

**IX ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA  
CUIABÁ – JULHO DE 2004**

**ANÁLISE EXPERIMENTAL DE UM MODELO REDUZIDO DE UMA PONTE  
MISTA DE MADEIRA-CONCRETO UTILIZANDO VIGAS DE MADEIRA ROLIÇA**

**Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho** (psegund@dec.feis.unesp.br, p\_gutemberg@bol.com.br),  
**José Antônio Matthiesen** (matth@dec.feis.unesp.br)  
Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

**RESUMO:** Para a análise do comportamento das ligações madeira-concreto construiu-se um modelo de ponte mista. Os conectores metálicos de ligação utilizados têm diâmetro 12,5mm e comprimento 15cm, esses pinos foram retirados de barras de aço de construção civil. A laje maciça de concreto armado possui dimensões 7cm x 170cm x 410cm, essa laje foi concretada sobre quatro vigas de madeira bruta de reflorestamento, *Eucalyptus urophylla*, que possuem comprimento médio de 500cm e diâmetro médio de 16cm. O concreto utilizado possui um  $f_{cm}$  de 26MPa e módulo de elasticidade longitudinal de 38000MPa. A ponte de madeira-concreto foi ensaiada e a partir desses ensaios foi possível obter dados experimentais que possibilitassem saber a eficiência da ligação constituída por esses pinos, também se pode fazer a comparação da eficiência da ligação com o modelo teórico utilizando as equações de Mohler (1953). A construção deste tipo de tabuleiro é bastante econômica, durável e resistente, pois os pinos são obtidos a preços relativamente baixos e também porque o concreto confere uma resistência à abrasão maior do que a madeira. Esse material composto utilizando esse modelo de pino metálico na ligação proporcionou um comportamento estrutural confiável quando comparado com o modelo teórico.

**Palavras-chave:** pontes de madeira-concreto, ligações madeira-concreto, estruturas mistas.

**EXPERIMENTAL ANALYSIS OF A LIMITED MODEL OF A MIXT BRIDGE OF  
TIMBER-CONCRETE USING BEAMS OF LOG TIMBER**

**ABSTRACT:** For the analysis of the connection timber-concrete behavior, a model of composite bridge was built. The used metallic connectors have the diameter of 12,5mm and length of 15cm, those pins were retreat from building steel bars of civil construction. The plate flagstone of armed concrete have dimensions of 7cm x 170cm x 410cm, that flagstone was concreted on four beams of log timber reforestation, *Eucalyptus urophylla*, those own medium length of 500cm and medium diameter of 16cm. The used concrete has an average strength of 26MPa and a longitudinal elasticity module of 38000MPa. The timber-concrete bridge was tested and from those rehearsals it was possible to obtain experimental data to make possible to know the efficiency of the connection constituted by those pins, make the comparison of the efficiency of the connection with the theoretical model using the equations of Mohler (1953). The construction of this board type is quite economical, durable and resistant, because the pins are obtained relatively at low prices and also because the concrete gives a strength to the largest abrasion than the timber. That composed material using that model of metallic pin in the connection provided a reliable structural behavior when compared to the theoretical model.

**Keywords:** timber-concrete bridges, connections timber-concrete, composite structures.

# 1 – INTRODUÇÃO

O Brasil um país de dimensões continentais possui no seu território uma enorme quantidade de rios de pequeno porte que necessitam da construção de pequenas pontes para que as pessoas possam utilizar as estradas nessas localidades de uma forma econômica e rápida. A utilização do material madeira-concreto na construção de pontes certamente solucionará os problemas relativos à durabilidade das pontes que usem somente madeira na sua construção.

O emprego do material madeira-concreto na construção de pontes somente será utilizado quando se souber fazer a sua correta aplicação estrutural. Esta aplicação torna-se viável quando as normas brasileiras forem capazes de dimensionar estruturas com esse material composto. No final do século XX e início do século XXI começou-se a pensar mais potencialmente no uso do material madeira-concreto no Brasil, devido a esta ação um grande número de pesquisas está sendo desenvolvida para que se possa viabilizar o emprego desse material no país.

A viabilidade do uso desse material ocorrerá quando pudermos quantificar a eficiência da ligação entre a madeira e o concreto, pois, sabe-se que esta ligação pode ser feita através de vários tipos de conectores e que são identificados na sua maioria como pinos metálicos (pregos, parafusos e etc.). Segundo CECCOTTI (1995), esses conectores caracterizam um sistema de ligação flexível, isto é, eles permitem a ocorrência de pequenos deslocamentos. O uso de pregos nas ligações em tabuleiros de madeira-concreto torna-se limitado devido a sua baixa capacidade de carga, no caso de grandes estruturas. Os parafusos auto-atarrachantes são ótimos para o desenvolvimento dessas estruturas compostas, mas eles possuem um valor econômico mais elevado do que outros conectores.

Esse trabalho se propõe a verificar experimentalmente a eficiência dos pinos metálicos retirados de barras de aço de construção civil CA 50B de 12,5mm de diâmetro e utilizá-los na ligação em pontes de madeira-concreto com tabuleiros em vigas T, com alma de madeira e mesa de concreto. A eficiência dessa ligação será verificada fazendo as análises de dados experimentais obtidos em um modelo reduzido de ponte e comparando com valores teóricos obtidos pelas equações compatível com o EUROCODE 5 (1993).

