

5 Modelos Estruturais

5.1 Introdução

Neste capítulo, os modelos estruturais utilizados para avaliação do conforto humano serão descritos segundo suas características geométricas e físicas referentes aos materiais constituintes. Esses modelos estruturais correspondem a estruturas mistas aço-concreto e foram desenvolvidos em concordância com os modelos experimentais realizados por Chapman & Balakrishnan [6], em 1964, e por Oliveira, em 2005 [38].

Considerando a escassez de bibliografia técnica específica sobre o assunto em pauta, pretende-se investigar o comportamento dinâmico de pisos mistos aço-concreto em regime de interação parcial e total. Para tanto, inicia-se este trabalho a partir de uma avaliação do comportamento dinâmico de uma faixa de piso misto e, em seguida, de uma investigação do modelo completo de piso misto aço-concreto. Como aporte teórico, o modelo investigado por Chapman e Balakrishnan [6], em 1964, norteia este trabalho. Trata-se de um modelo experimental formado por uma pequena faixa de laje em concreto que se apoia sobre uma viga de aço. A conexão mecânica existente entre a laje e a viga de aço é realizada por meio de conectores de cisalhamento existentes na interface laje-viga. Em seguida, este trabalho prossegue na investigação do comportamento dinâmico de um modelo de piso misto aço-concreto desenvolvido em laboratório por Oliveira em 2005 [38]. Esse modelo de piso misto aço-concreto é composto por vigas secundárias que se conectam às vigas principais por meio de ligações semirrígidas mistas e rotuladas. A laje de concreto é moldada sobre uma forma de aço incorporada (*steel deck*) e conecta-se às vigas principais e secundárias por meio de conectores de cisalhamento em regime de interação total.

Assim sendo, o principal objetivo desta seção é apresentar os modelos estruturais desenvolvidos para a avaliação do conforto humano, segundo suas características geométricas e físicas referentes aos materiais constituintes.

5.2 Modelo de viga mista (aço-concreto) [6]

O primeiro modelo proposto para estudo neste trabalho foi investigado experimentalmente em 1964 por Chapman e Balakrishnam [6], na tentativa de entender o comportamento de sistemas mistos sob ação de cargas concentradas e uniformemente distribuídas. Na Figura 5.1 e na Figura 5.2, pode-se visualizar uma seção longitudinal do modelo, que é formada por uma pequena faixa de laje em concreto apoiada sobre uma viga de aço vinculado entre si por meio de conectores de cisalhamento. Conforme a introdução deste capítulo, o modelo representativo de uma faixa de piso é aqui investigado na tentativa de facilitar a compreensão do comportamento dinâmico de pisos mistos aço-concreto que serão abordados posteriormente. A seção transversal típica do modelo é apresentada na Figura 5.3.

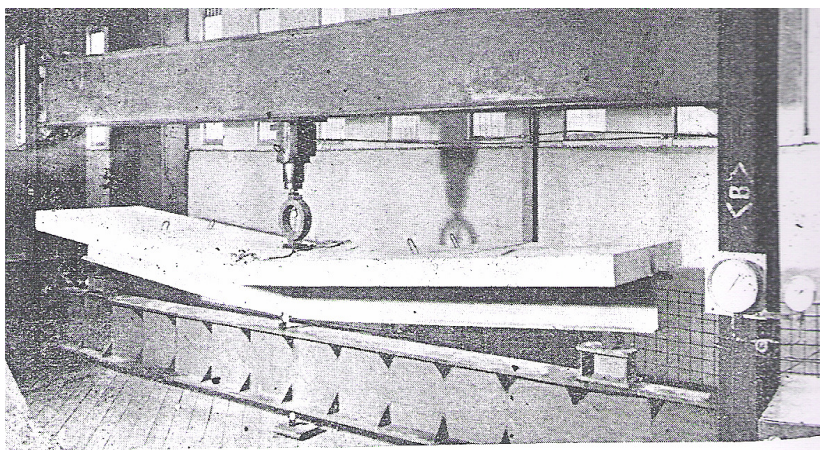


Figura 5.1 – Ensaio experimental com aplicação de cargas concentradas e distribuídas [6]

