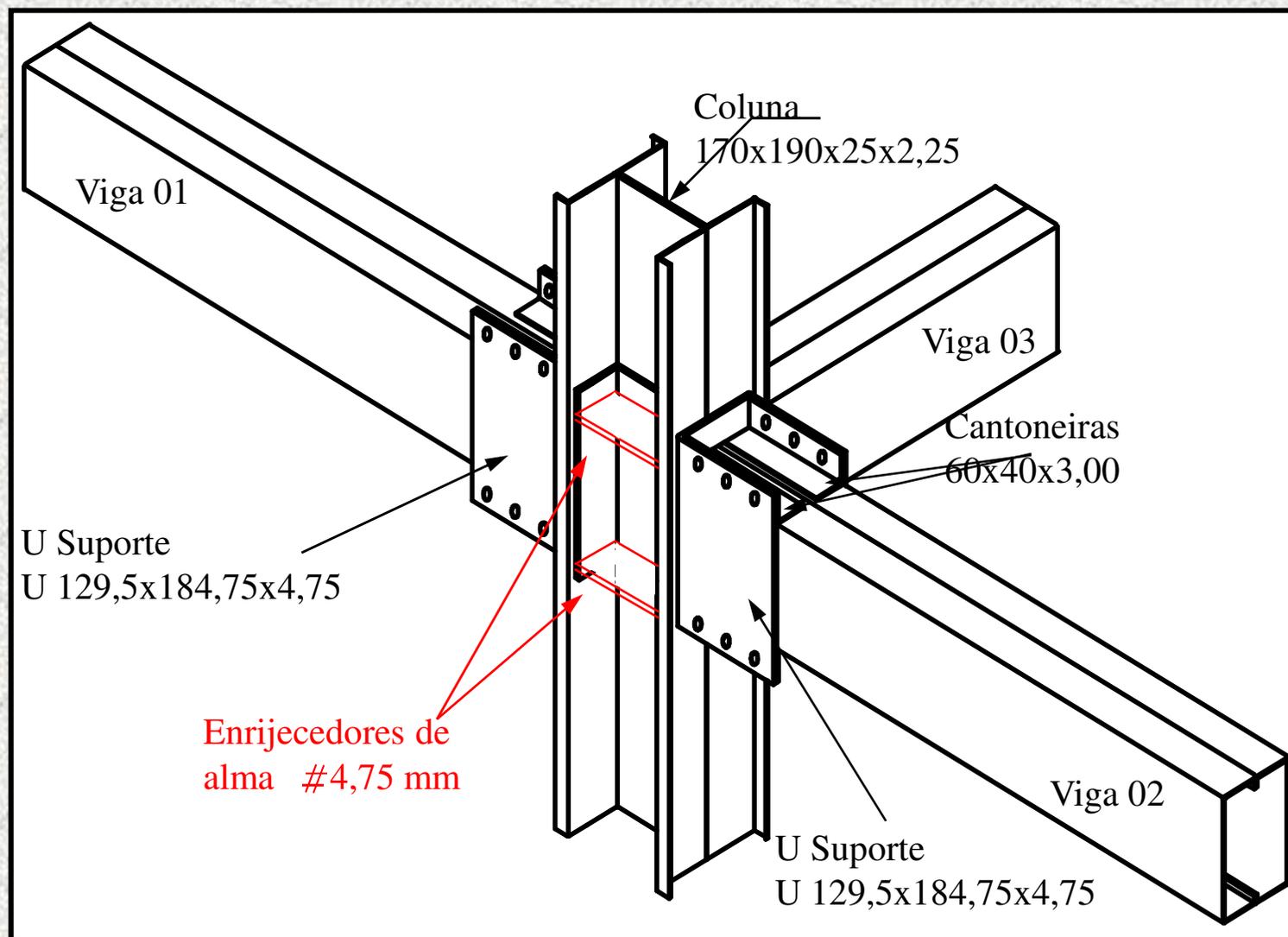


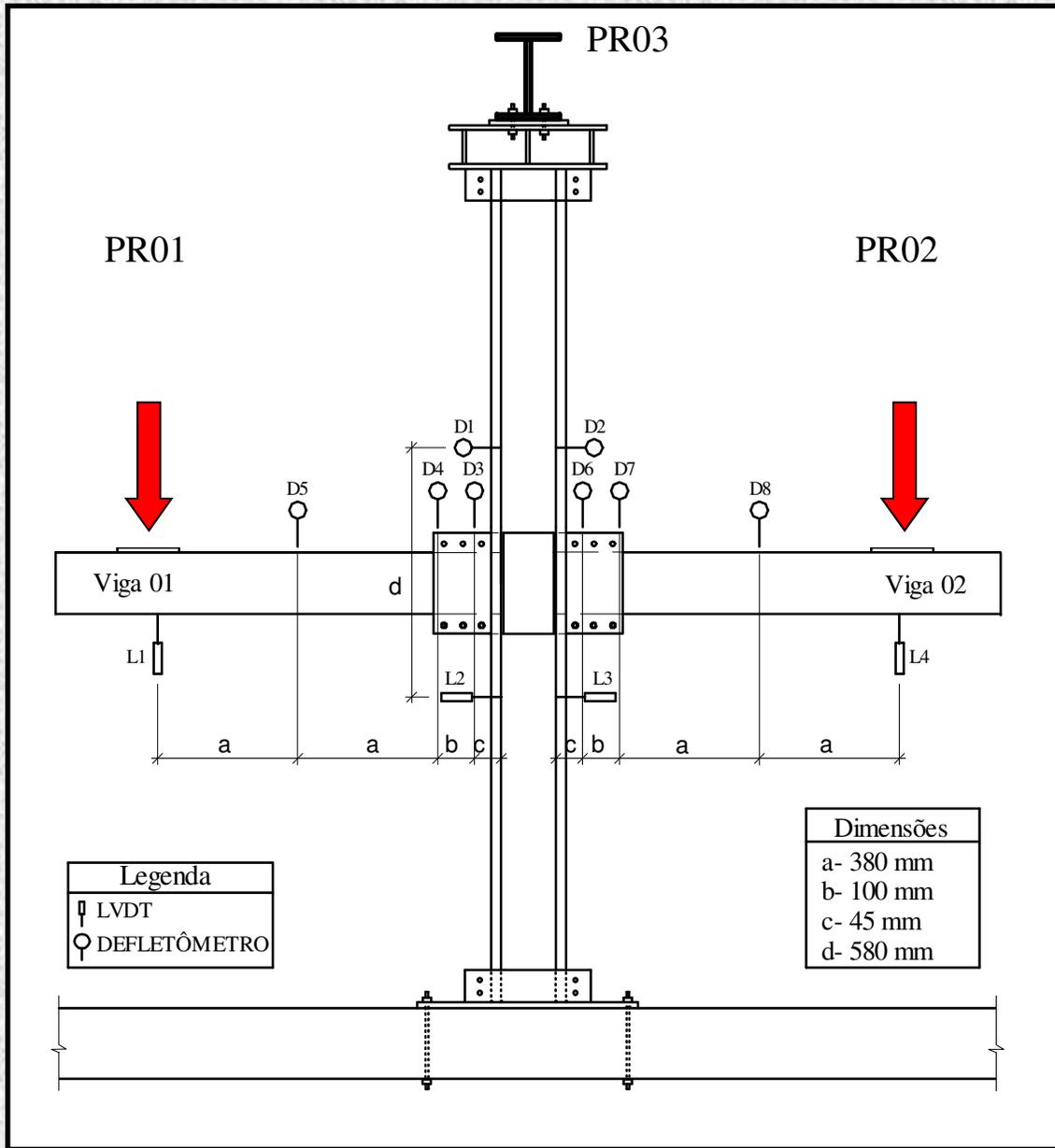


Modelo Cruciforme

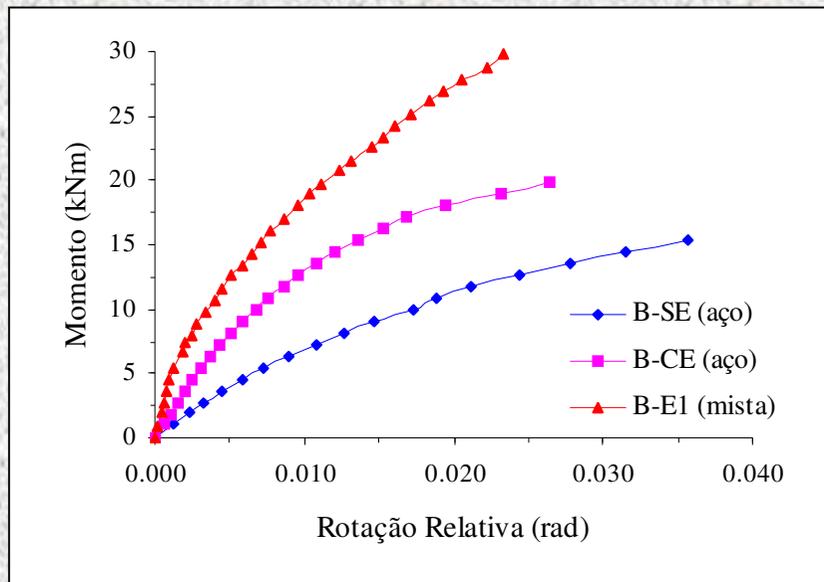


Geometria dos Protótipos **COM** enrijecedores

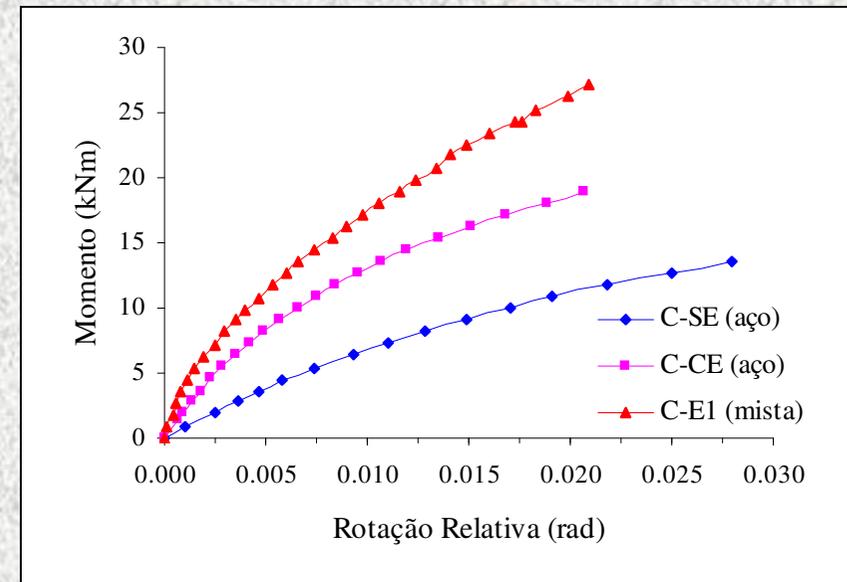




	Protótipo	Ligação	Mecanismo de colapso	M. Colapso (kNm)	k_o (média) (kNm/rad)
Tipo "B"	B-SE	em aço	plastificação enrijecedores de borda	11,27	811,4
	B-CE		escoamento flanges vigas	14,46	1838,9
	B-E1	mista	escoamento armadura de flexão	29,72	4508,0
Tipo "C"	C-SE	em aço	escoamento enrijecedores de borda	8,14	787,9
	C-CE		rasgamento da solda nas cantoneiras	16,11	2013,6
	C-E1	mista	escoamento armadura de flexão	27,05	4004,5



Ligação tipo "B"



Ligação tipo "C"

PERFIS FORMADOS A FRIO

Pesquisas futuras

Modelagem numérica,

Formulação de modelo teórico,

estudo paramétrico.