## 1.1 – Cálculo teórico da rigidez

Para avaliar a eficiência e encontrar uma boa situação de projeto realizou-se um estudo teórico da ponte de madeira-concreto. Nesse estudo buscou-se obter a rigidez efetiva  $(EI)_{ef}$ , mostrada na Equação 1, cujo, cálculo dessa foi deduzido a partir do modelo analítico de Mohler (1953). Esse modelo é compatível com o EUROCODE 5 (1993). O projeto de ponte do modelo reduzido analisado está mostrado na Figura 1.

$$(EI)_{ef} = E_w \cdot \left[ I_{tot} + \gamma \cdot \left( n \cdot A_c \cdot e_c^2 + A_w \cdot e_w^2 \right) \right] \quad (1)$$

$$I_{tot} = I_w + n \cdot I_c \quad (2)$$

$$\gamma = \frac{I}{I + p} \quad (3)$$

$$p = \frac{\pi^2 \cdot E_c \cdot A_w \cdot A_c}{L^2 \cdot k \cdot A_w + n \cdot A_c} \quad (4)$$

$$n = \frac{E_c}{E_w} \quad (5)$$

$$e_c = \left( \frac{h_c}{2} + \frac{d_w}{2} \right) \cdot \frac{A_w}{A_w + n \cdot A_c} \quad (6)$$

$$e_w = \left( \frac{h_c}{2} + \frac{d_w}{2} \right) \cdot \frac{A_c}{A_w + n \cdot A_c} \quad (7)$$

$$(EI)_{min} = E_c I_c + E_w I_w \quad (8)$$

$$Efic\acute{e}ncia = \frac{(EI)_{ef}}{(EI)_{min}} \quad (9)$$

O m3dulo de deslizamento da liga33o 3e determinado pela Equa33o 10.

$$k = 0,125 \frac{d \cdot E_{c0,w}}{S} \quad (10)$$

Onde:

$d$  – di33metro do pino em (mm);

$S$  – espa33amento efetivo entre pinos em (mm);

$E_{c0,w}$  – m3dulo de elasticidade da madeira em (N/mm<sup>2</sup>).

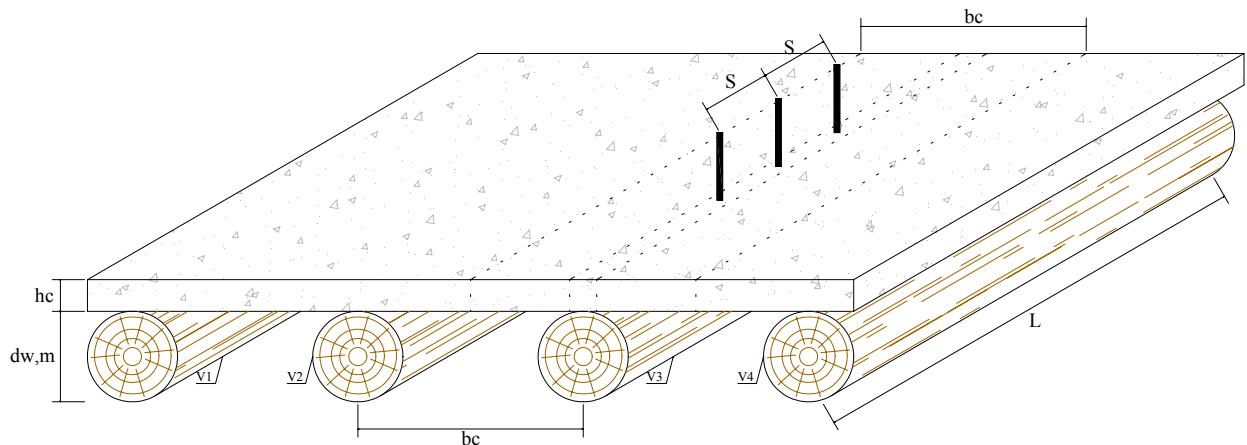


Figura 1 - Projeto do modelo reduzido da ponte de madeira-concreto

## 1.2 – C33lculo experimental da rigidez

Para o c33lculo experimental da rigidez efetiva  $(EI)_{ef}$  ser33 considerada uma carga concentrada  $P$  que corresponde ao deslocamento vertical obtido experimentalmente na se33o central.

O valor de carregamento aplicado na ponte 3e permanente e este ser33 substituído na Equa33o 11, juntamente com o deslocamento vertical para obtermos a rigidez  $(EI)_{ef}$  experimentalmente. N33o consideraremos uma carga uniformemente distribuída correspondendo ao peso pr33prio da viga, porque os deslocamentos verticais utilizados nos c33lculos foram obtidos experimentalmente com a aplica33o da carga  $P$ .

$$\frac{P}{48} \frac{L^3}{(EI)_{ef}} = v \quad (11)$$

## 2 – MATERIAIS

### 2.1 – Madeira

A espécie de madeira utilizada para a construção do modelo reduzido foi o Eucalipto Urophylla (*Eucalyptus urophylla*), madeira de reflorestamento, pertencente à classe de resistência das Dicotiledôneas. Toda a madeira utilizada na confecção do modelo reduzido de madeira-concreto foi caracterizada por ensaio não destrutivo de flexão estática seguindo-se o procedimento segundo a NBR 7190 (1997). Essas vigas foram ensaiadas com vão  $L$  igual a 400cm e tinham comprimento médio de aproximadamente 500cm. A Figura 2 mostra todas as vigas de madeira roliça (bruta) das quais foram retiradas seis vigas por classificação visual e das quais foi obtido o módulo de elasticidade longitudinal.