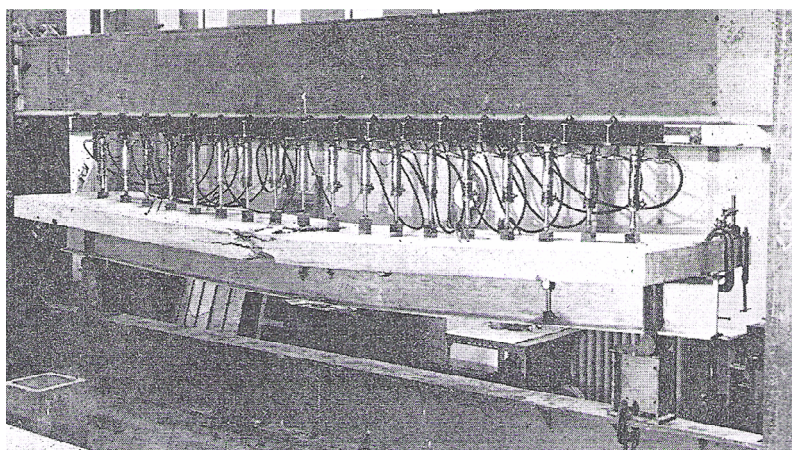


Figura 5.2 – Ensaio experimental com aplicação de cargas distribuídas [6]

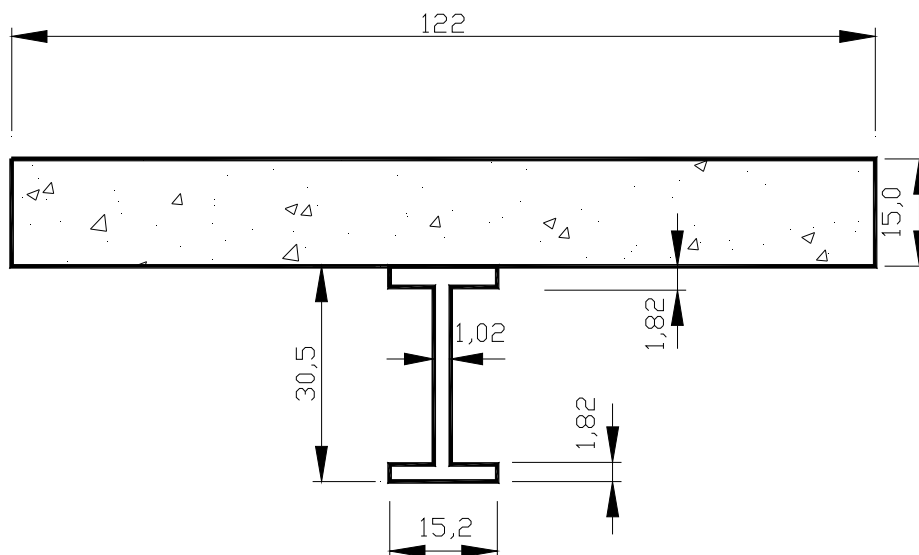


Figura 5.3 – Seção transversal do sistema misto (medidas em centímetros)

Com referência às características físicas dos materiais utilizados, o concreto da laje tem espessura constante de 0,15m e possui resistência característica à compressão de 30MPa, módulo de elasticidade longitudinal igual a 24GPa, coeficiente de Poisson de 0,1 e massa específica de 2.550kg/m³. Os perfis metálicos do tipo “I” são constituídos por um aço com limite de escoamento de 300MPa. Para as vigas, foi considerado um módulo de elasticidade igual a 200GPa, coeficiente de Poisson de 0,3 e massa específica de 7.850kg/m³. As características dos perfis metálicos podem ser observadas na Tabela 5.1, com suas respectivas indicações na Figura 5.4, a seguir.

Tabela 5.1 – Características geométricas dos perfis de aço

Características do perfil				
Altura (d)	Largura da mesa (b _f)	Espessura da mesa superior (t _f)	Espessura da mesa inferior (t _f)	Espessura da alma (t _w)
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
305	152	10,2	10,2	18,2

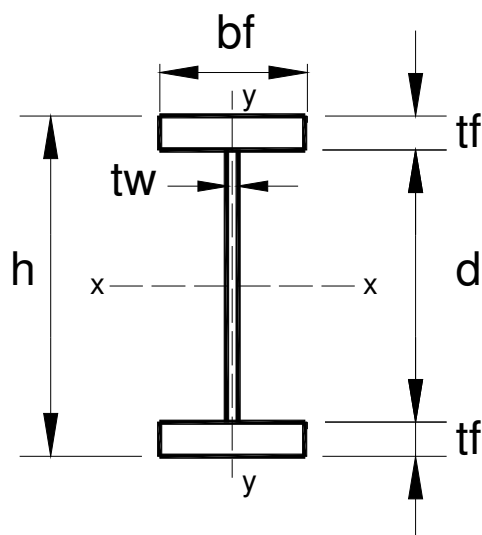


Figura 5.4 – Seção genérica do perfil

5.3

Modelo de piso misto (aço-concreto) [38]