PERFIS FORMADOS A FRIO

- LIGAÇÕES
- **PERFIS PERFURADOS – RACKS**
- MODOS DE INSTABILIDADE

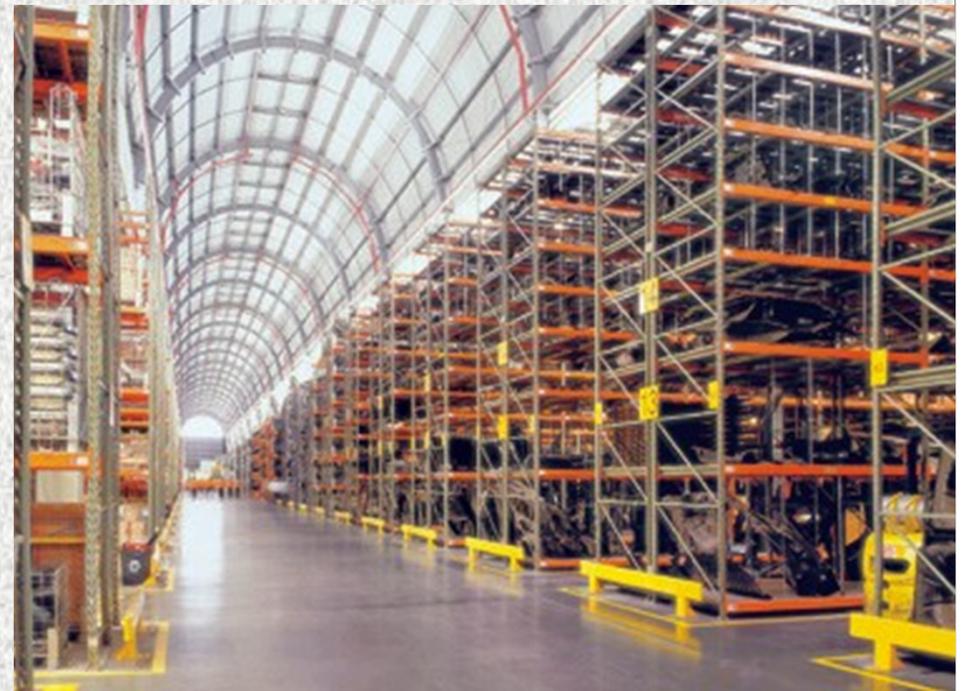
Sistemas de armazenagem industrial

- Surgiram na década de 30, e eram formados basicamente por cantoneiras
- Processo construtivo evoluiu para tornar a montagem mais eficaz
 - ligações através de encaixes
 - coluna com seção característica para a conexão dos contraventamentos

Sistemas de armazenagem industrial

- Diversos tipos de Sistemas de Armazenagem Industrial
- Aproveitamento do espaço e adaptação ao tipo de produto a ser armazenado
- Estáticos e dinâmicos
- Porta-paletes e Drive-in

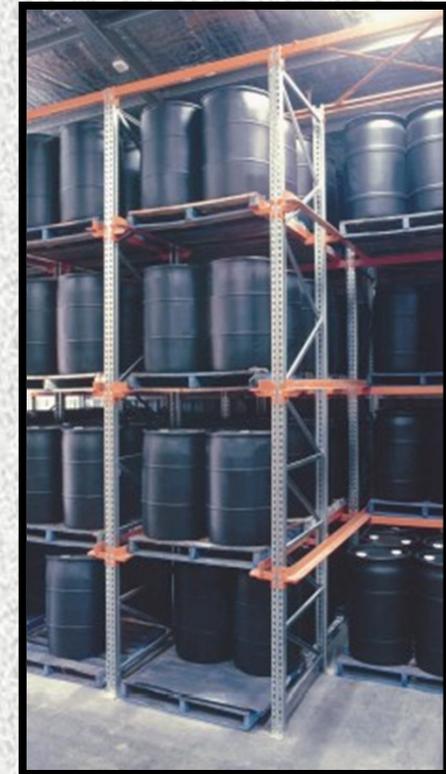
SISTEMAS DE ARMAZENAGEM INDUSTRIAL – RACK’S



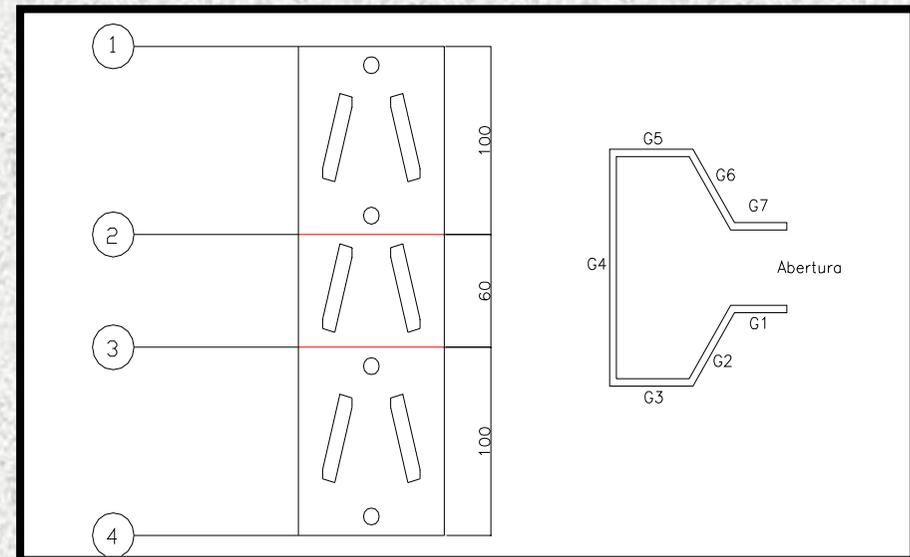
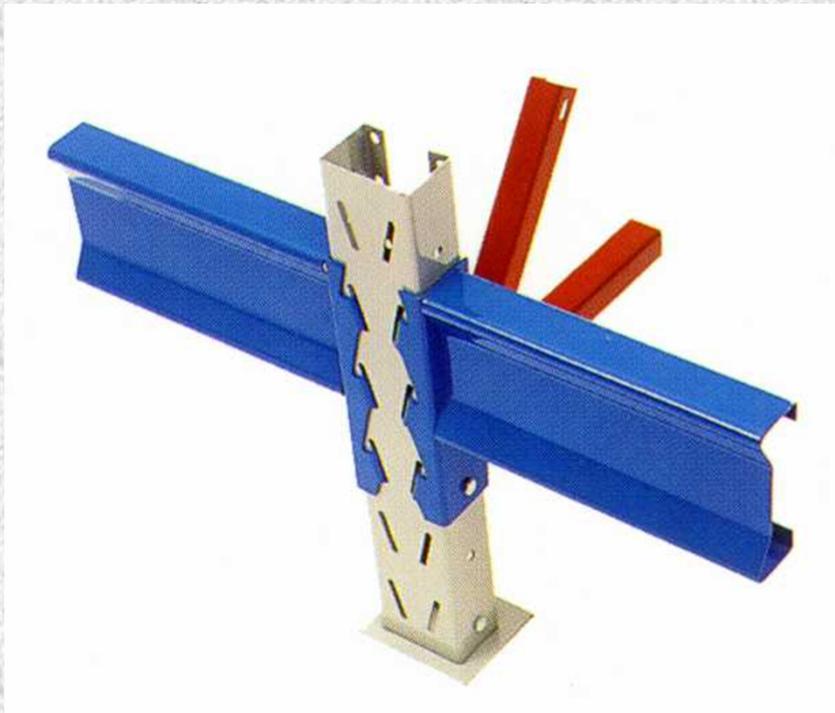
Sistemas de armazenagem industrial – Drive-in

- Aproveitamento de espaço 90% maior do que quando se utilizam Porta-Paletes
- Ausência de vigas transversais torna a estrutura bastante instável
- Placa de base
- Ligação da longarina
- Contraventamentos

Sistemas de armazenagem industrial – Drive-in

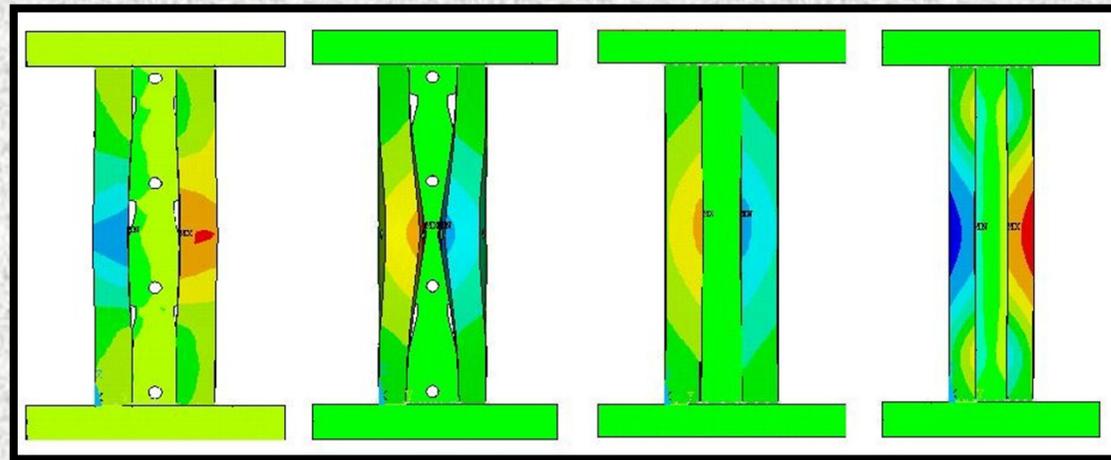


Sistemas de armazenagem industrial – Drive-in



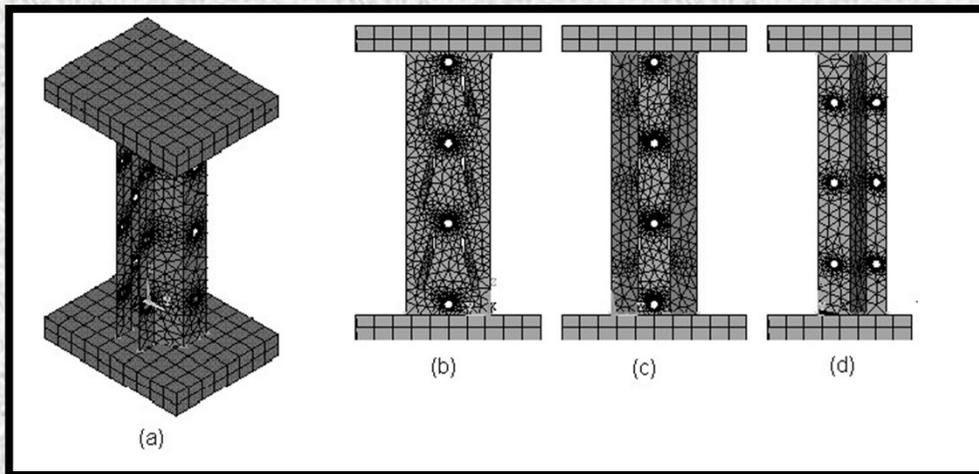
Estudo da coluna

- Resultados – Modo de colapso

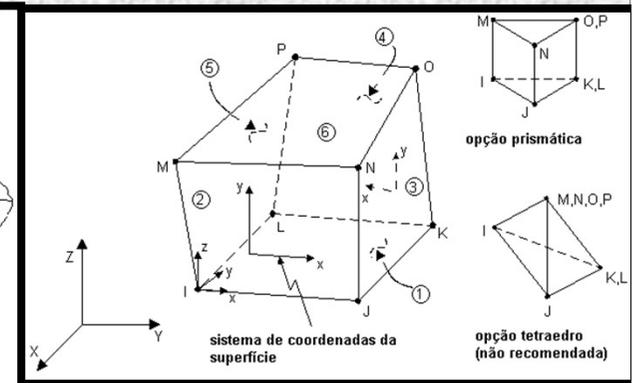
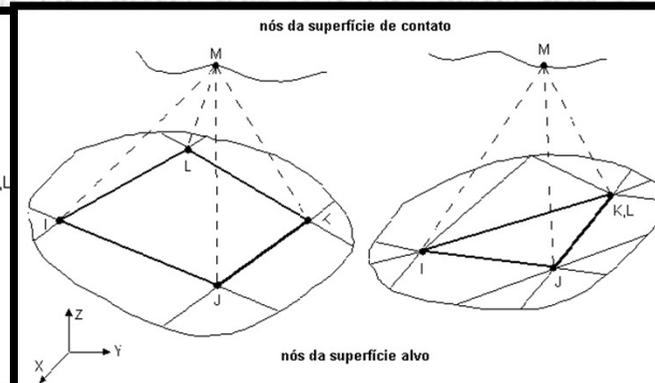
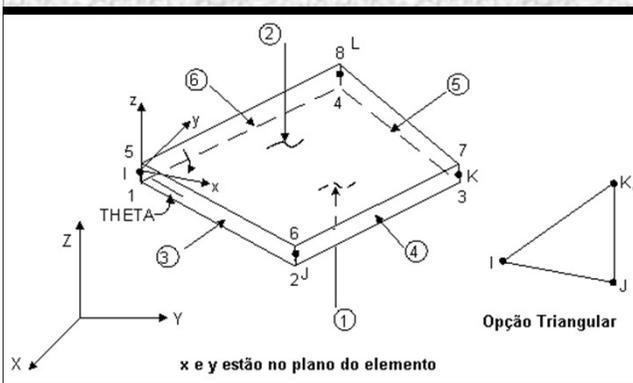


Estudo da coluna

- Modelo de elementos finitos



- $E = 205 \text{ GPa}$
- $\nu = 0,3$
- $f_y = 250 \text{ MPa}$
- $f_u = 400 \text{ MPa}$
- $f_{ya} = 320,23 \text{ MPa}$
- $f_{ua} = 432,50 \text{ MPa}$