Figura 2 – Vigas de madeira bruta e ensaio de flexão estática

### 2.2 – Conectores

Os conectores mostrados na Figura 3 foram utilizados na construção desse modelo reduzido de madeira-concreto e foram extraídos de barras de aço CA 50B, as mesmas que são utilizadas rotineiramente na construção civil. Estes conectores apresentam diâmetro e comprimento de 12,5mm e 150mm respectivamente. Para a cravação desses pinos de aço nas vigas brutas de madeira foi necessário fazer uma marcação que se aproximasse o máximo possível do centro dessas vigas, em seguida, foi feita uma pré-furação de 11mm de diâmetro com uma profundidade de aproximadamente 100mm e dessa maneira permitiu-se que o conector ficasse sobrando 50mm fora da viga de madeira, pois, esta sobra é que fará a ancoragem na laje de concreto armado, Figuras 4 e 5.



Figura 3 – Pinos utilizados na construção da ponte



Figura 4 – Marcação e pré-furação para colocação dos pinos



Figura 5 – Cravação e verificação da altura de ancoragem dos pinos

### 2.3 – Armadura da Laje

A armadura inferior da laje de concreto tanto no sentido longitudinal quanto no sentido transversal foi dimensionada de forma a combater a tração, momentos positivos, devido à flexão na face inferior da mesa de concreto que é ocasionada pela carga da roda. A armadura superior no sentido transversal da laje foi feita para combater os momentos negativos, devido a inversão de esforços, já a armadura longitudinal na face superior da laje tem apenas efeito construtivo. O detalhamento e a armadura da laje de concreto são mostrados nas Figuras 6 e 7.

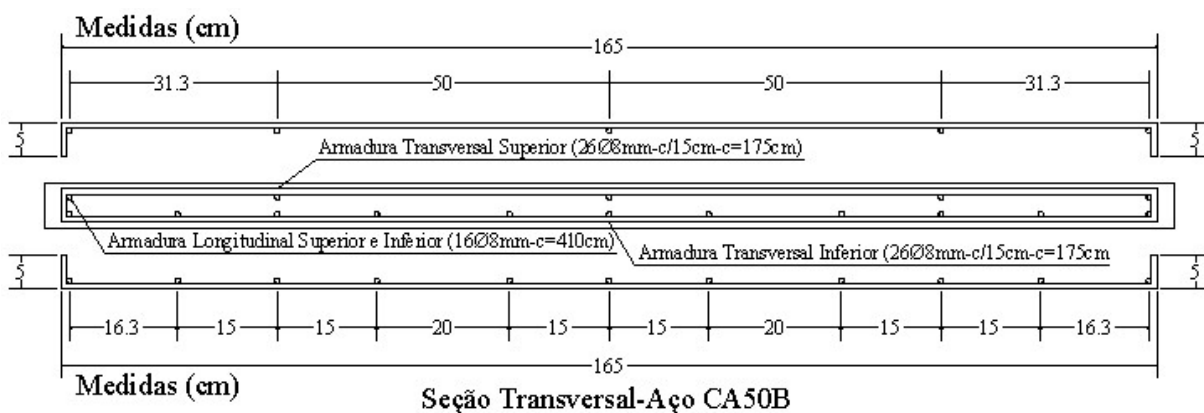


Figura 6 – Detalhamento da armadura da laje de concreto da ponte de madeira-concreto



Figura 7 – Armadura da laje de concreto e verificação da distância entre as armaduras

#### 2.4 – Montagem e concretagem do modelo reduzido da ponte de madeira-concreto

Para a montagem do modelo reduzido organizaram-se as vigas de acordo com a sua conexidade e módulo de elasticidade longitudinal. As vigas de maior módulo de elasticidade foram localizadas no centro da ponte. As quatro vigas de madeira foram niveladas utilizando-se calços sob elas. Esse nivelamento foi necessário para que garantíssemos uma espessura uniforme da laje de concreto armado quando fosse feita a forma. Toda a armadura foi elevada em média 1cm do fundo da forma, utilizou-se espaçadores de argamassa. Antes da colocação da armadura cobriu-se a forma com uma lona plástica apenas para facilitar a retirada do cimbramento. A montagem da forma da laje e preparação para a concretagem foi conduzida de acordo com as Figuras 8 e 9.



Figura 8 – Montagem da forma de concretagem



Figura 9 – Preparação da forma para concretagem

O concreto utilizado para a confecção do modelo reduzido da ponte de madeira-concreto possui os seguintes materiais: Cimento CP II – F 32, areia grossa e brita número 1. No total foram preparados 550 litros de concreto com traço em massa de 1:3,8:2,4 e com fator água cimento de 0,60. Aos 28 dias este concreto teve um  $f_{cm}$  de 26Mpa e módulo de elasticidade médio experimental de 38000MPa. A concretagem da laje de concreto e o acabamento na superfície foram realizados conforme mostrado na Figura 10.



Figura 10 – Concretagem e acabamento na superfície da laje de concreto armado

### 3 – INSTRUMENTAÇÃO E ENSAIO DO MODELO REDUZIDO DA PONTE DE MADEIRA-CONCRETO

Para a coleta e armazenamento dos dados dos relógios comparadores e célula de carga foi utilizado sistema de aquisição de dados DAQbook 120 da Iotech, com interface ao programa DASyLab 5.0, Figura 11.



Figura 11 – Sistema de aquisição de dados utilizado

O modelo reduzido da ponte mista foi ensaiado em um pórtico de reação utilizando um atuador hidráulico de capacidade de 1000kN. O ensaio foi feito aplicando-se carga em várias posições da seção central do modelo reduzido e medindo-se os deslocamentos verticais através de relógios comparadores de precisão de 0,001mm localizados no meio do vão de cada uma das vigas principais, conforme Figuras 12 e 13.

Antes de realizar os ensaios do tabuleiro até a ruptura foi feito um ensaio de carga distribuída para a calibração do sistema de aquisição, limitando-se a um deslocamento vertical de no máximo  $L/500$ , limitação para carga acidental no concreto segundo a NBR 6118 (1984).