Dando sequência a este trabalho, em que se pretende estudar o comportamento dinâmico de pisos mistos aço-concreto em regime de interação parcial e total, propõe-se, para o segundo sistema estrutural, um modelo de piso misto aço-concreto experimental investigado por Oliveira em 2005 [38]. Esse modelo estrutural é composto por vigas secundárias e principais que se conectam entre si por meio de ligações semirrígidas mistas e rotuladas. A laje de concreto é moldada sobre forma de aço incorporada (*steel deck*) e conecta-se às vigas principais e secundárias por meio de conectores de cisalhamento em regime de interação total. A Figura 5.5 apresenta o modelo do protótipo experimental.

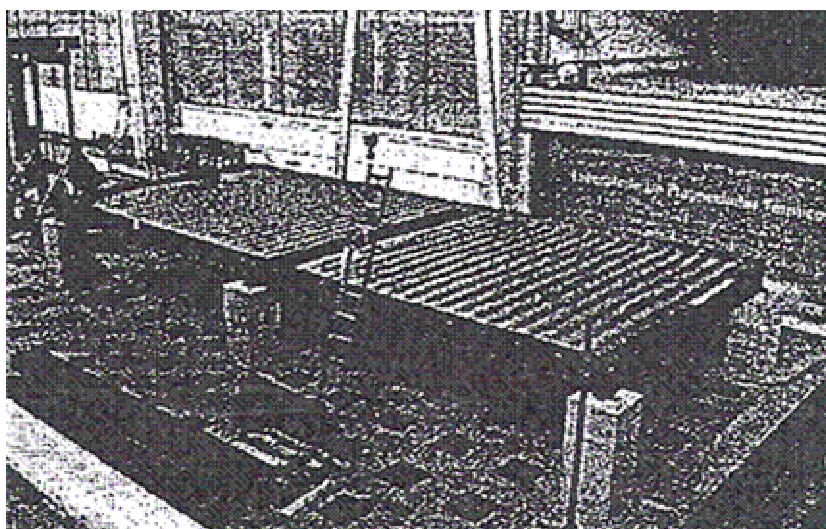


Figura 5.5 – Modelo experimental [38]

Em relação às características geométricas do piso, a Figura 5.6 apresenta uma planta baixa do projeto da estrutura; a Figura 5.7 apresenta sua seção transversal típica; e a Figura 5.9 apresenta o modelo tridimensional do piso misto aço-concreto.