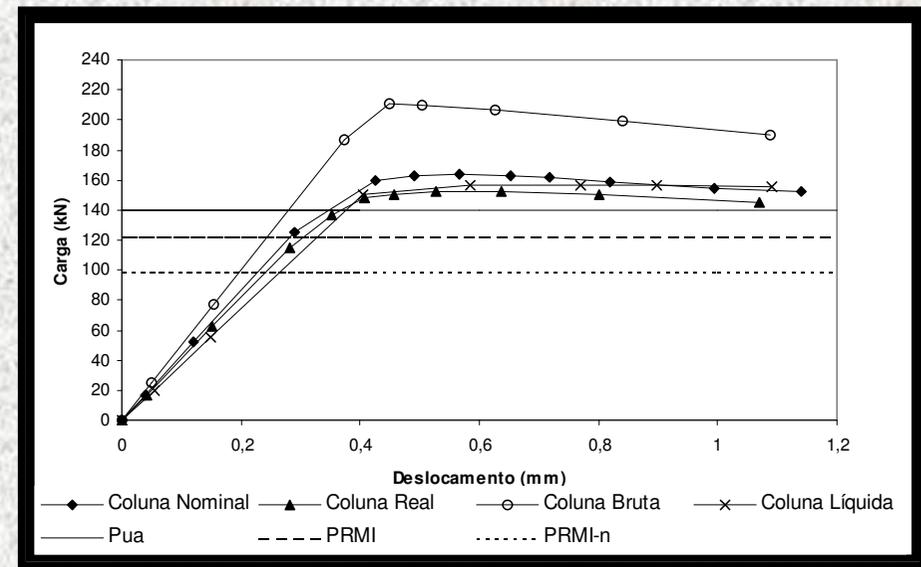
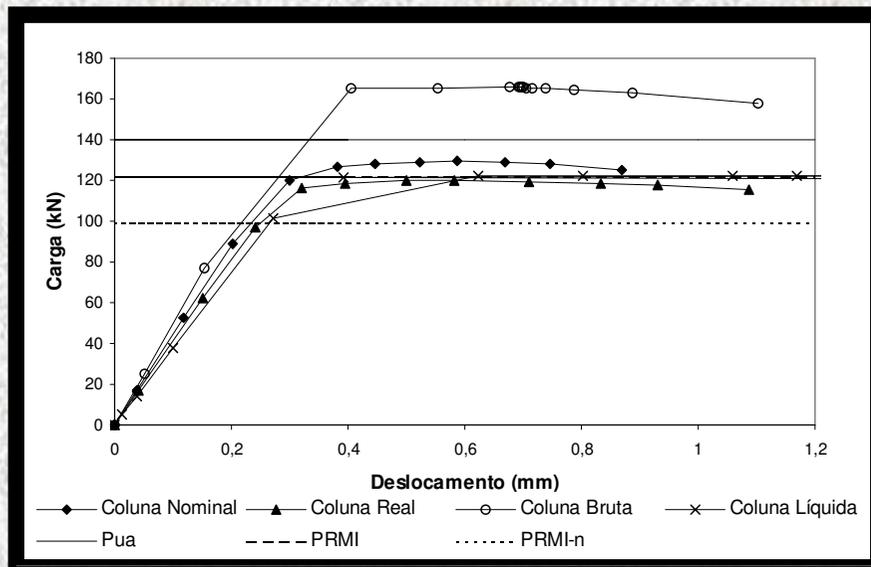


Estudo da coluna

- Resultados – Capacidade de carga

$f_y = 250 \text{ MPa}$

$f_y = 320,23 \text{ MPa}$

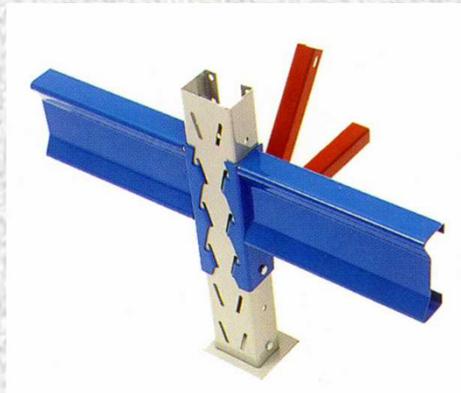


Estudo da coluna

- Ensaio da coluna curta

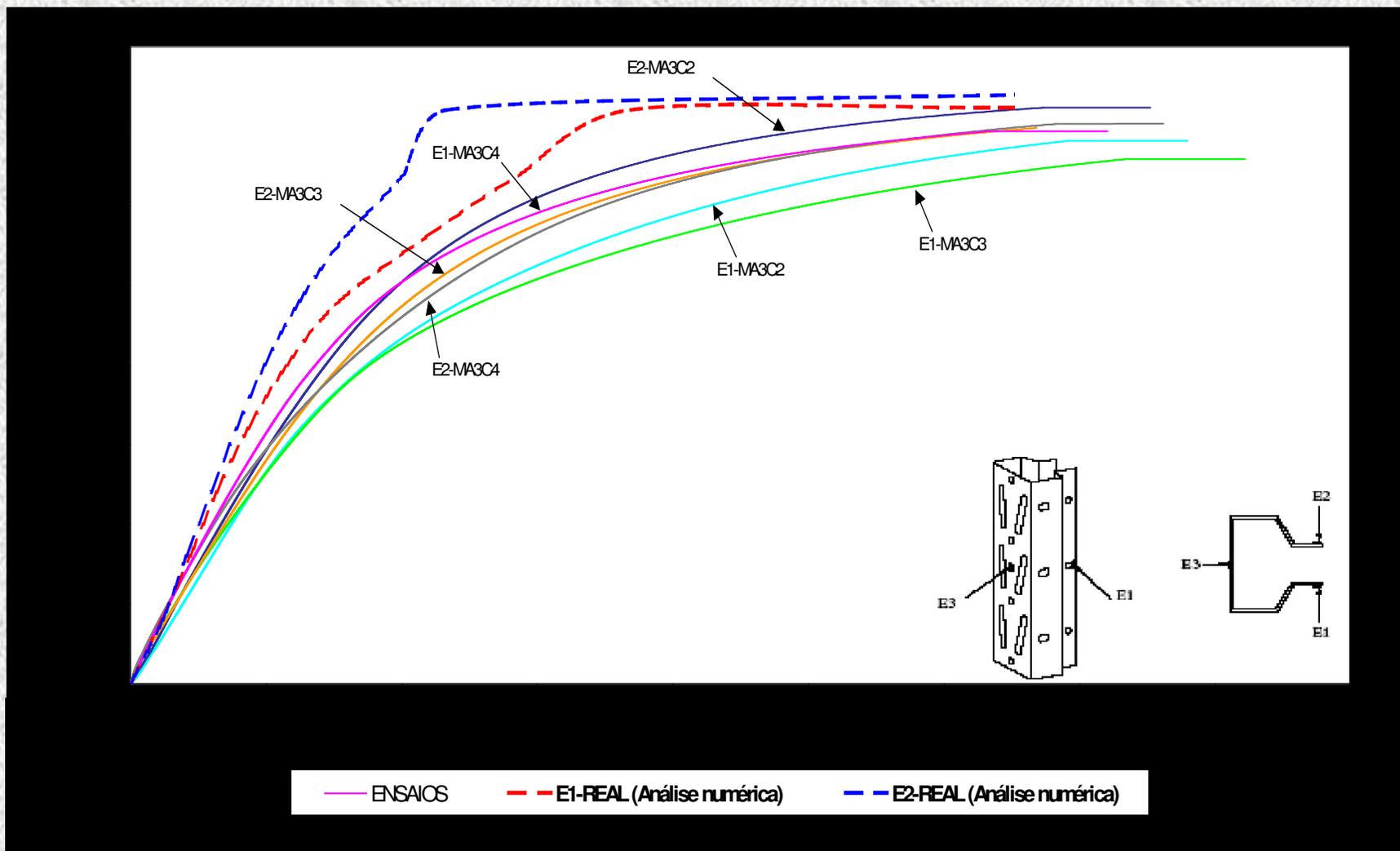


7 tipos de seção
42 ensaios



ANÁLISES NUMÉRICAS

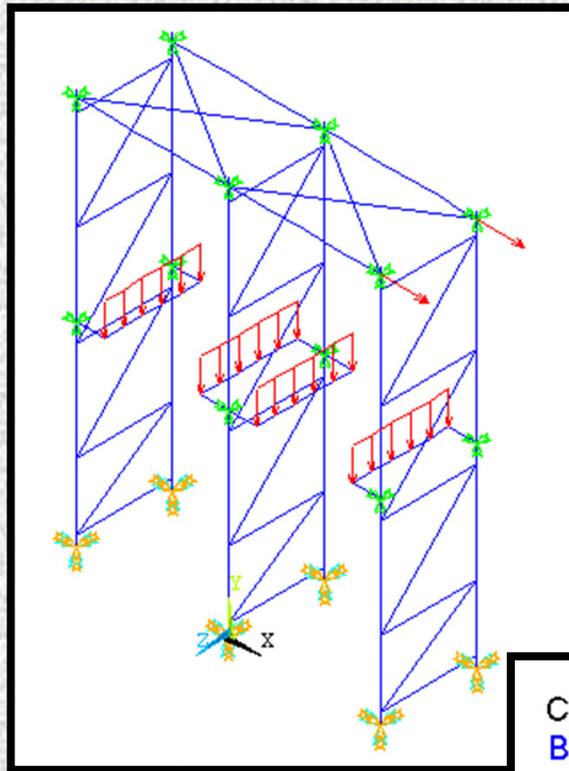
Coluna *maxi*; 2,65mm; com furos (MA3C4)



Simulação numérica do sistema Drive-in

Elementos de barra

- Cargas aplicadas

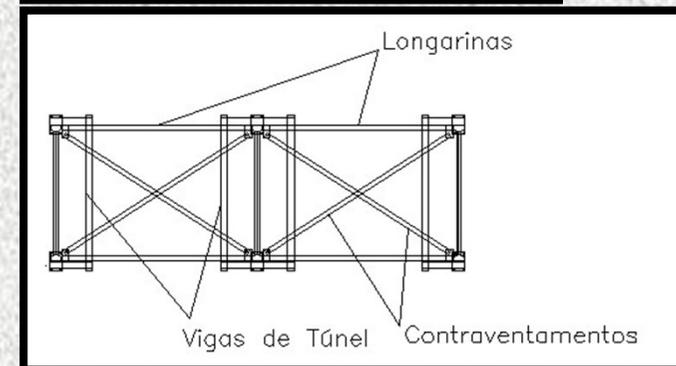
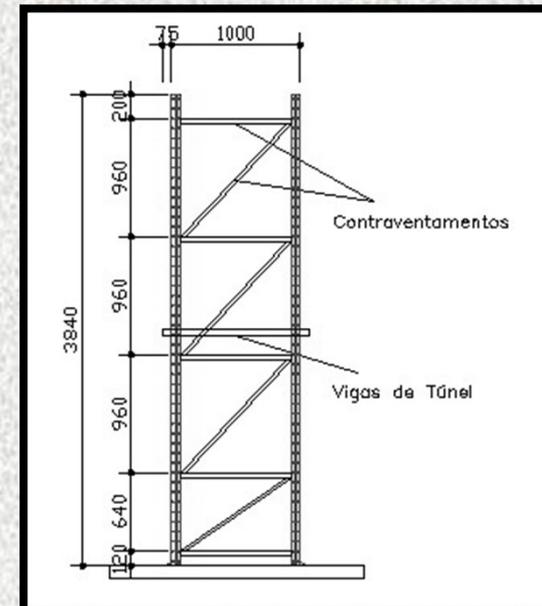
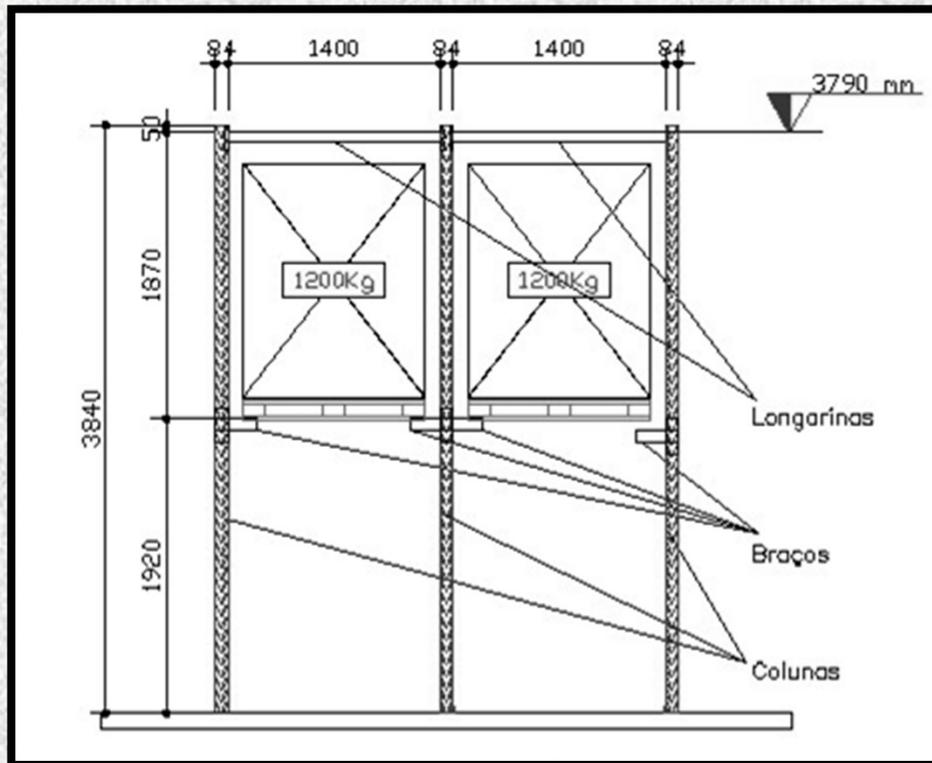


COMBIN14
BEAM44
LINK180
BEAM4

- $H = 1,5\% V$
- Bases rotuladas e engastadas
- Não linearidades física e geométrica
- Controle de deslocamentos