Figura 12 – Montagem do modelo para ensaio



Figura 13 – Instrumentação do modelo para ensaio

#### 4 – MODO DE RUPTURA DO TABULEIRO DE MADEIRA-CONCRETO

Depois de realizados todos os ensaios que simularam as cargas devido à roda do veículo, foi feito o carregamento utilizando o trem-tipo que levou a laje de concreto até a ruptura por punção com a carga no tem-tipo próxima de 285kN, Figura 15. Por último fez-se um carregamento distribuído através de um perfil metálico no qual era aplicada uma carga  $P$ , quando a carga  $P$  aplicada no perfil metálico era de aproximadamente 250kN ocorreu a ruptura das vigas de madeira por tração e da laje de concreto por compressão, Figuras 16 a 18. No ensaio preliminar de um protótipo dessa laje ocorreu ruptura por punção com carga próxima de 65kN. A Figura 14 mostra as dimensões do trem-tipo.

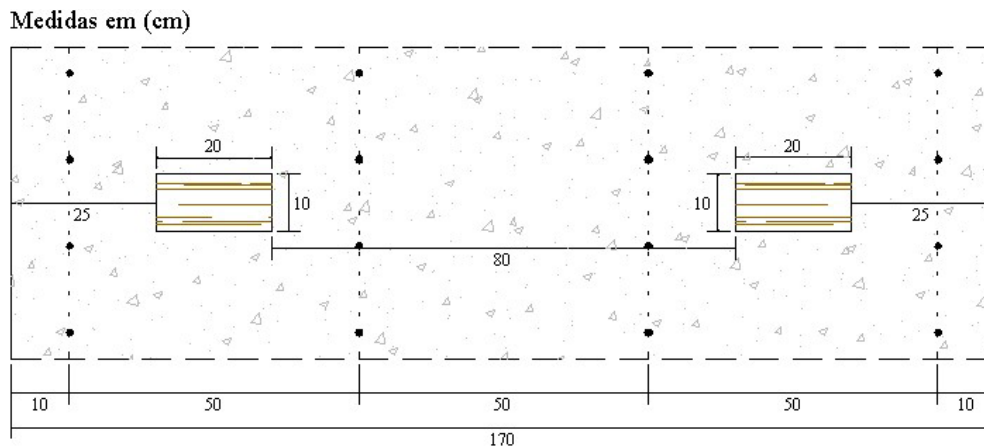


Figura 14 – Representação do trem-tipo utilizado no carregamento da ruptura da ponte



Figura 15 – Ruptura do modelo reduzido com carregamento simulando o trem-tipo



Figura 16 – Comportamento do modelo reduzido da ponte com carregamento distribuído



Figura 17 – Ruptura das vigas de madeira com carregamento distribuído



Figura 18 – Ruptura da laje de concreto com carregamento distribuído

## 5 – RESULTADOS

Os resultados desse trabalho foram obtidos através de procedimento teóricos e experimentais de cálculo. No teórico utilizou-se modelo de seção T, Figura 19, e fez-se a manipulação das Equações de 1 a 10 com os valores da Tabela 1, que resultou nas Tabelas 2 a 4.

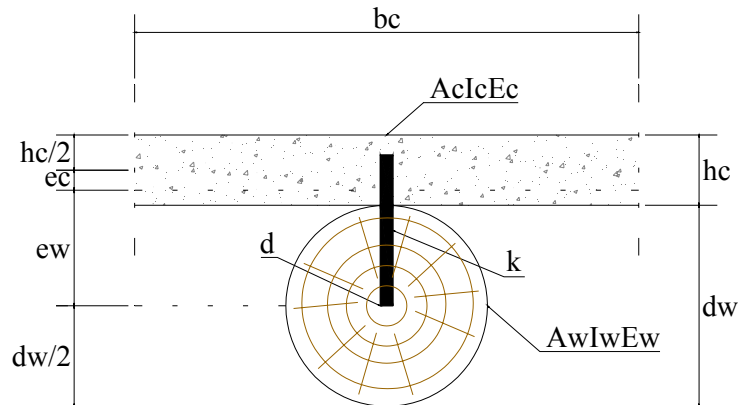


Figura 19 – Seção T para cálculo teórico da rigidez efetiva  $(EI)_{ef}$  da ponte mista

Tabela 1 – Dados de projeto da ponte de madeira-concreto

$E_{c0,c}$ ( $\text{kN}/\text{cm}^2$ )	$E_{c0,w}$ ( $\text{kN}/\text{cm}^2$ )	$d_w$ (cm)	$b_c$ (cm)	$h_c$ (cm)	$L$ (cm)	$d$ (mm)	$S$ (cm)	$K$ ( $\text{N}/\text{mm}/\text{mm}$ )
3800*	1359,3*	16	50	7	400	12,5	15	140

\* valores obtidos experimentalmente em ensaios de laboratório

Tabela 2 – Resultados obtidos teoricamente

$I_C$ ( $\text{cm}^4$ )	$I_W$ ( $\text{cm}^4$ )	$I_{tot}$ ( $\text{cm}^4$ )	$A_C$ ( $\text{cm}^2$ )	$A_W$ ( $\text{cm}^2$ )	$p$	$\gamma$	$e_c$ (cm)	$e_w$ (cm)	$(EI)_{ef}$ ( $\text{kN}\cdot\text{cm}^2$ )	$(EI)_{min}$ ( $\text{kN}\cdot\text{cm}^2$ )
3216,99	4001,67	7218,66	350	201,06	0,586	0,63	1,96	9,54	18 894 479	9 803 689