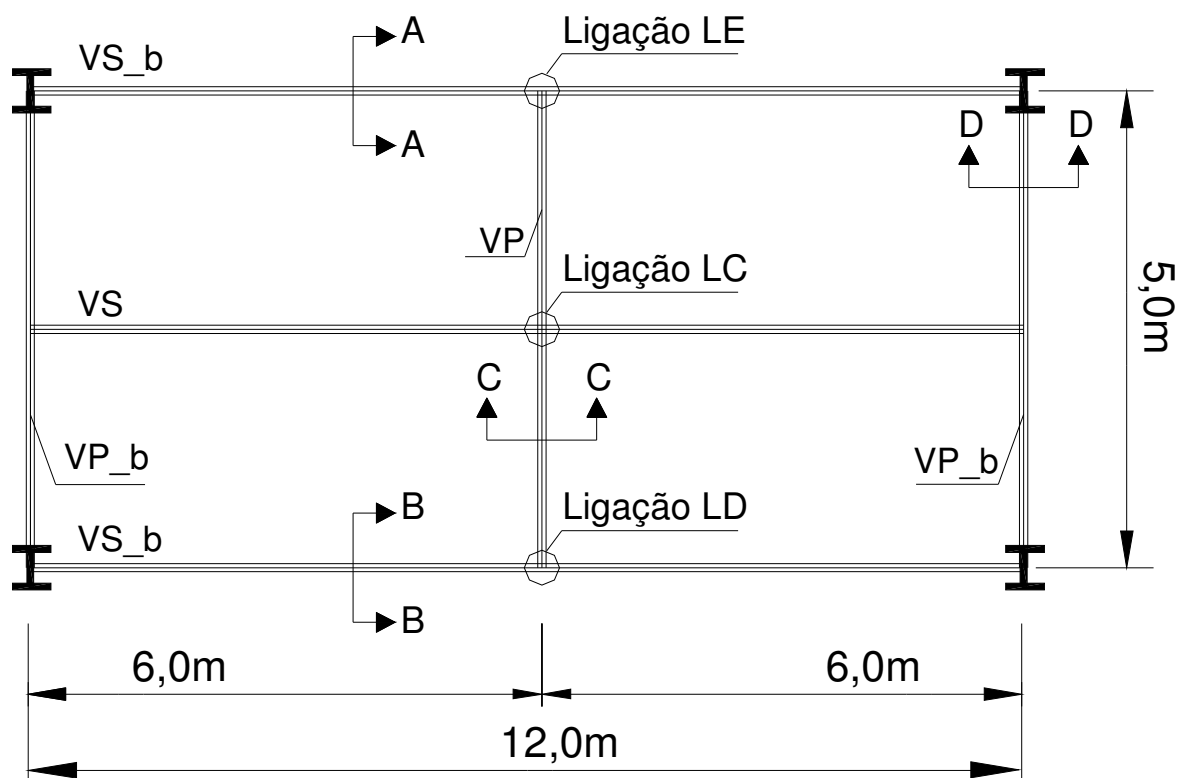


Figura 5.6 – Modelo estrutural genérico dos pisos [38]

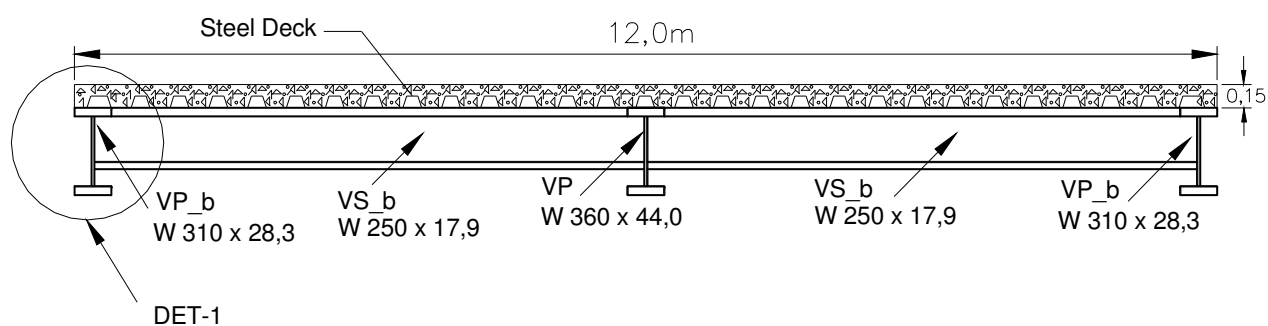


Figura 5.7 – Seção transversal genérica dos pisos [38]