Programa Experimental

Protótipo ensaiado



- RACK1

- RACK2

© Arlene Maria Sarmanho Freitas

Programa Experimental

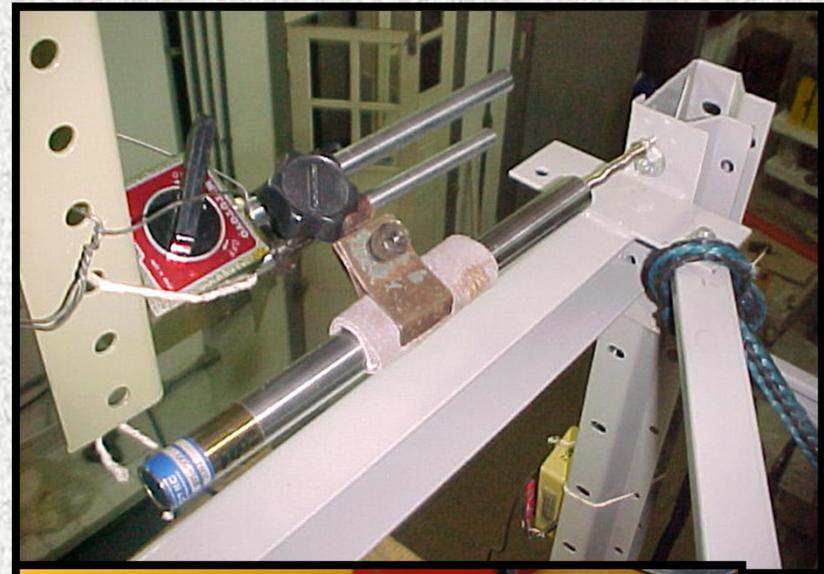
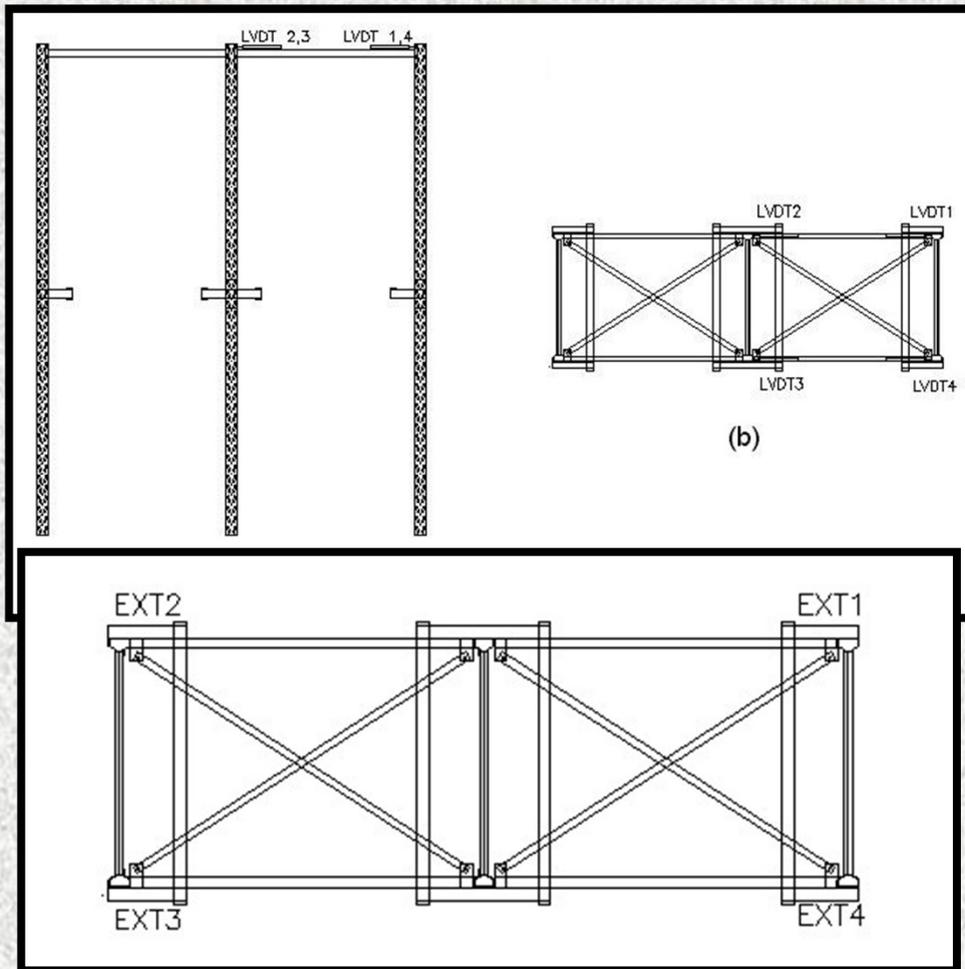


Programa Experimental



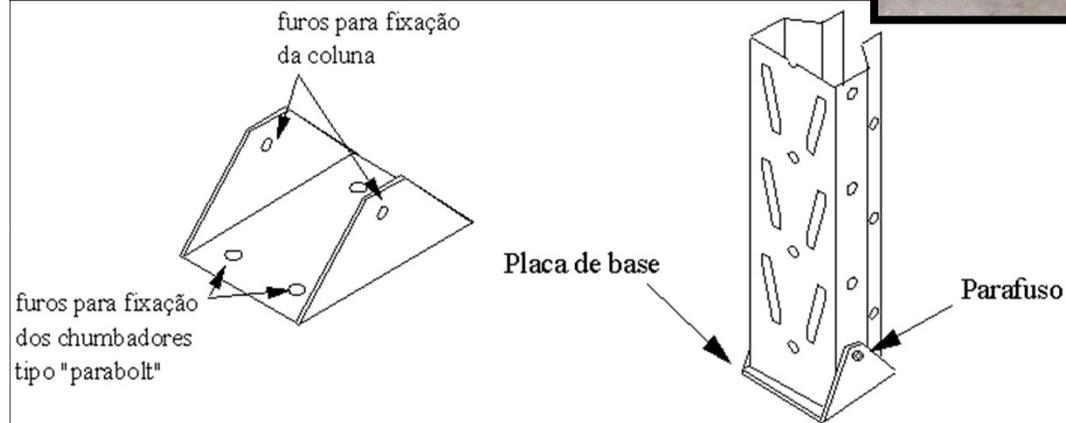
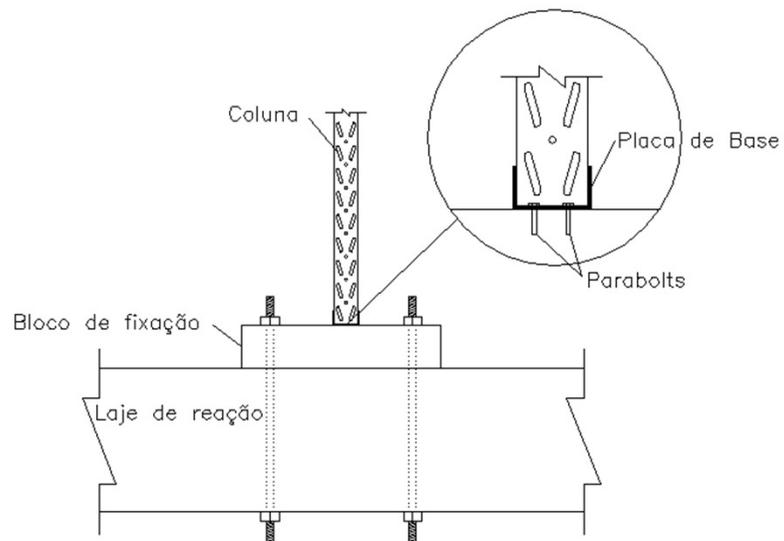
Programa Experimental

- LVDT e EXTENSÔMETROS



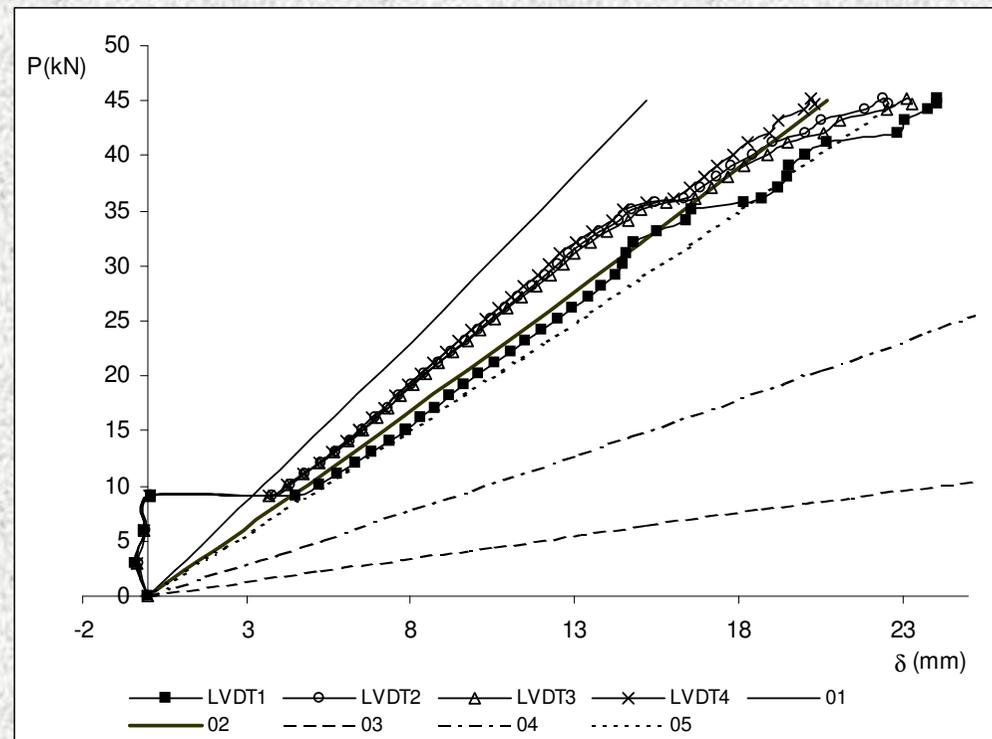
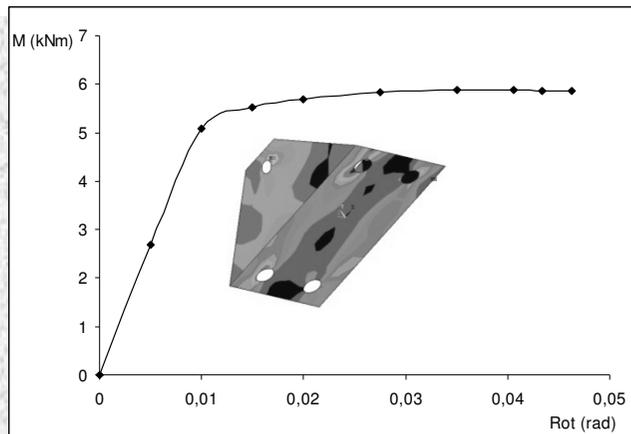
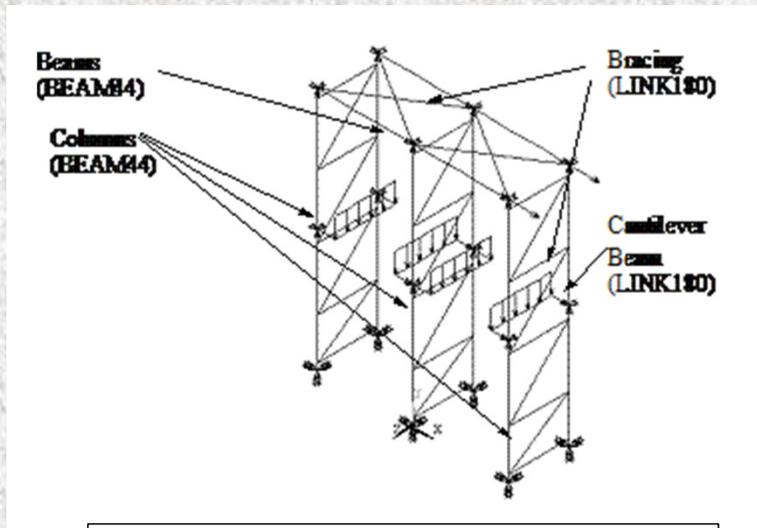
Programa Experimental

● Placas de base



Resultados

Influência das ligações e placas de base



Conclusões

Estudo da Coluna

- Perfurações influenciam a resistência e os modos de colapso das colunas
- Imperfeições iniciais reduzem a resistência e amplificam os modos de colapso das colunas
- O encruamento do material induz um ganho de resistência na coluna

Conclusões

Sistema Drive-in

- Comportamento da estrutura real é semelhante ao comportamento do modelo numérico com as bases engastadas
- Observou-se que a consideração das ligações longarina-coluna rígidas leva a valores não conservadores
- Modelo numérico representa bem o comportamento do sistema, embora haja forte influência das condições de apoio e das ligações

PERFIS FORMADOS A FRIO

- LIGAÇÕES
- PERFIS PERFURADOS – RACKS
- **MODOS DE INSTABILIDADE**

PERFIS FORMADOS A FRIO

- **MODOS DE INSTABILIDADE**

- Local

- Distorcional

- Global

PERFIS FORMADOS A FRIO

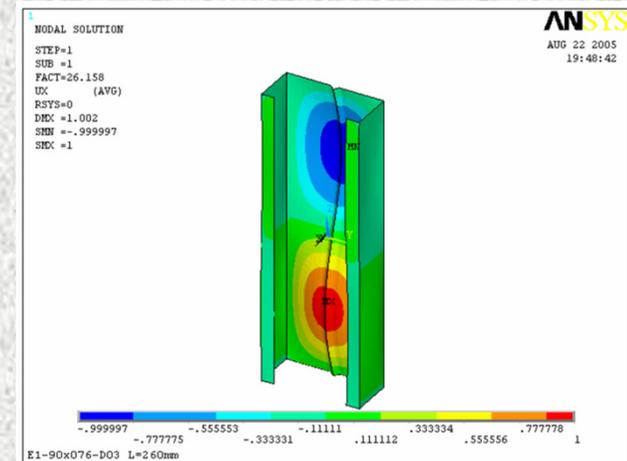
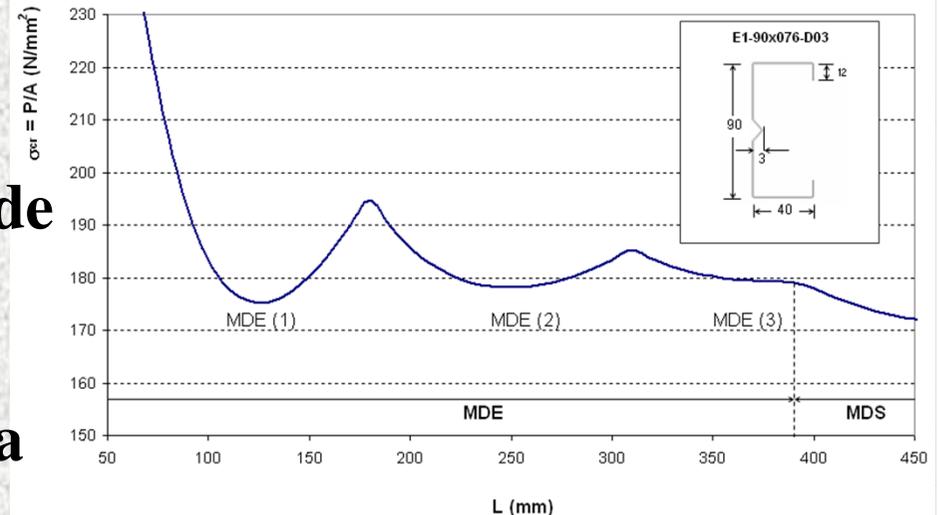
-Análise dos Modos de Estabilidade em elementos perfurados.

