

PASSARELA ESTAIADA DE MADEIRA COM DUAS TORRES

Francisco Antonio Rocco Lahr – PhD, Professor Titular, Dep. Eng. de Estruturas, Univ. São Paulo (São Carlos, SP), e-mail: frocco@sc.usp.br

Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho – PhD, Engo Civil, Dep. Eng. de Estruturas, Univ. São Paulo (São Carlos, SP), e-mail: p_gutemberg2001@yahoo.com.br

Antonio Alves Dias – PhD, Professor Doutor, Dep. Eng. de Estruturas, Univ. São Paulo (São Carlos, SP), e-mail: dias@sc.usp.br

Carlito Calil Junior – PhD, Professor Titular, Dep. Eng. de Estruturas, Univ. São Paulo (São Carlos, SP), e-mail: calil@sc.usp.br

RESUMO

Este artigo apresenta aspectos de projeto da passarela estaiada de madeira com duas torres de 6,10 m de altura, 45 m de comprimento, localizada no município de Brotas, Estado de São Paulo, Brasil, construída pela Prefeitura deste município, com projeto elaborado por integrantes do Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira (LaMEM), do Departamento de Engenharia de Estruturas (SET), Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade de São Paulo (USP). A estrutura da passarela é composta por fundação e berços de apoio feitos em concreto armado; por peças roliças de *Eucalyptus citriodora*, tratadas com CCA em autoclave, para as vigas principais; por tabuleiro de peças serradas de *Mezifaurus itauba*, que receberam pintura contra a demanda biológica. O cálculo foi baseado nos requisitos da norma brasileira para projeto de estruturas de madeira NBR7190 (1997). A passarela estaiada confirma a viabilidade do uso da madeira de reflorestamento, particularmente a utilizada nas peças principais, como excelente material estrutural, que apresenta baixo consumo energético, ótima relação resistência/peso e grande durabilidade, quando tratada.

Palavras-chave: Passarela de madeira, passarela estaiada, madeira de reflorestamento, *Eucalyptus citriodora*.

ABSTRACT

This paper presents design aspects of cable-stayed timber footbridge with two towers of 6,10 m, 45 m long, located in Brotas, São Paulo, Brazil, built by the Municipality of this city, whose project was prepared by members of the Wood and Timber Structures Laboratory (LaMEM), Department of Structural Engineering (SET), São Carlos Engineering School (EESC), São Paulo University (USP). The structure of the cable-stayed timber footbridge consists of foundation and support made of concrete; principal beams in *Eucalyptus citriodora* CCA-treated in an autoclave poles; deck made of *Mezifaurus itauba* pieces, with the painting process against biological demand. Brazilian Standard Code to timber structures design NBR7190 (1997) presents all the guidelines for design of this structure. The cable-stayed timber footbridge shows the feasibility of using wood reforestation, particularly the species used in the main parts, as an excellent structural material, which has low energy consumption, optimum ratio strength/weight and durability when treated.

Keywords: Timber footbridge, stayed footbridge, planted forests, *Eucalyptus citriodora*.

INTRODUÇÃO

O Parque dos Saltos é o cartão postal de Brotas, município do Estado de São Paulo, Brasil, e revela importância ambiental e turística. Localizado no perímetro urbano da cidade, é cortado por um rio que forma quedas e corredeiras, no qual periodicamente são realizados eventos ligados à prática de esportes de aventura, como campeonatos de rafting e canoagem. A área também é de importância histórica e arquitetônica, pois abriga um prédio de uma antiga usina hidrelétrica, atualmente destinada.

A travessia por pedestres sobre o rio possibilita, por meio desta passarela estaiada de madeira, uma segunda alternativa de caminhada nesta área de lazer. A primeira alternativa de travessia do rio era possível por meio de uma passarela pensil metálica construída próxima a usina, ainda para os trabalhadores acessarem o local de serviço. Diante da desativação da geração de energia elétrica e a posterior transformação da região numa área de visitação pública, houve a necessidade de se abrirem caminhos para possibilitar o acesso a vários locais do parque. Neste contexto foi construída a passarela, tendo a Prefeitura Municipal optado pela construção em madeira.