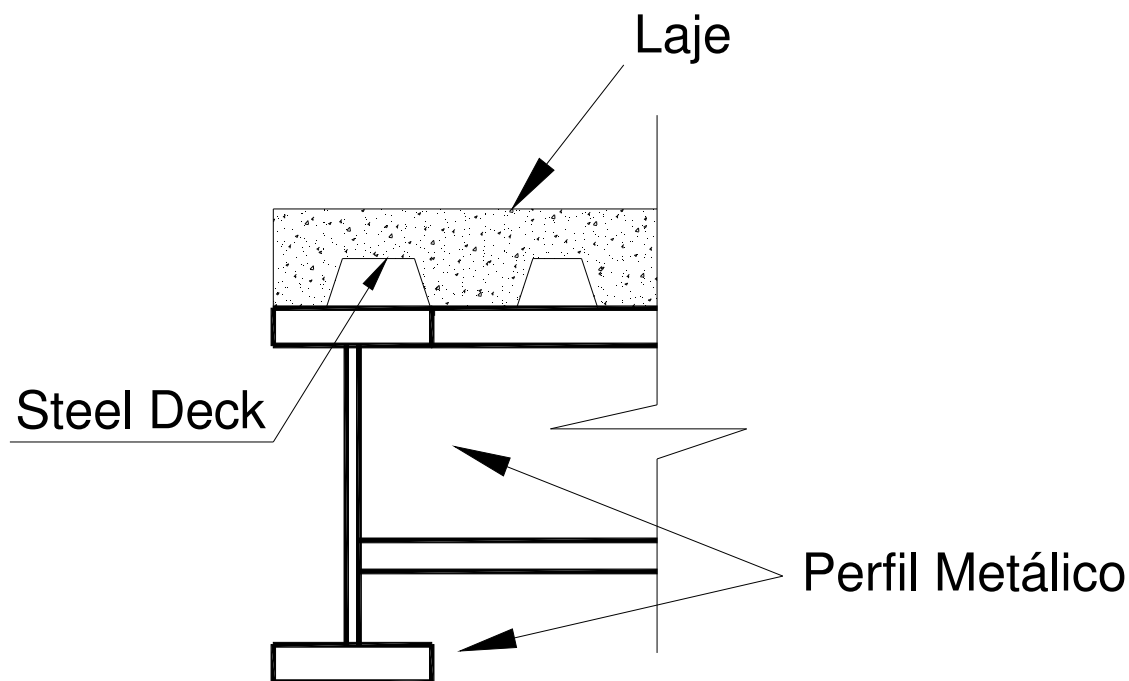


Figura 5.8 – Detalhe 1 na Figura 5.7 [38]

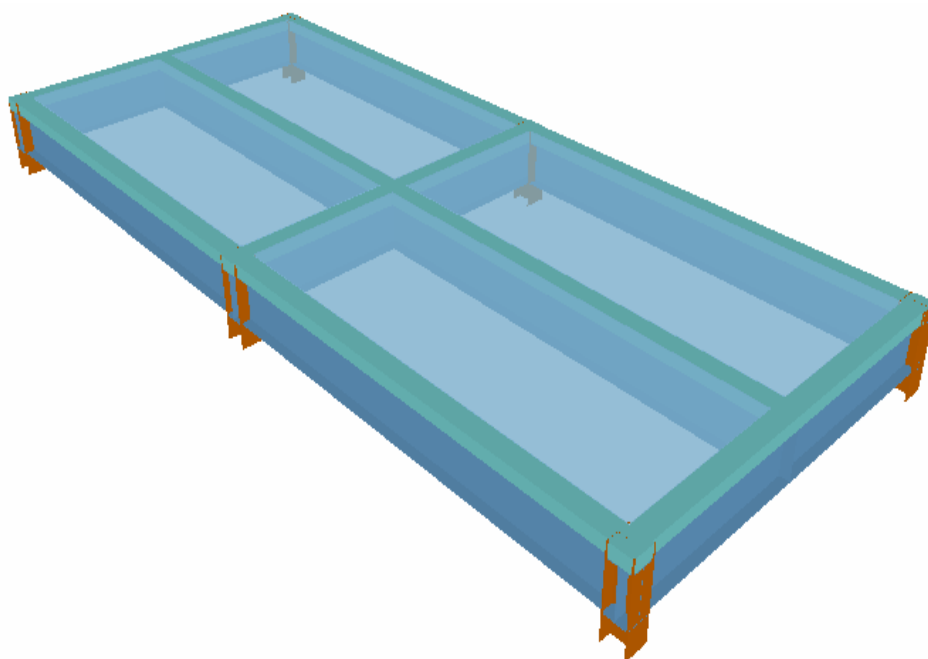


Figura 5.9 – Modelo tridimensional do piso

No que diz respeito às características físicas dos materiais utilizados, o concreto da laje tem espessura constante de 0,15m e possui resistência característica à compressão de 22MPa, módulo de elasticidade longitudinal igual a 26GPa, coeficiente de Poisson de 0,2 e massa específica de 2.500kg/m³. Para os perfis, foi considerado um módulo de elasticidade igual a 205GPa, coeficiente

de Poisson de 0,3 e massa específica de 7.850kg/m^3 . Os perfis metálicos do tipo “I” são constituídos por um aço com limite de escoamento de 345MPa, cujas características são apresentadas na Tabela 5.2 a seguir.

Tabela 5.2 – Características geométricas dos perfis de aço

Tipo de perfil			Altura (d)	Largura da mesa (b _f)	Espessura da mesa superior (t _f)	Espessura da mesa inferior (t _f)	Espessura da alma (t _w)
			(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Vigas principais	VP	W 360 x 44,0	352	171	9,8	9,8	6,9
	VP_b	W 310 x 28,3	309	102	8,9	8,9	6,0
Vigas secundárias	VS	W 250 x 22,3	254	102	6,9	5,8	5,8
	VS_b	W 250 x 17,9	251	101	5,3	5,3	4,8
Colunas		W 300 x 62	300	300	9,5	9,5	8,0

Em se tratando das ligações existentes no modelo estrutural em epígrafe, sabe-se que são de dois tipos e servem para conectar as vigas secundárias às vigas principais. A primeira é do tipo semirrígida e tem como função conectar as vigas mistas secundárias internas (VS) e as vigas secundárias de borda (VS_b) à viga principal (VP), conforme apresentado na Figura 5.10 a Figura 5.13 a seguir.