Metodo da resistencia direta

Via elementos finitos (calibrado com resultados experimentais)

Faixa Finitas (CUFSM – Ben Shafer
johns hopkins university)

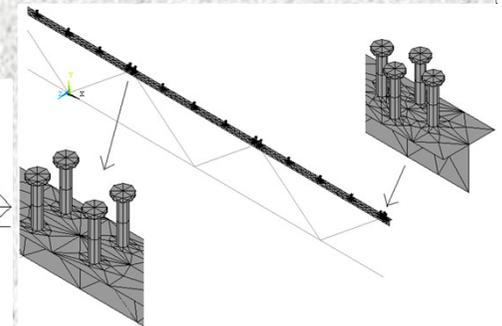
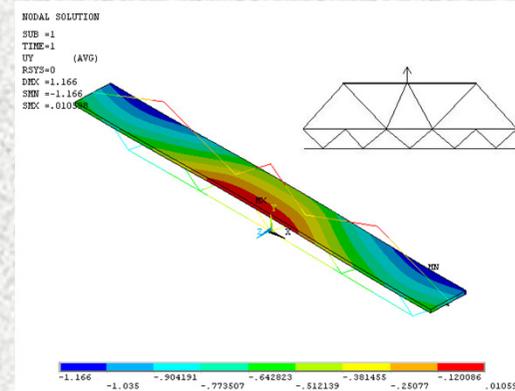
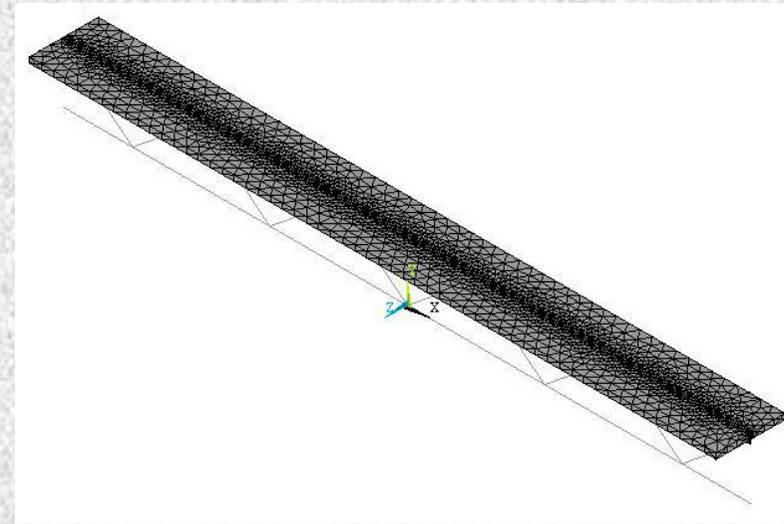
GBT (Prof. Dinar Camotin)



PERFIS COMPACTOS

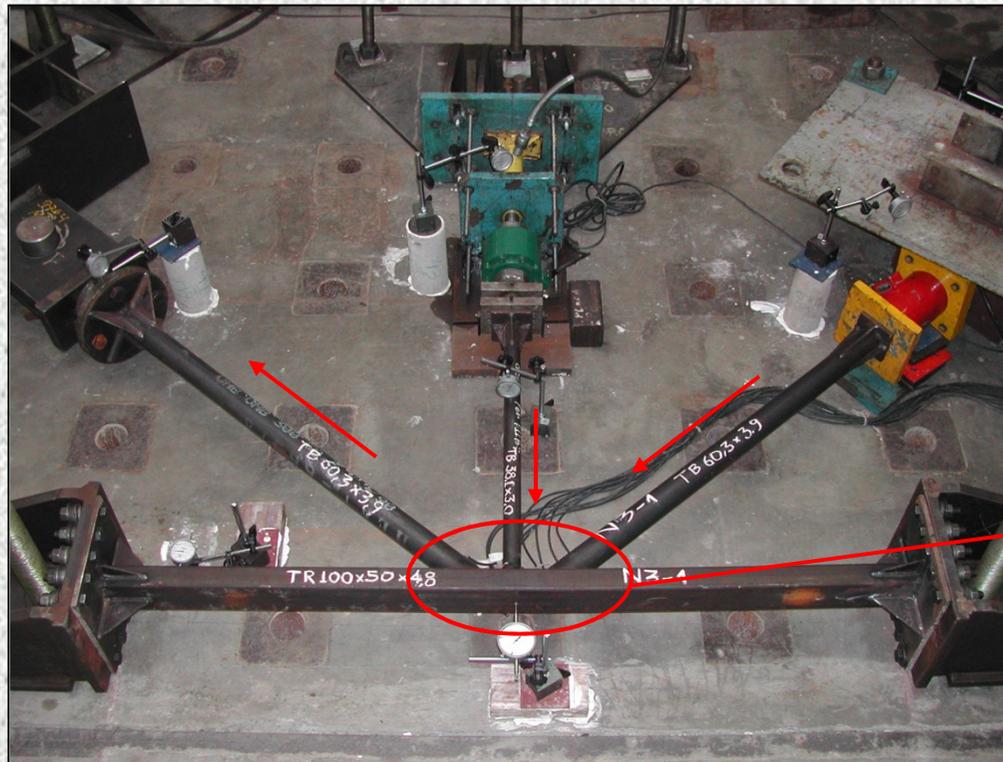
- SOLDADOS -**
- ELETROSOLDADOS -**
- TUBULARES -**

SISTEMA TRELICADO MISTO



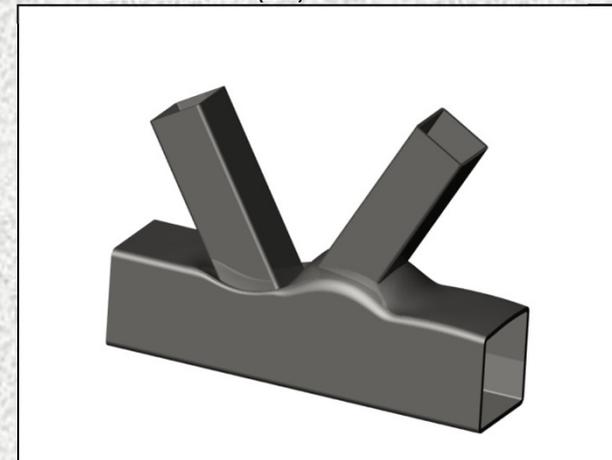
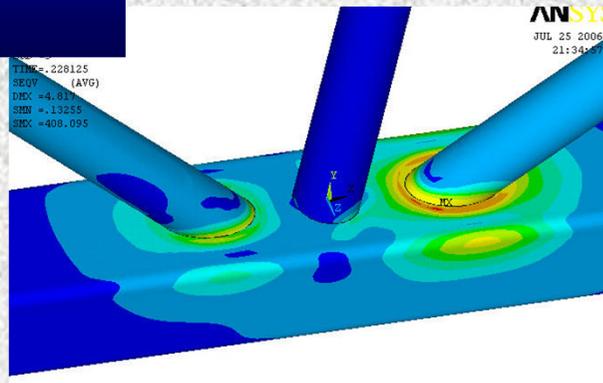
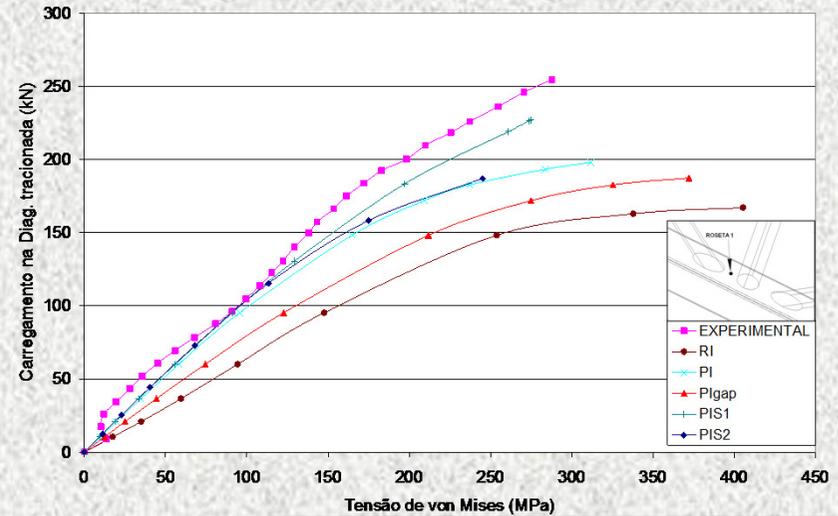
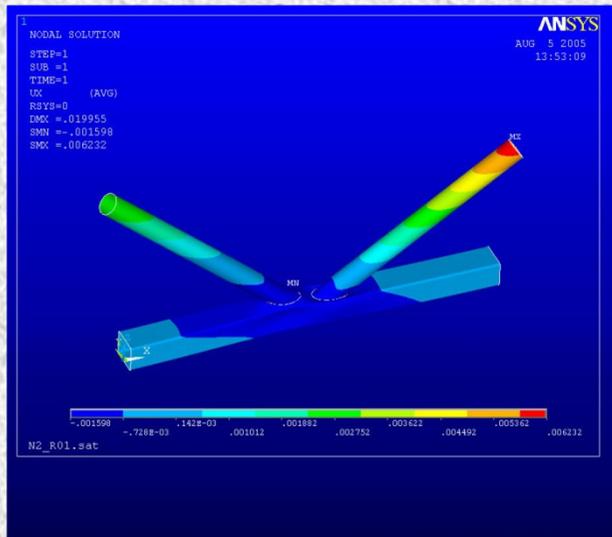
SISTEMA TRELICADO MISTO