Este artigo apresenta aspectos do projeto e da execução da passarela estaiada de madeira Parque dos Saltos, composta

por duas torres de 6,10 m de altura, 45 m de comprimento, sendo dois tramos laterais de 10 m. A passarela ssarela foi construída com supervisão da Secretaria de Planejamento da Prefeitura de Brotas, cujo projeto foi elaborado por integrantes do Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira (LaMEM), Departamento de Engenharia de Estruras (SET), Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade de São Paulo (USP).

As ligações desta passarela seguem a tendência de utilização de elementos adequados ao processo de industrialização para as estruturas de madeira. A madeira utilizada na superestrutura é da espécie *Eucalyptus citriodora* oriunda de florestas plantadas e foi submetida a tratamento preservativo com CCA por processo de vácuo-pressão em autoclave para garantir maior longevidade repelindo o ataque insetos. A madeira *Mezifaurus itauba*, utilizada no tabuleiro na forma de peças serradas, foi obtida de área de floresta certificada e passou pelo processo de pintura a fim de ter uma vida útil mais prolongada.

MATERIAIS ADOTADOS

A estrutura da passarela estaiada de madeira projetada no LaMEM é composta por fundação e bases para apoio feitas em concreto armado; pelas peças de *Eucalyptus citriodora* tratadas com CCA em autoclave: duas torres principais com dois mastros cada de 36 cm de diâmetro e 6,10 m de altura; travamento dos mastros de 30 cm de diâmetro e 2,6 m de comprimento; longarinas de 30 cm de diâmetro com 10 m e

7,5 m de comprimento; transversinas com 30 cm de diâmetro e 3,4 m de comprimento; apoio do guarda-corpo com 12 cm de diâmetro e 2 m de comprimento; corrimão sobre guarda-corpo com 12 cm de diâmetro e 5 m de comprimento; fechamento do guarda-corpo com 8 cm de diâmetro e 2 m de comprimento. O tabuleiro foi feito de *Mezifaurus itauba* serrada com bitola de 4 x 16 x 280 cm que receberam processo de pintura. Estais de barras de aço *Dywidag* com 15 mm de diâmetro. Peças metálicas especiais e ligações: chapas, barras roscadas, parafusos, pregos, barras de aço zincadas a fogo e pintadas.

PROJETO

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DA PASSARELA

A estrutura da passarela mostrada nas Figs. 1 – 4 foi concebida como sistema estrutural estaiado com duas torres, sendo dois mastros por torre. A estrutura do tramo central da passarela com vão livre de 25 m foi concebida com longarinas duplas de 7,5 m e 10 m de comprimento presas aos estais. Os tramos laterais com vão livre de 10 m foram concebidos também com longarinas duplas de 10 m de comprimento. De cada mastro saem quatro estais, dois para cada lado, sendo que um dos estais externos é ancorado no berço de apoio da passarela para evitar o tombamento da torre para o lado de dentro do rio. A fundação foi executada em concreto armado, cujos mastros foram engastados nos blocos de fundação.