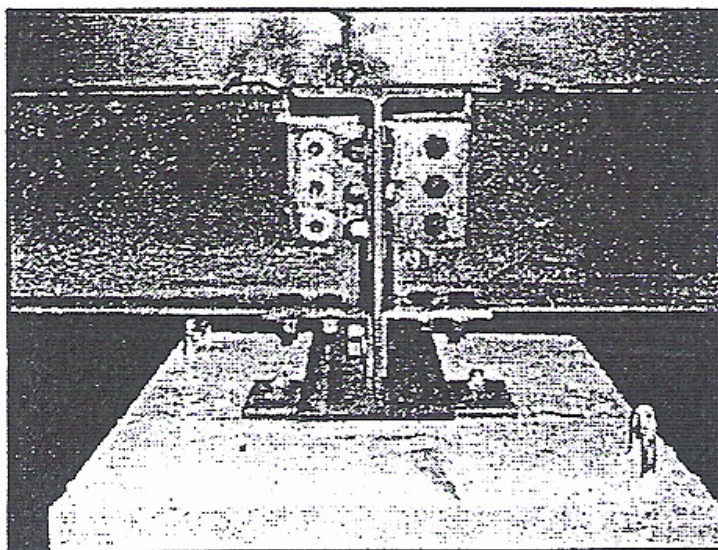


Figura 5.10 – Ligação semirrígida entre as vigas secundárias (VS e VS_b) e a viga principal (VP) – corte CC [38]

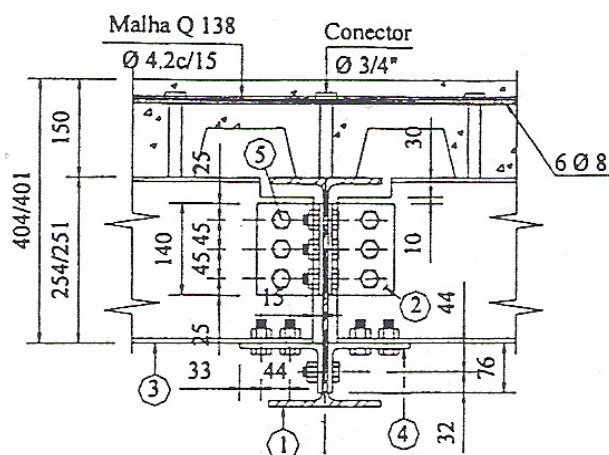


Figura 5.11 – Ligação semirrígida entre as vigas secundárias (VS e VS_b) e a viga principal (VP) – corte CC [38]

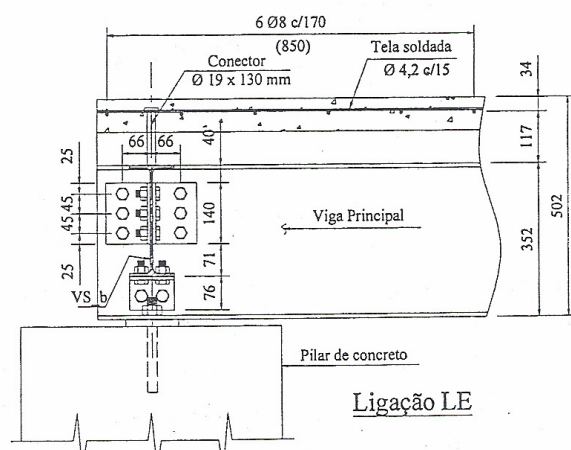


Figura 5.12 – Ligação do tipo LD e LE – corte AA e BB [38]

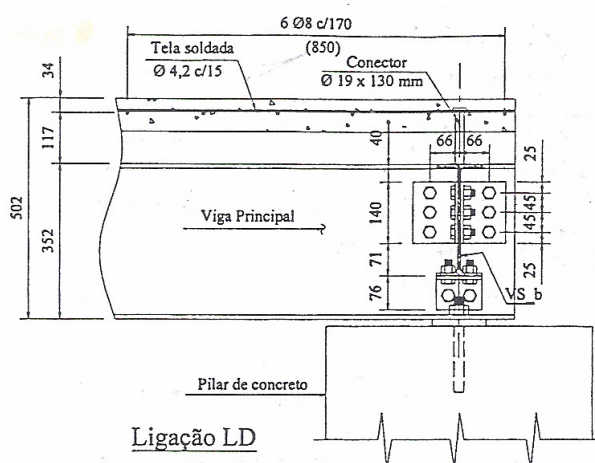


Figura 5.13 – Ligação do tipo LD e LE – corte AA e BB [38]

O segundo tipo de ligação é a flexível e serve para conectar as vigas mistas secundárias internas (VS) e de borda (VS_b) às vigas principais de borda (VP_b). São constituídas apenas por uma dupla cantoneiras de alma. Um detalhe típico desse tipo de ligação é apresentado na Figura 5.14 e na Figura 5.15 abaixo.