LIGACOES TUBULARES – ENSAIOS



SISTEMA TRELICADO MISTO

LIGACOES TUBULARES – ANALISE NUMERICA

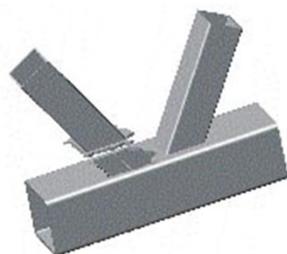


SISTEMA TRELICADO MISTO

LIGACOES TUBULARES – MODOS DE COLAPSO



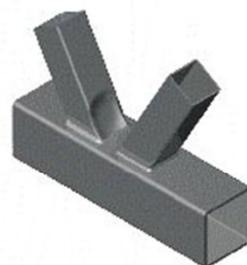
TIPO A



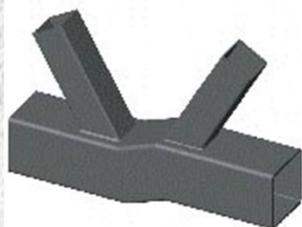
TIPO B



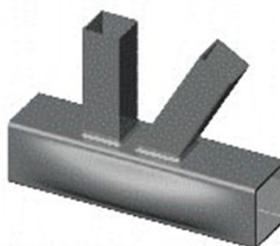
TIPO C



TIPO D



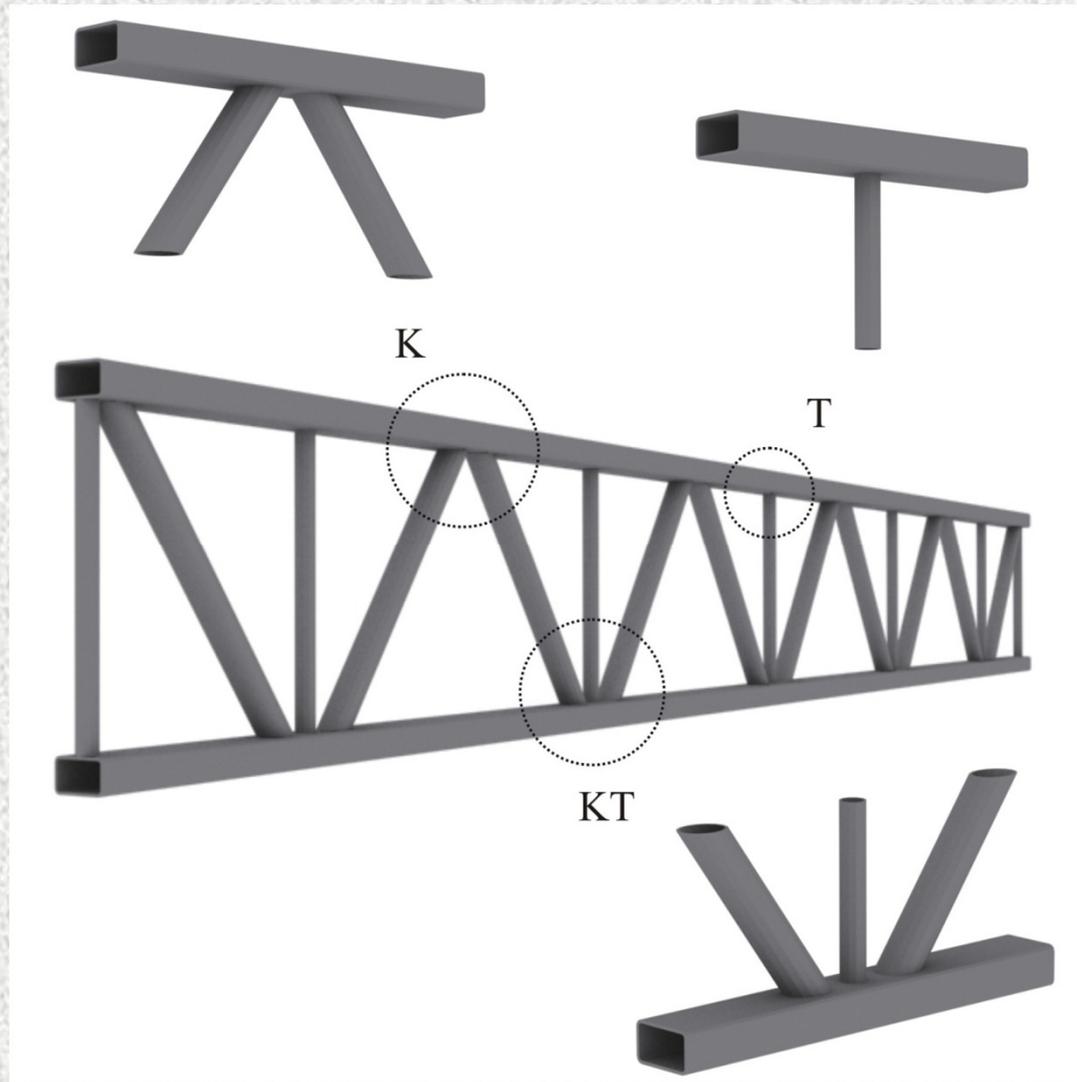
TIPO E



TIPO F

- **Tipo A** – Plastificação da face do banzo.
- **Tipo B** – Ruptura por punção da face superior do banzo.
- **Tipo C** – Ruptura por tração da diagonal ou ruptura da solda.
- **Tipo D** – Flambagem local da diagonal/montante.
- **Tipo E** – Ruptura por cisalhamento do banzo.
- **Tipo F** – Flambagem da parede lateral do banzo.

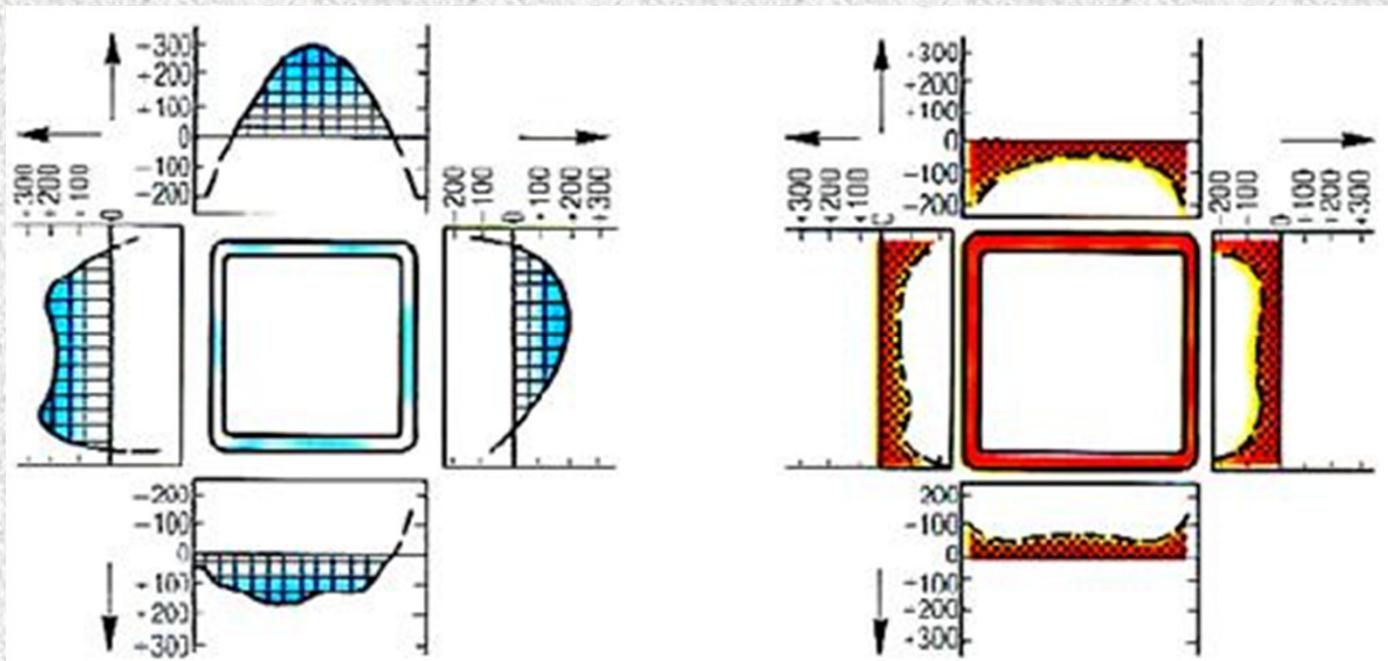
SISTEMA TRELICADO MISTO



SISTEMA TRELICADO MISTO

PROCESSO DE FABRICACAO – TENSOES RESIDUAIS

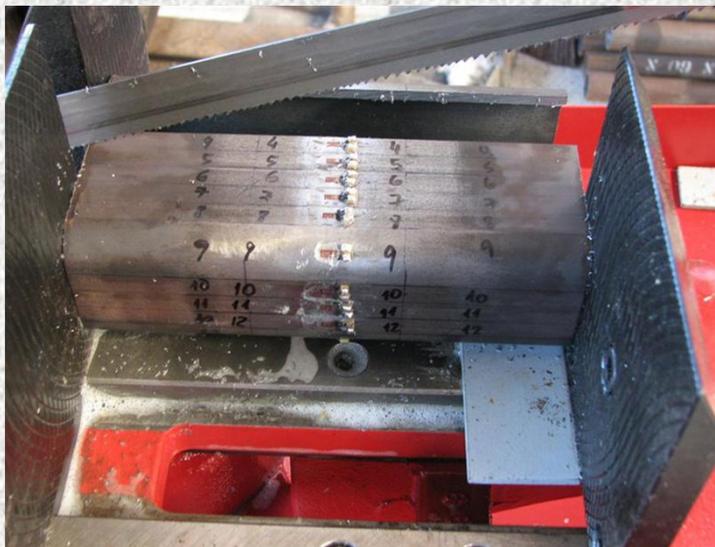
- Processo de fabricação : tubos sem costura e tubos com costura.
- Processos de fabricação distintos que gera uma distribuição de tensões residuais diferente.
- Tubos de seção retangular sem costura podem ser produzidos por laminação a quente ou por conformação a frio.



(V&M Tubes)

SISTEMA TRELICADO MISTO

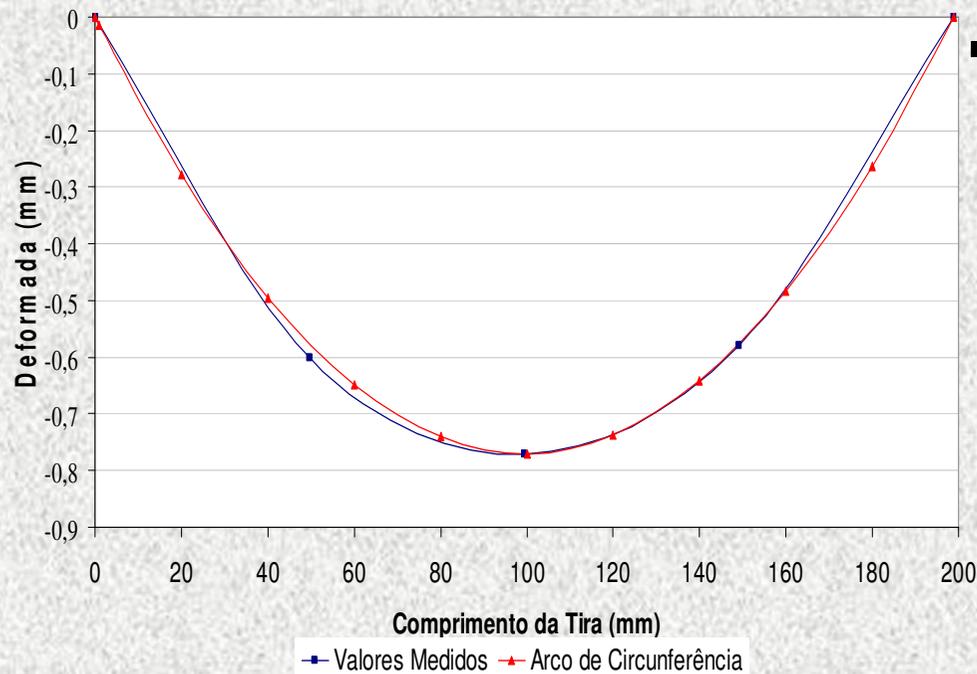
PROCESSO DE FABRICACAO – TENSOES RESIDUAIS



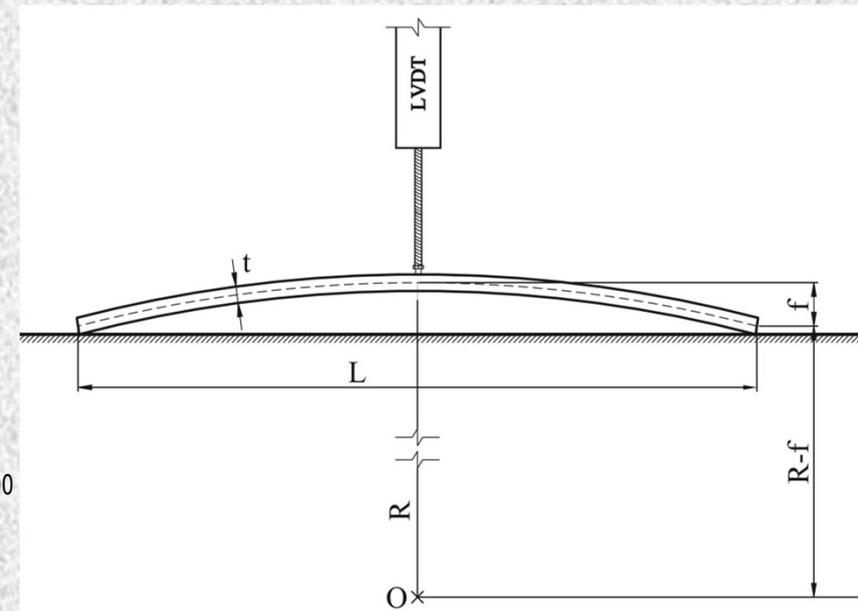
SISTEMA TRELICADO MISTO

PROCESSO DE FABRICACAO – TENSOES RESIDUAIS

- Medidas das tensões residuais da face externa do tubo.
- Para as tensões residuais internas fez-se a medida da deformada longitudinal de flexão das tiras, suposta circular.