Tabela 3 – Eficiência teórica da seção T da ponte de madeira-concreto para  $\varrho=0,63$

$$\text{Eficiência} = \frac{(EI)_{ef} \left( \frac{\text{kN} \cdot \text{cm}^2}{\text{kN} \cdot \text{cm}^2} \right)}{(EI)_{min} \left( \frac{\text{kN} \cdot \text{cm}^2}{\text{kN} \cdot \text{cm}^2} \right)}$$

$$(4 * 18 894 479)_{ef} / (4 * 9 803 689)_{min} = 1,93$$

Tabela 4 – Eficiência máxima teórica da seção T da ponte de madeira-concreto para  $\varrho=1$

$$\text{Eficiência} = \frac{(EI)_{ef} \left( \frac{\text{kN} \cdot \text{cm}^2}{\text{kN} \cdot \text{cm}^2} \right)}{(EI)_{min} \left( \frac{\text{kN} \cdot \text{cm}^2}{\text{kN} \cdot \text{cm}^2} \right)}$$

$$(4 * 29 991 236)_{ef} / (4 * 9 803 689)_{min} = 3,06$$

Os valores experimentais foram obtidos fazendo-se o ensaio de flexão estática e de umidade das vigas de madeira, ver sub-item 2.1, e do concreto da laje foi feito o módulo de elasticidade e resistência média a compressão dos corpos-de-prova retirados no dia da concretagem da laje.

As Tabelas 5 e 6 mostram os valores experimentais da laje de concreto e das vigas de madeira. A soma da rigidez das vigas de madeira, ver Tabela 6, e da laje de concreto, ver Tabela 5, é a rigidez mínima  $(EI)_{min}$  experimental do conjunto sem levar em consideração a contribuição dos conectores de cisalhamento. Para se obter a rigidez efetiva experimental do conjunto levando em consideração a contribuição dos conectores de cisalhamento utilizou-se a Equação 11. Com a carga  $P$  e deslocamento vertical conhecido, Figuras 20 a 24, para cada tipo de carregamento determinou-se a rigidez efetiva  $(EI)_{ef}$  experimental, então foi possível determinar os valores da eficiência da ligação mostrados na Tabela 7.

Tabela 5 – Resultados experimentais da laje de concreto

$E_{c0,c}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	$f_{cm,c}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	Altura da laje (cm)	Larg. Total (cm)	Comp. Total (cm)	$I_{laje}$ (cm <sup>4</sup> )	Rigidez (kN*cm <sup>2</sup> )
3800	2,6	7	170	410	4 859,17	18 464 846

Tabela 6 – Resultados experimentais das vigas de madeira

Vigas	$d_w$ (cm)	$I_w$ (cm <sup>4</sup> )	$E_{c0,w}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	Rigidez (kN*cm <sup>2</sup> )
V1	18,0	10 306	1 089,3	11 226 326
V2	15,5	5 667	1 536,0	8 704 512
V3	14,5	4 340	1 510,8	6 556 872
V4	16,0	6 434	1 301,0	8 370 634
Soma da rigidez das vigas				34 858 344

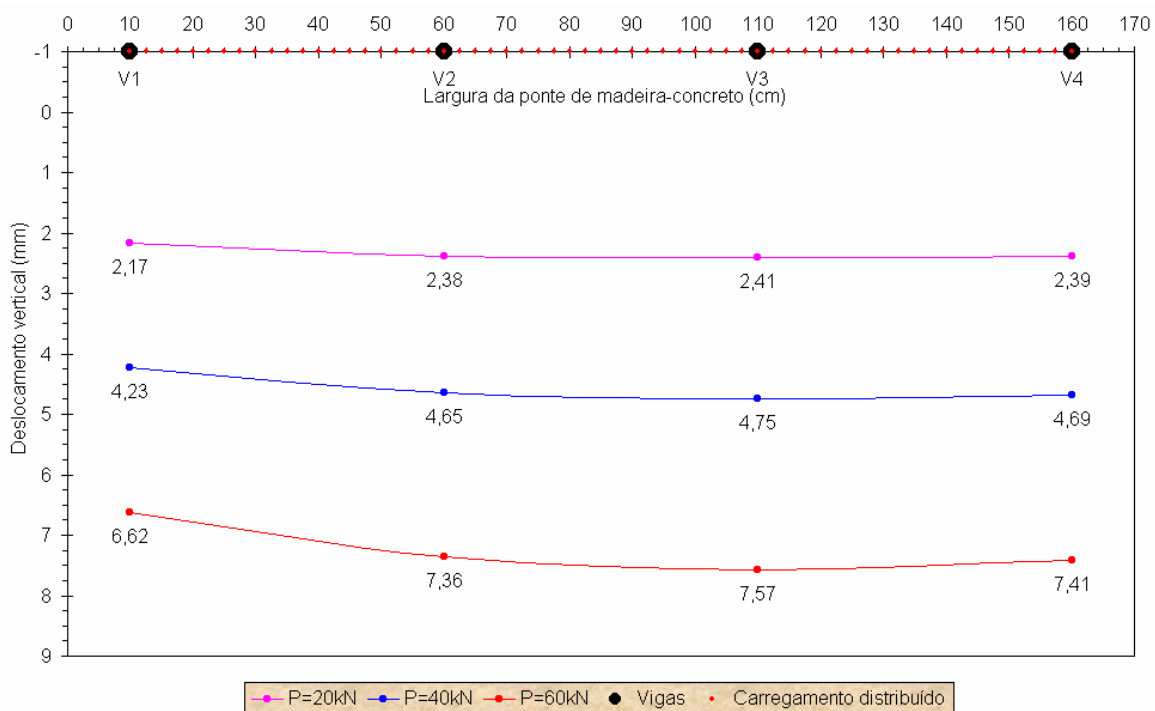


Figura 20 – Deslocamentos verticais das vigas de madeira na ponte mista, quando submetida a um carregamento pontual  $P$  distribuído por um perfil de aço