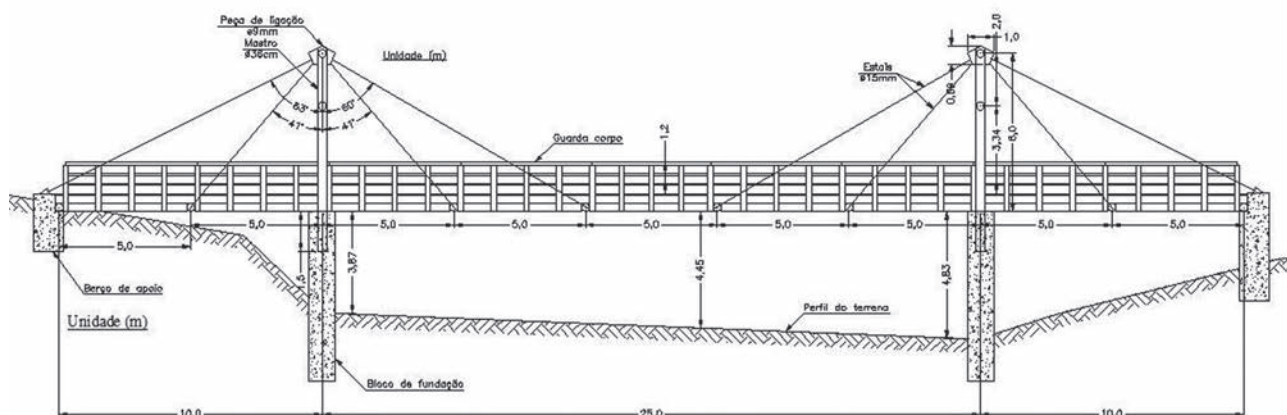


Figura 1 – Vista lateral da passarela

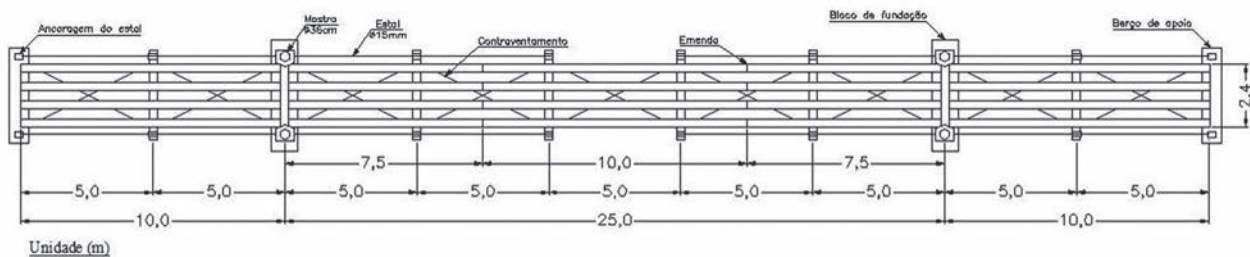


Figura 2 – Vista inferior do tabuleiro

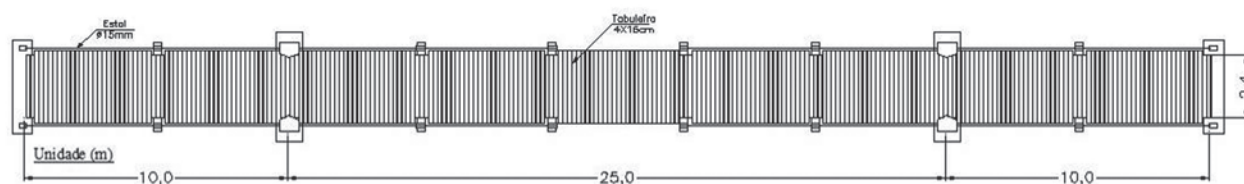


Figura 3 – Vista superior do tabuleiro

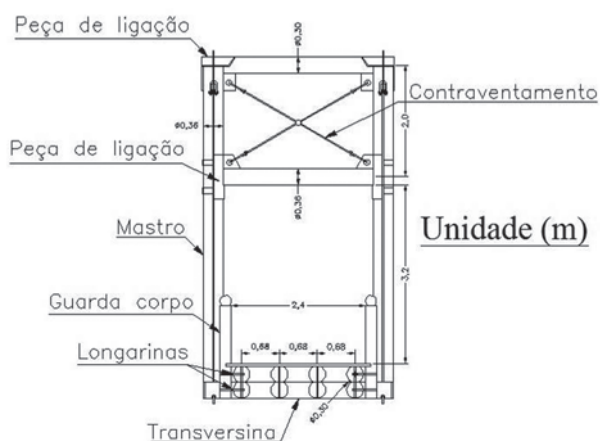


Figura 4 – Corte transversal da passarela

As peças de ligação, principalmente a dos estais no mastro, foram desenhadas em ambiente gráfico 3D por meio do programa AutoCAD® (marca registrada da Autodesk, Inc.), com a finalidade de visualizar como ficariam essas peças de ligação depois de prontas, conforme mostrado na Fig. 5.