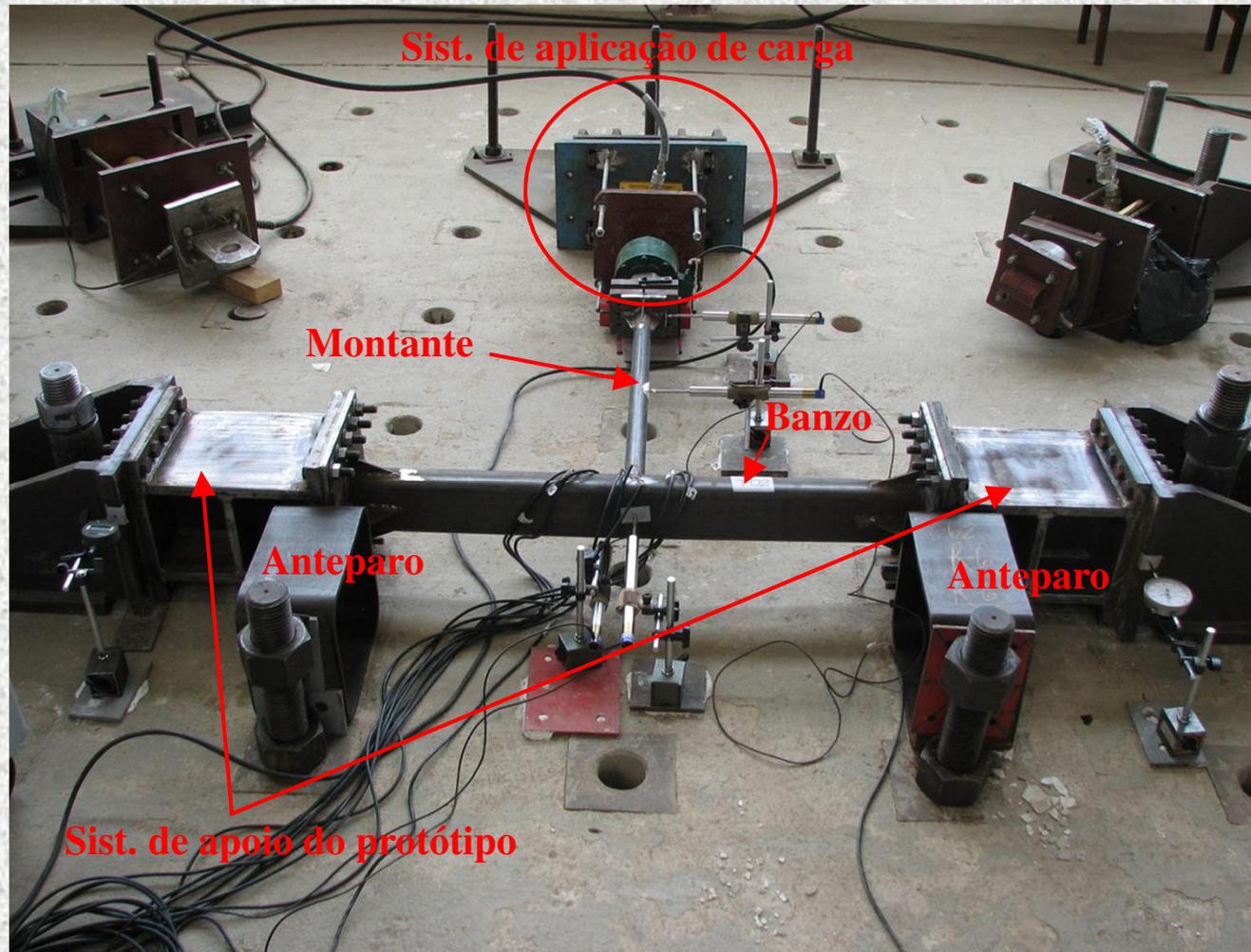


$$R = \left(f^2 + \frac{L^2}{4} \right) \frac{1}{2f}$$



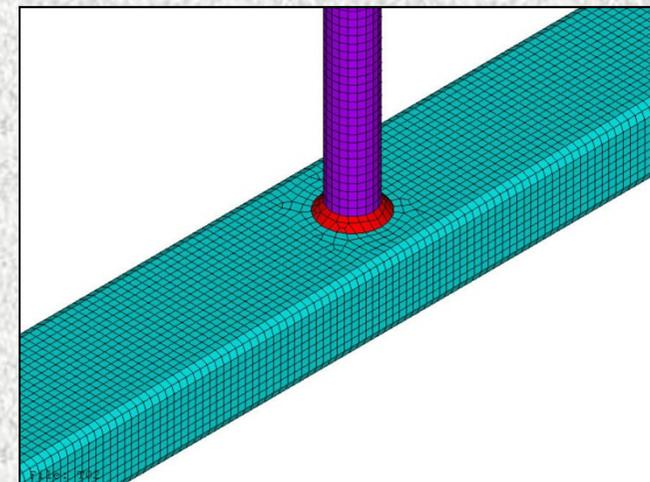
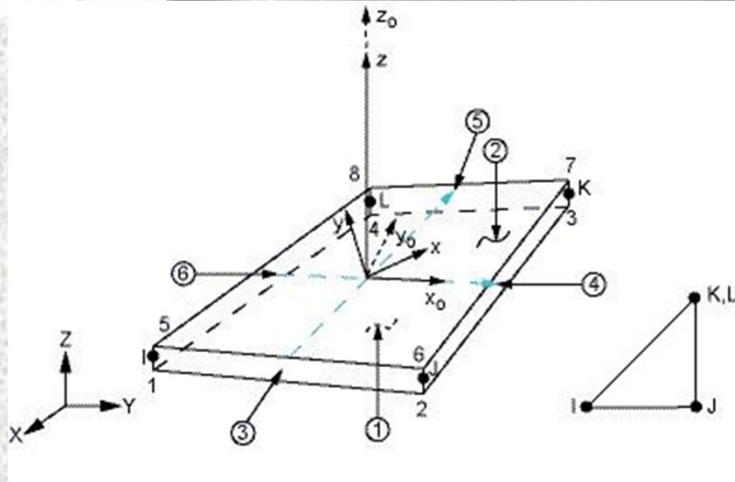
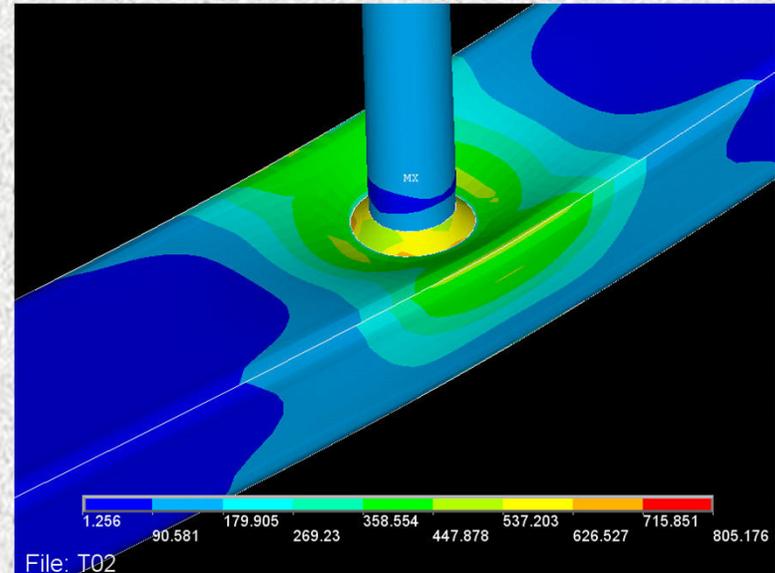
SISTEMA TRELICADO MISTO

Ensaio da ligação “T”



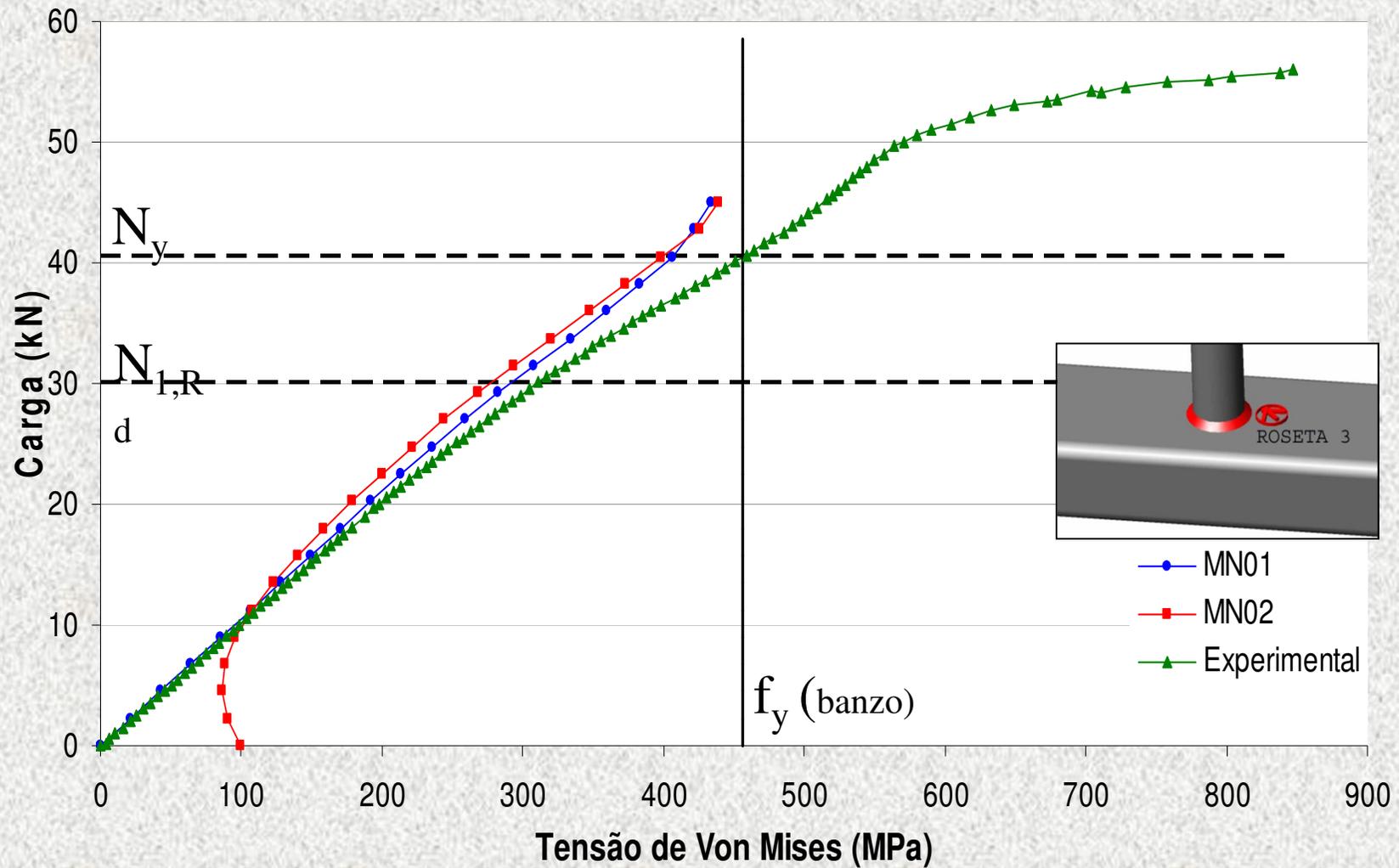
SISTEMA TRELICADO MISTO

ANALISE EXPERIMENTAL VERSUS NUMERICA



SISTEMA TRELICADO MISTO

ANALISE EXPERIMENTAL VERSUS NUMERICA



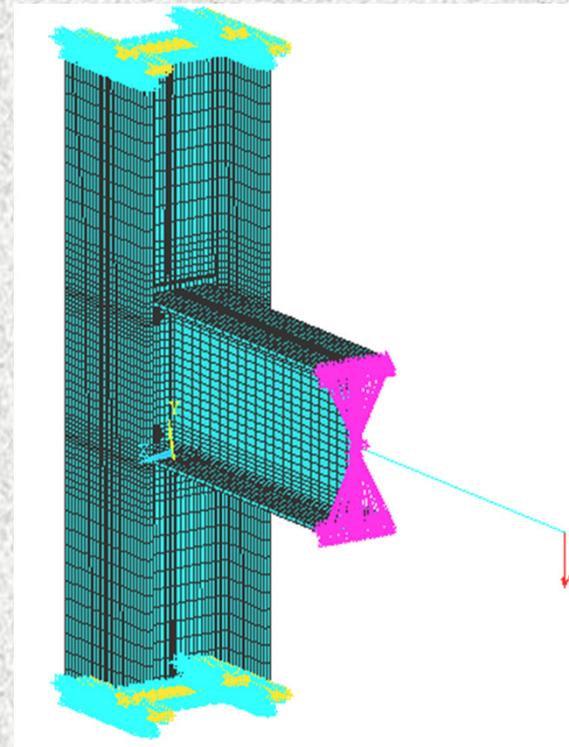
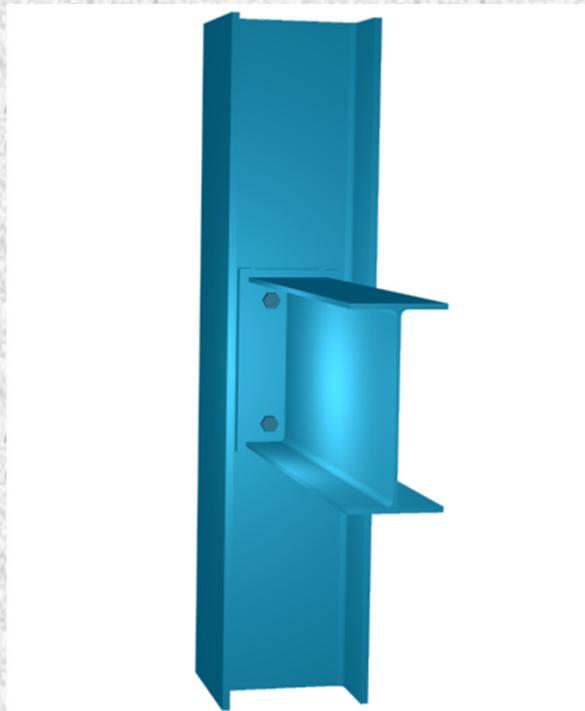




Estudos futuros e em andamento: Estudo de novas soluções com o sistema de piso misto, validação teórica - experimental, Ligações (perfis tubulares e soldados/eletrosoldados)