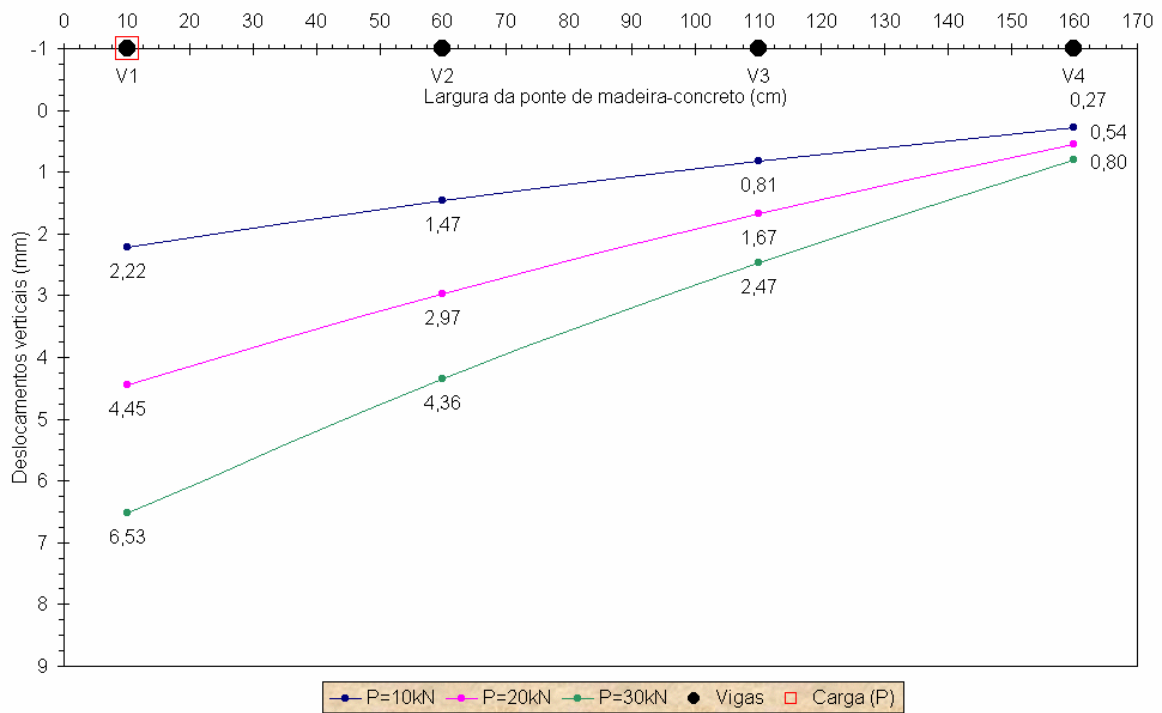


Figura 21 – Deslocamentos verticais das vigas de madeira na ponte mista, quando submetida a um carregamento pontual  $P$  localizado sobre a viga 1

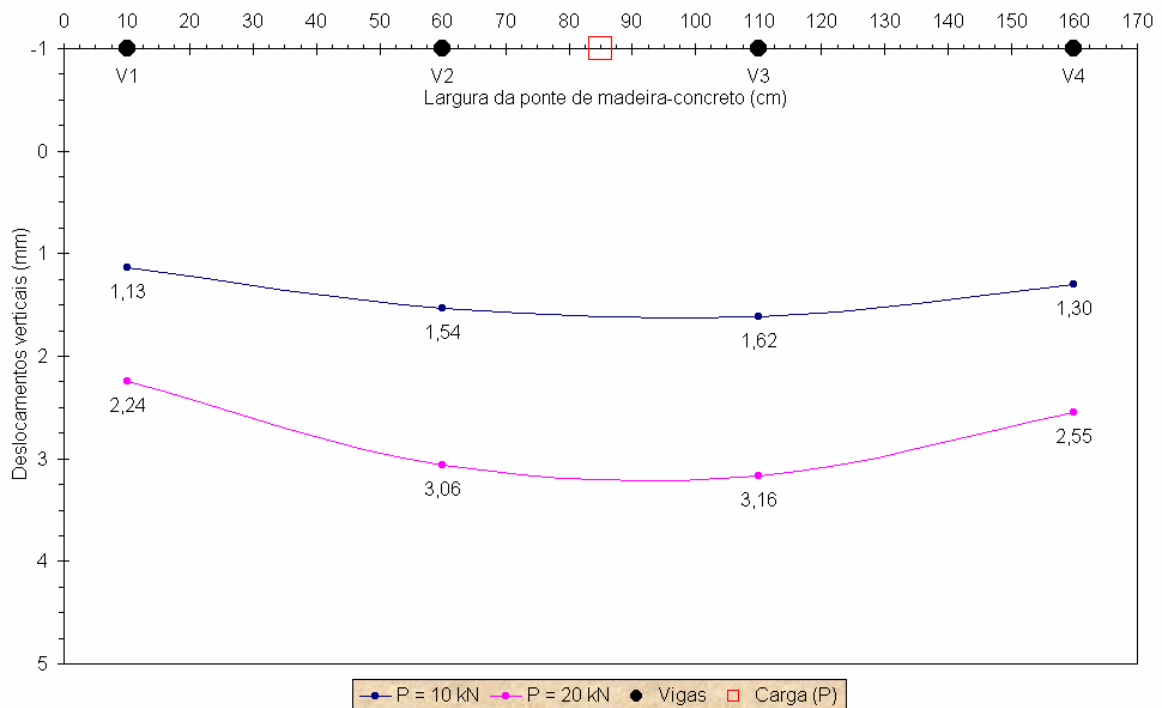


Figura 22 – Deslocamentos verticais das vigas de madeira na ponte mista, quando submetidas a um carregamento pontual  $P$  localizado entre as vigas 2-3