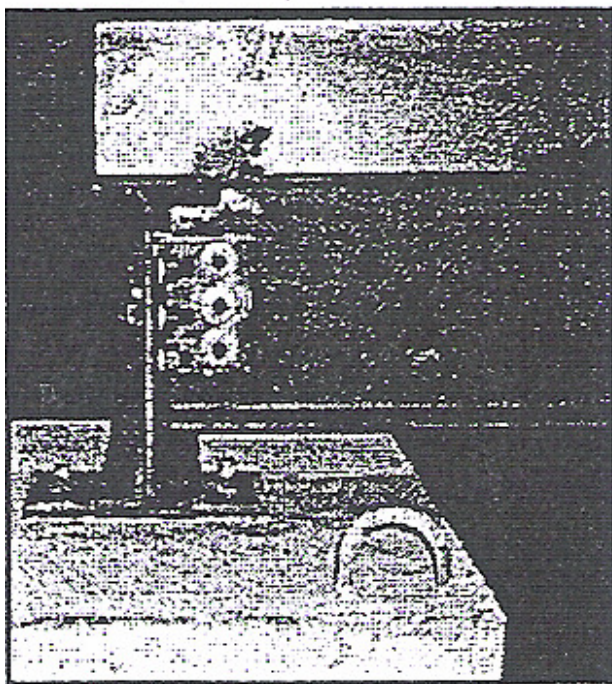


Figura 5.14 – Ligação flexível entre as vigas secundárias (VS e VS_b) e a viga principal de borda (VP_b) – corte DD [38]

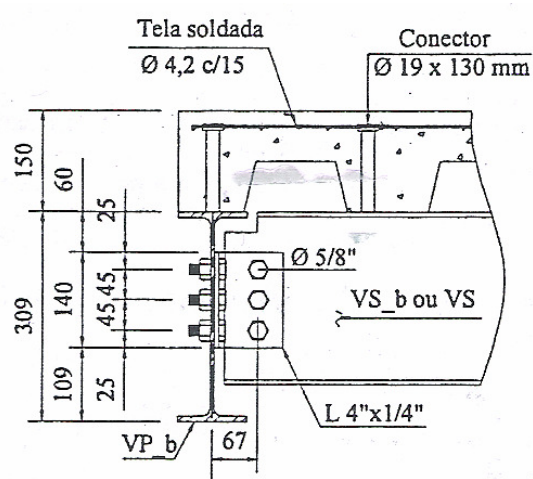


Figura 5.15 – Ligação flexível entre as vigas secundárias (VS e VS_b) e a viga principal de borda (VP_b) – corte DD [38]

Convém mencionar que, para os tipos de ligações mencionadas anteriormente, semirrígidas mistas e flexíveis, foi possível obter experimentalmente os valores da curva $M \times \theta$ representativas dessas ligações. Fato esse que facilitará, posteriormente, a implementação para calibrar os modelos numéricos desenvolvidos neste trabalho para análise do conforto humano, segundo regimes de interação parcial e total. As representações dessas curvas podem ser visualizadas na Figura 5.16 e na Figura 5.17, respectivamente.

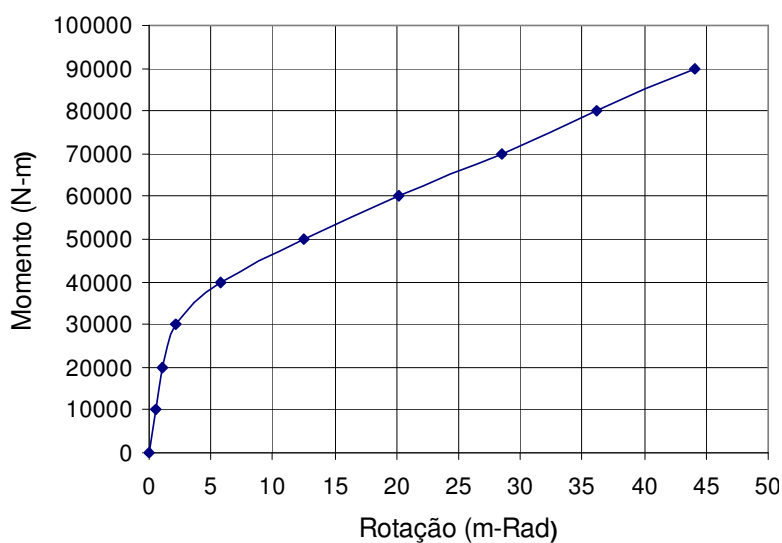


Figura 5.16 – Curva momento *versus* rotação – ligação tipo LE e LD [38]