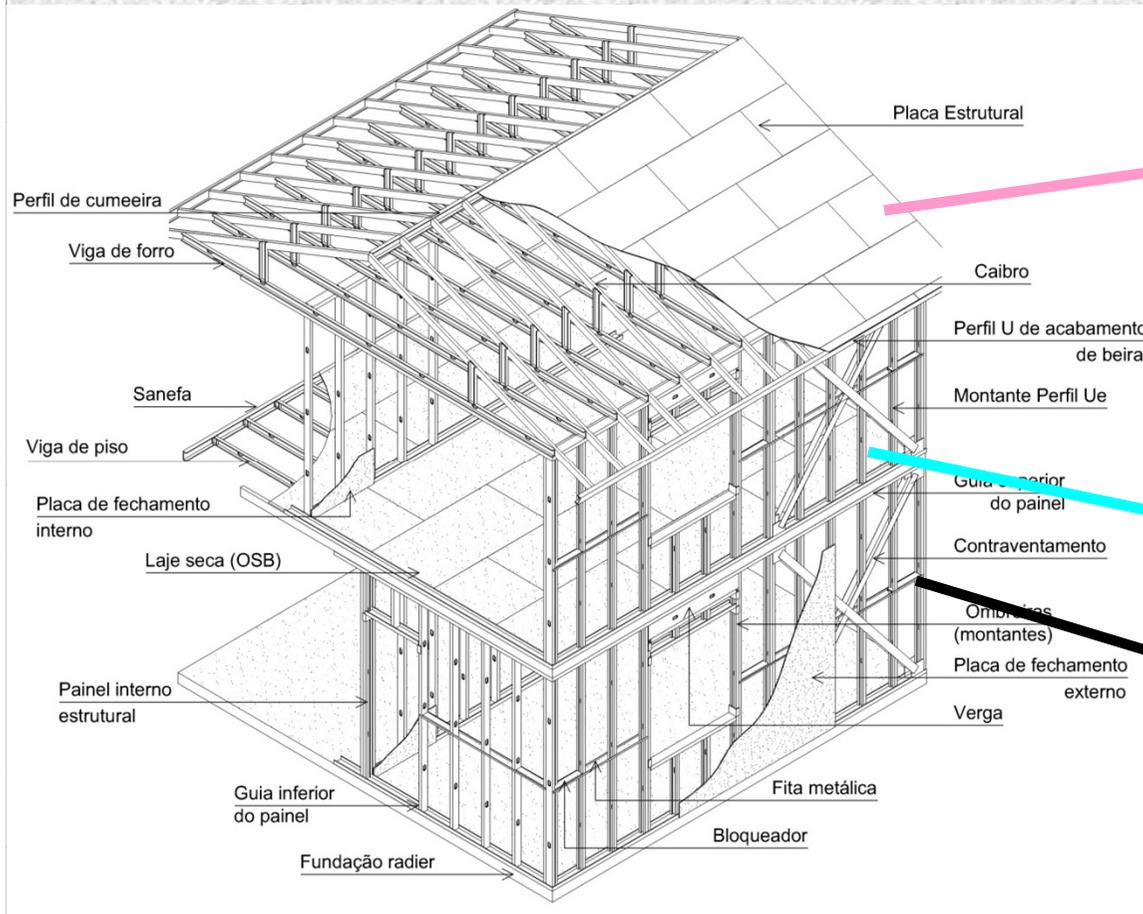


Estudos futuros e em andamento: Estudo de novas soluções com o sistema de piso misto, validação teórica - experimental, Ligações (perfis tubulares e soldados/eletrosoldados)



ARQUITETURA

O esqueleto estrutural é composto por:



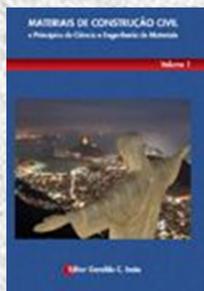
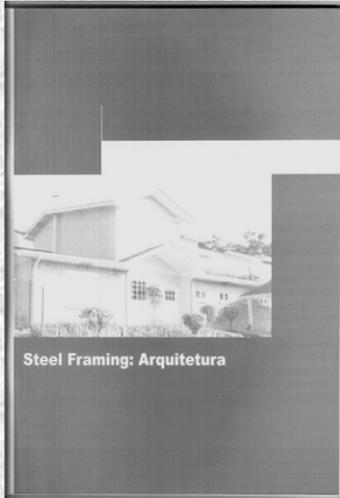
COBERTURA



LAJES



PAINÉIS



Construcción Metálica en América Latina - Windows Internet Explorer

http://www.construccionenacero.com/Paginas/ArticulosyPublicaciones-LibrosBasicos.aspx

Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Construcción Metálica en América Latina

Construcción Metálica en América Latina

- Material Didactico
- Material Técnico
- Artículos y Publicaciones
- Sustentabilidad
- Encuesta on-line

ARTÍCULOS Y PUBLICACIONES

Básicos

STEEL FRAMING: INGENIERÍA

ILAFA ha editado en forma electrónica el manual Steel Framing: Ingeniería del Ingeniero Roberto G. C. Dannemann. Este manual proporciona una ágil aproximación a las normas AISI, pero incorporando gráficos para el cálculo simple de columnas y vigas. Asimismo incorpora comentarios innovadores sobre el comportamiento de este sistema de entramados a las solicitaciones sísmicas, el efecto de la reducción de la resistencia de los perfiles canal por torsión, así como la selección de perfiles para evitar los efectos del pandeo local.*

** Nota: Tanto en este manual como en el de Arquitectura se realiza un enfoque neutral respecto a los productos, o sea no están sujetos a los de ninguna empresa en general y por ello sus enfoques y criterios de cálculo hacen posible su uso en todos los países de América Latina. Este esfuerzo editorial de ILAFA tiene como objeto crear conciencia acerca del acero (en este caso como perfil conformado en frío y galvanizado) como un material de real alternativa en sus aplicaciones y en particular en la Construcción.*

Resumen del Contenido del Manual

[Bajar el Manual](#)

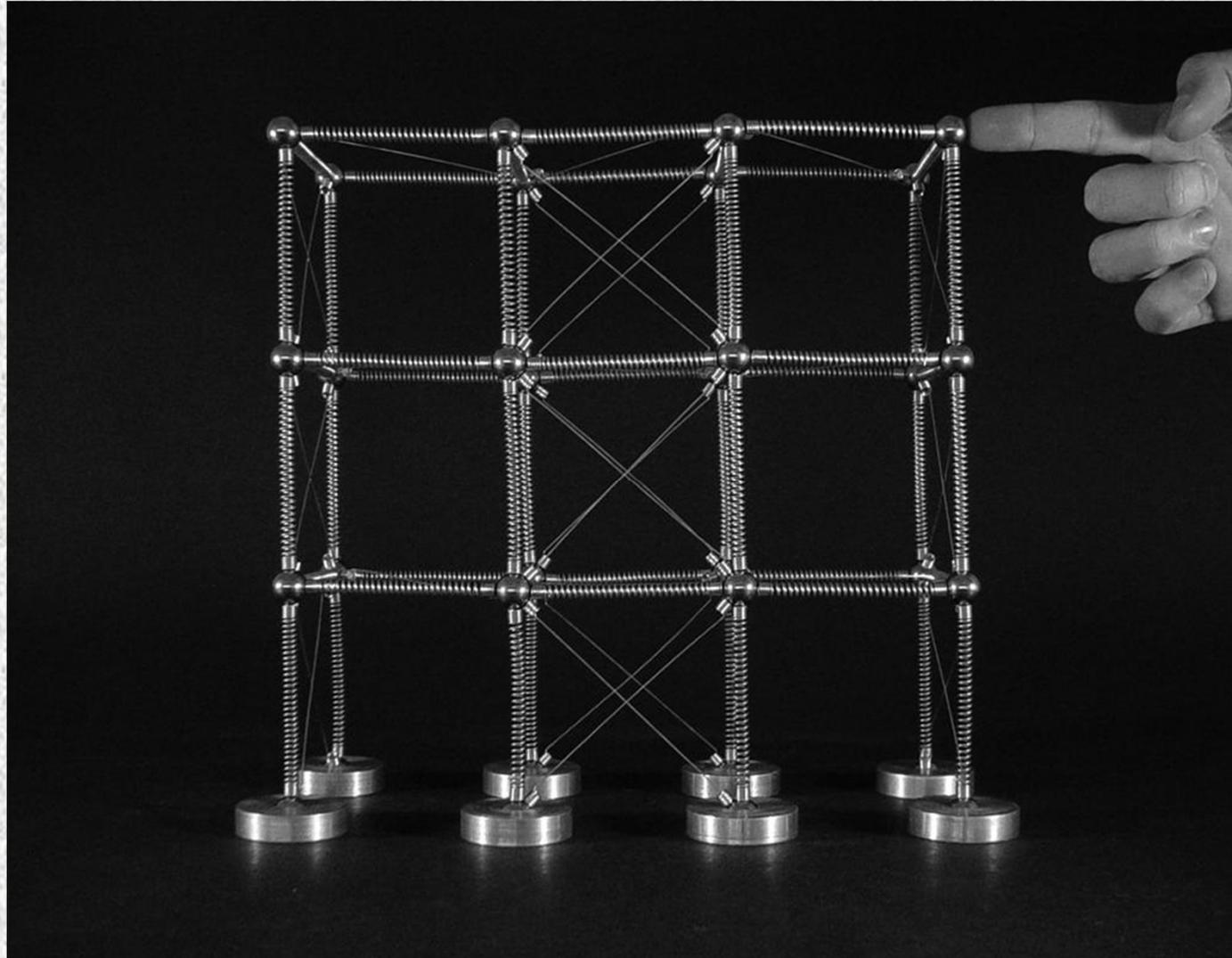
STEEL FRAMING: ARQUITECTURA

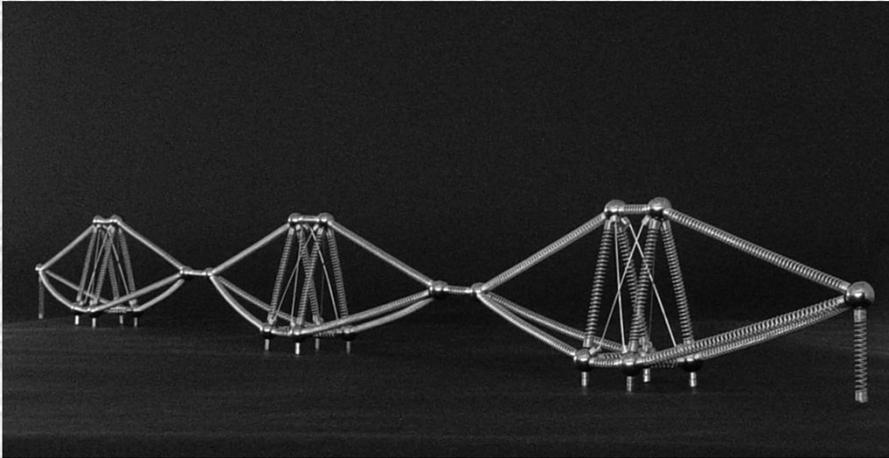
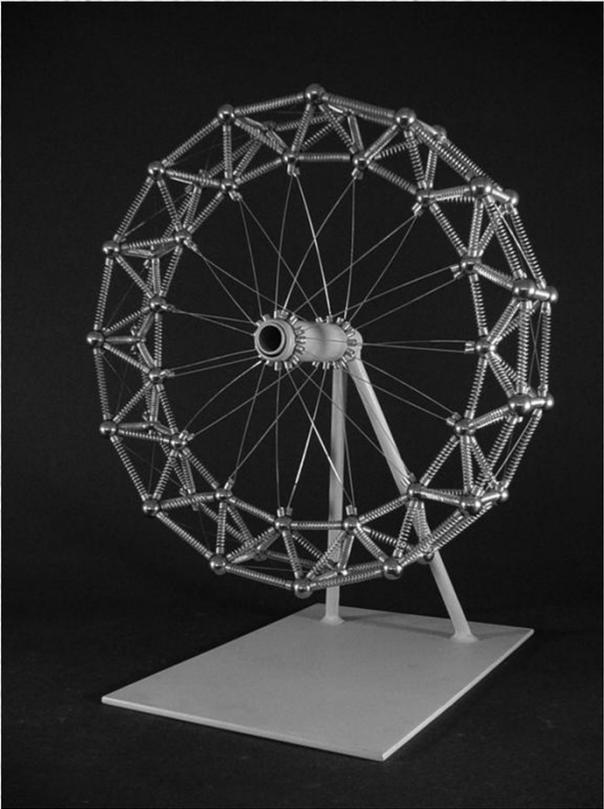
ILAFA ha editado en forma electrónica el manual Steel Framing: Arquitectura. Dicho Manual es la traducción de Steel Framing: Arquitectura, de Arlene Maria Sarmanho Freitas y Renata Cristina Moraes de Crasto. Es de fácil lectura, permitiendo llegar ordenadamente al lector desde los rudimentos de este sistema hasta los distintos detalles arquitectónicos.*

[Bajar el Manual](#)

Internet | Modo Protegido: Ativado

MODELO ESTRUTURAL QUALITATIVO PARA PRÉ- AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE ESTRUTURAS METÁLICAS





OTIMIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA A PARTIR DOS CONCEITOS DA CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA



Obras utilizando o sistema modular do Arq. Kas Oosterhuis

AGRADECIMENTOS

Colaboradores:

João Batista M. de Souza Jr, Henor Artur de Souza, Luiz Fernando L. Ribeiro, Marcílio S. R. Freitas – EM/UFOP

João Alberto Venegas Requena (UNICAMP), Eduardo de Miranda Batista (COPPE/UFRJ), Dinar Camotin (IST), Walnório G. Ferreira (UFES), Afonso Henrique M. de Araujo (V&M do BRASIL)

João Estevão, Wilson Neri, Oswaldo Arcanjo

Estudantes: (ex-alunos)

Francisco Canazart, Márcio Sequeira, Iara Mapa. Daniela Minchillo, Gisele Possato, Flávio Souza, Cristiane Henriques, Michael Silva. Guilherme Silva, Sérgio Miranda, Sineval Pereira Jr., Thalita, Ana Paula Marcelino, Gabriel Nunes, Kenia Chagas, Tiago Goncalves, Andre Silva. Alexandre Camillo, Cassius Morais, Juliano Bastos, Fernanda Ribeiro, Fabiano Mendanha, Cereno Muniz, Renata Crasto.

Apoio: CNPq, CAPES, FINEP, FAPEMIG, V&M do BRASIL, USIMINAS, Águia Sistemas.