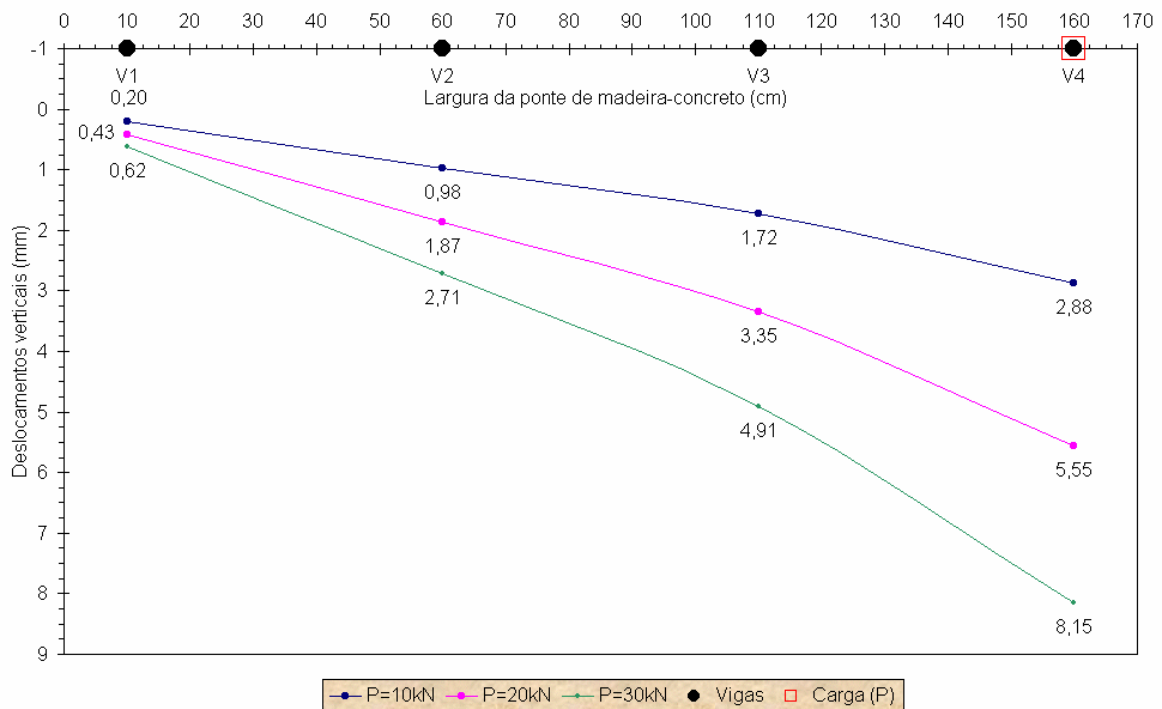


Figura 23 – Deslocamentos verticais das vigas de madeira na ponte mista, quando submetida a um carregamento pontual  $P$  localizado sobre a viga 4

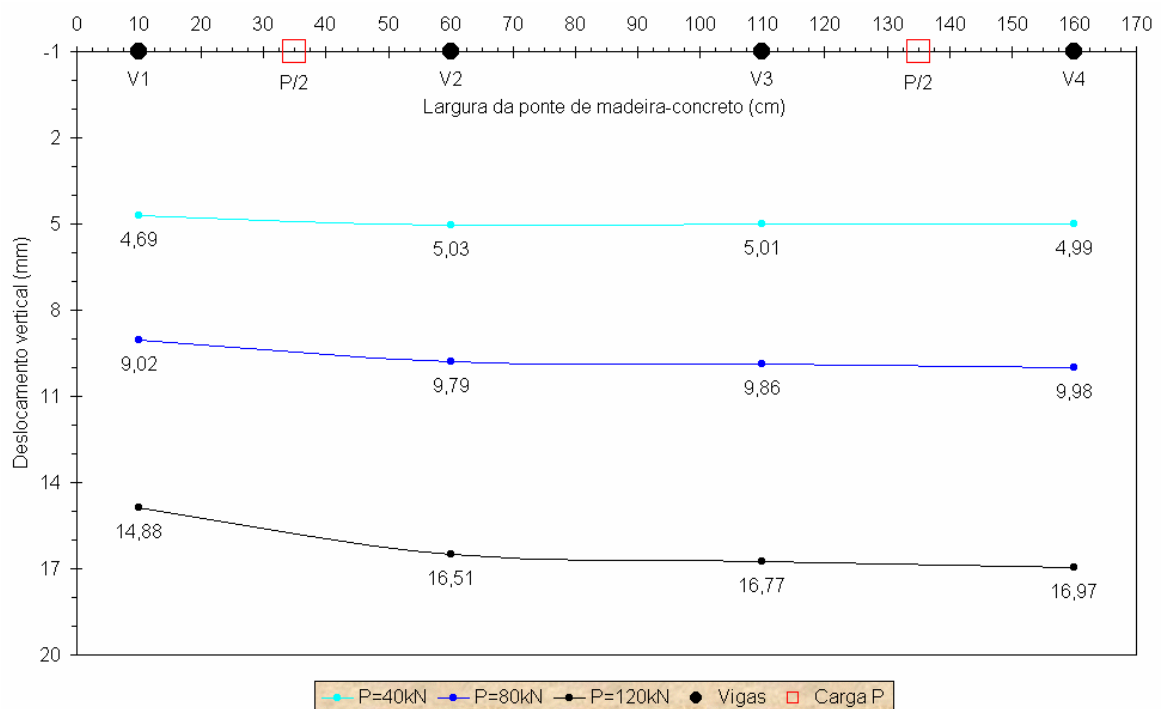
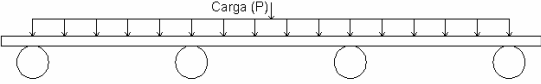