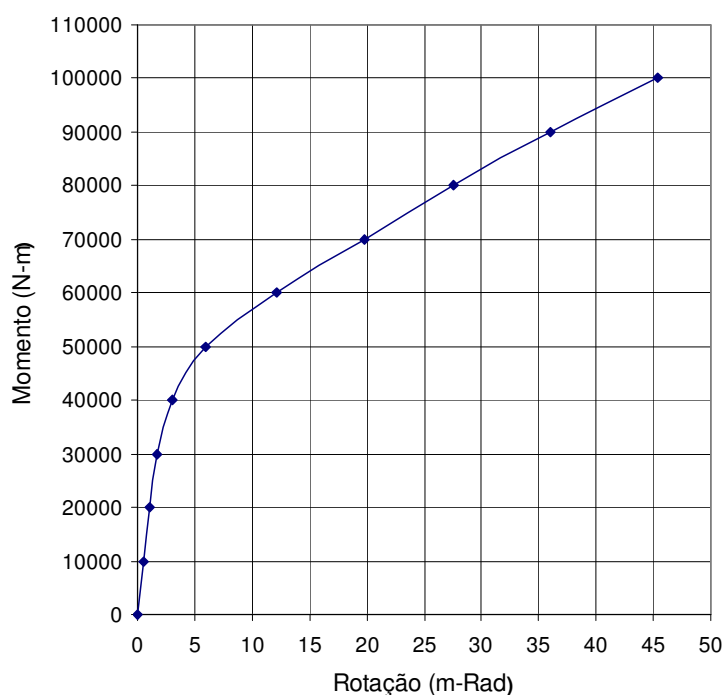


Figura 5.17 – Curva momento *versus* rotação – ligação tipo LC [38]

Com referência aos conectores de cisalhamento, sabe-se que são do tipo pino com cabeça (*stud bolt*) com diâmetro de 19mm, altura total de 130mm e resistência última de 415MPa. Pela Figura 5.18, pode-se observar a posição ocupada pelo conector de cisalhamento na interface laje-viga quando composta por forma de aço incorporada à laje (*steel deck*).

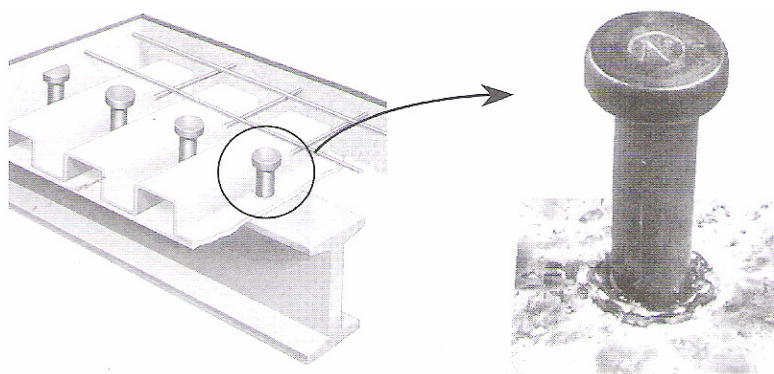


Figura 5.18 – Conector tipo pino cabeça

A forma de aço incorporada (sistema *steel deck* MF – 75) possui espessura de 0,8mm com formato trapezoidal e com altura da nervura de 75mm. O aço é do tipo ASTM A 653 Grau 40, com limite de escoamento de 280 MPa.



Figura 5.19 – Forma metálica (*steel deck* MF – 75)

As estruturas estudadas neste trabalho serão submetidas, correntemente, a carregamentos induzidos por seres humanos, associados ao caminhar de pessoas e atividades rítmicas para análise do conforto humano. O modelo de piso misto aço-concreto analisado neste trabalho foi verificado quanto ao método do estado-limite. Entretanto, os cálculos não foram apresentados, visto que o principal objetivo deste trabalho é a análise do comportamento dinâmico do piso.

No capítulo 6, são apresentados e discutidos os modelos numéricos computacionais desenvolvidos neste trabalho de pesquisa.