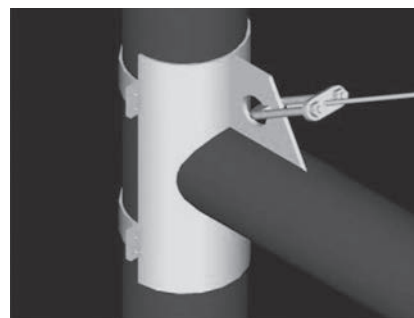
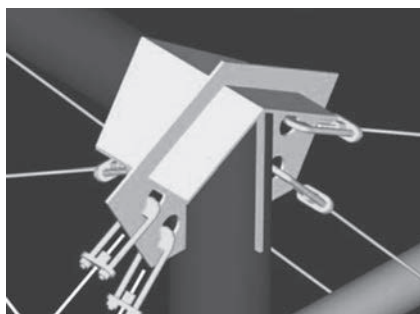


Figura 5 – Desenho das ligações nos muros da passarela

AÇÕES

O processo construtivo contemplou as situações de carregamentos nas verificações de segurança, por meio das combinações indicadas na norma brasileira de Ações e Segurança nas Estruturas, NBR 8681 (1984).

ANÁLISE ESTRUTURAL E DIMENSIONAMENTO

O levantamento dos esforços utilizados na elaboração do projeto foram obtidos por meio do programa de análise estrutural SAP2000® (2005), baseado no método dos elementos finitos. Os elementos estruturais e os secundários foram dimensionados atendendo às diretrizes da norma brasileira NBR 7190 (1997) – Projeto de Estruturas de Madeira. Na Fig. 6 tem-se, por exemplo, o levantamento dos esforços utilizado no dimensionamento da fundação.

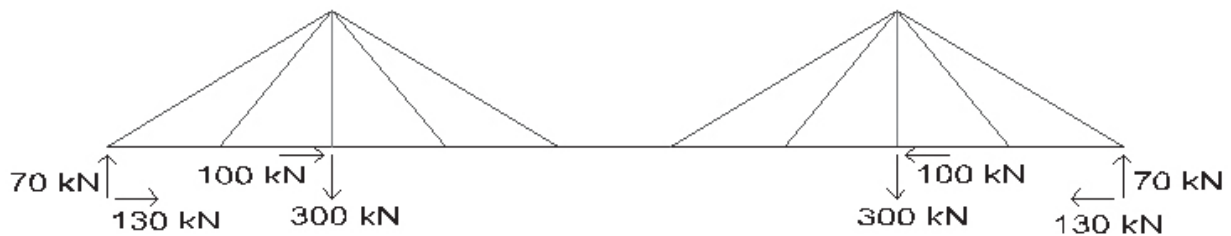


Figura 6 – Levantamento dos esforços utilizados no dimensionamento da fundação

PASSARELA CONSTRUÍDA

Nas Figs. 7 – 12 tem-se as fotos da passarela de madeira estaiada após a construção. A execução da passarela foi planejada para possibilitar que os elementos fossem confeccionados ao nível do solo e posicionados a partir das torres. Após o travamento das duas torres foram fixadas as longarinas, as transversinas e os estais. A rigidez horizontal da passarela foi garantida pelo sistema de contraventamento de barras de aço em “X” fixadas na parte superior da longarinas de peças duplas por meio de parafusos de aço galvanizado.



Figura 7 – Vista longitudinal da passarela Parque dos Saltos, Brotas, SP



Figura 8 – Bloco de fundação e mastros compondo uma torre da passarela



Figura 9 – Ligações nos mastros da passarela



Figura 10 – Ligações dos estais nas transversinas e longarinas de peças duplas



Figura 11 – Ancoragem dos estais externo no berço de apoio



Figura 12 – Vista superior da passarela Parque dos Saltos, Brotas, SP

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). NBR 8681 – Ações e Segurança nas Estruturas, Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1997). NBR 7190 – Projeto de Estruturas de Madeira, Rio de Janeiro.

SAP2000 (2005). Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures. Computers and Structures, Inc., Berkeley, California, USA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A passarela estaiada de madeira mostra a viabilidade do uso da madeira de reflorestamento, renovável, particularmente a espécie *Eucalyptus citriodora*, como sendo um excelente material estrutural, que apresenta baixo consumo energético, ótima relação resistência/peso e grande durabilidade, quando tratada.

A norma brasileira NBR7190 (1997) – Projeto de Estruturas de Madeira, apresenta todos os conceitos para projeto e dimensionamento das estruturas de madeira.

A estrutura mostrou-se adequada ao ambiente, pois o material empregado na construção não oferece contraste com a paisagem de uso dessa obra pública. Sem dúvida, as estruturas de madeira poderiam ser mais utilizadas nesses empreendimentos.