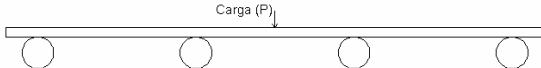

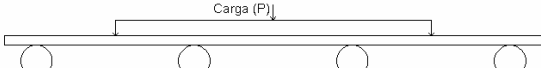


Figura 24 – Deslocamentos verticais das vigas de madeira na ponte mista, quando submetida a carregamentos pontuais  $P/2$ , simulado por trem-tipo com as rodas entre as vigas 1-2 e 2-3

Tabela 7 – Avaliação experimental da eficiência da ponte de madeira-concreto

$Efic\acute{e}ncia = \frac{(EI)_{ef}}{(EI)_{min}} \left( \frac{kN * cm^2}{kN * cm^2} \right)$	Tipos de carregamentos na ponte de madeira-concreto na se\c7\~ao central do v\~ao
(110 497 238) <sub>ef</sub> / (53 323 190) <sub>min</sub> =2,07	
(112 994 350) <sub>ef</sub> / (53 323 190) <sub>min</sub> =2,12	
(96 881 623) <sub>ef</sub> / (53 323 190) <sub>min</sub> =1,82	
(97 620 500) <sub>ef</sub> / (53 323 190) <sub>min</sub> =1,83	
(98 265 008) <sub>ef</sub> / (53 323 190) <sub>min</sub> =1,84	

## 6 – DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A montagem e concretagem do modelo reduzido permitiram conhecer o quanto é possível à construção desse tipo de estrutura mista, de uma forma rápida e eficiente. O ensaio experimental do modelo reduzido mostrou-se um pouco trabalhoso no sentido de se monitorar os pontos instrumentados para a aquisição dos dados de deformação e deslocamento vertical.

A rigidez experimental efetiva  $(EI)_{ef}$  do conjunto calculada pela Equação 11, é 40% maior do que a rigidez teórica para um  $\gamma$  igual a 0,63 calculada pela Equação 1 e de 12,5% maior, quando se utiliza rigidez teórica para um  $\gamma$  igual a 1, calculada pela Equação 1. O modelo teórico, utilizando o  $\gamma$  igual a 0,63 equipara-se em eficiência com o modelo experimental.

Para o cálculo da rigidez efetiva teórica utilizou-se a média equivalente dos valores dos deslocamentos verticais das vigas de madeira obtidos a cada carregamento. Esses carregamentos estavam situados ao longo da seção transversal central do modelo reduzido. Para os carregamentos localizados entre as vigas de madeira, não foi possível atingir o deslocamento vertical próximo de  $1/500$ , porque a laje de concreto acusava deformação próxima de 1‰ na região de tração.

As Figuras 20 a 24, que representam os gráfico carga x deslocamento vertical mostrou que ocorreu uma distribuição dos quinhões de carga para cada viga de madeira, e quando esse modelo foi carregado com o trem-tipo ou com a viga de distribuição pode-se verificar que cada viga contribuiu de forma igual para suportar os carregamentos.

Comprovou-se experimentalmente que a ligação utilizando esses modelos de pinos metálicos trouxe uma eficiência de mais de 80% para o conjunto. E que o modelo teórico utilizado nesse trabalho mostrou-se muito conservador.

## 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA SEGUNDINHO, P.G., MATTHIESEN, J.A. (2002). **Estudo de pinos de aço na ligação madeira-concreto**. Anais do VIII Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeira. CD-ROM. Uberlândia, MG. 2002.
- ALVIM, R. C., ALMEIDA, P.A.O. (2003). **Estudo paramétrico da rigidez efetiva dos pisos mistos de madeira-concreto**. Anais do V Simpósio EPUSP sobre Estruturas de Concreto. CD-ROM. São Paulo, SP. 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1997). **NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira**. ABNT. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). **NBR 6118 – Projeto e execução de obras de concreto armado**. ABNT. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). **NBR 7188 – Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre**. ABNT. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). **NBR 8522 – Concreto – Determinação do módulo de deformação estática e diagrama tensão-deformação – Método de ensaio**. ABNT. Rio de Janeiro.
- MATTHIESEN, J.A. (2002). **Estudo de vigas mistas T em concreto e madeira**. Anais da XXX Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural. CD-ROM. Brasília, DF. 2002.
- MATTHIESEN, J.A. (2000). **Estudo da ligação madeira-concreto com parafusos auto-atarrachantes comerciais**. Anais do VII Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeira. CD-ROM. São Carlos, SP. 2000.
- MATTHIESEN, J.A., ALCÂNTARA SEGUNDINHO, P.G. (2002). **Vigas mistas T de madeira-concreto com ligações de pinos de aço**. Anais do VIII Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeira. CD-ROM. Uberlândia, MG. 2002.
- SORIANO, J., DINTEN, C. M., TACITANO, M., MASCIA, N. T. (1998). **Análise teórico-experimental de uma viga de seção T em concreto-madeira**. Anais do VI Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeira. CD-ROM. Florianópolis, SC. 1998.
- SORIANO, J. (2001). **Estruturas mistas em concreto e em madeira: Análise de vigas e painéis e aplicações na construção civil**. Campinas, SP. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas.
- TACITANO, M. (2000). **Análise de vigas de seção T em madeira-concreto com ligação semi-rígida**. Campinas, SP. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Campinas.