

PONTES PROTENDIDAS DE MADEIRA: UMA ALTERNATIVA PARA AS VIAS RURAIS

Fernando Sérgio OKIMOTO¹ e Carlito CALIL² Junior

RESUMO: Este trabalho tem por finalidade a apresentação do sistema construtivo de pontes de madeira com tabuleiro protendido como uma alternativa técnica e econômica para a utilização em vias rurais.

PALAVRAS-CHAVE: Pontes, Protensão, Madeira

ABSTRACT: The aim of this work is to present the stressed-laminated timber deck bridge constructive system as technical and economic alternative for secondary roads.

KEYWORDS: Bridge, Timber, Stress-Laminated

DESCRIÇÃO DO SISTEMA: O conceito de pontes de tabuleiro laminado protendido surgiu no Canadá, na região de Ontário, em 1976 onde o sistema de tabuleiro de ponte utilizado era o laminado pregado. O sistema laminado pregado consiste em vigas de madeira serrada posicionados, ao longo do vão, uma adjacente a outra e conectadas por pregos. Devido ao carregamento cíclico e as condições químicas impostas ao sistema surgiram diversos problemas que comprometiam o desempenho e a função para os quais foram projetados. Um dos problemas encontrados foi a delaminação dos tabuleiros laminados pregados que corresponde a perda de continuidade transversal do tabuleiro por separação das peças ou por ineficiência do sistema de distribuição das ações. Como a funcionalidade estrutural deste sistema depende da capacidade de transferência das ações da roda entre as lâminas adjacentes, apenas as vigas imediatamente abaixo das rodas eram solicitadas. A solução aplicada foi a implementação de um novo sistema de transferência transversal nestes tabuleiros pela utilização de barras posicionadas transversalmente ao tabuleiro e submetidas a um tensionamento que comprime as vigas de madeira fazendo com que surjam propriedades de resistência e elasticidade na direção transversal. A figura 1 apresenta detalhes do sistema de protensão no tabuleiro.

APLICAÇÃO DO SISTEMA: Taylor (1988) apresenta um histórico da aplicação do sistema laminado protendido, no Canadá (até 1986), na recuperação e reforço de pontes existentes e, na construção de novos projetos ou substituição de estruturas deficientes. Foram 9 pontes recuperadas e 11 pontes novas.

Foi possível perceber a flexibilidade do sistema (Taylor, 1988) mediante as diferentes situações de substituição (ou construção nova) em que o sistema foi aplicado. Em 1986, nos Estados Unidos, aproximadamente metade das pontes estavam funcional e/ou

¹ Mestrando, Departamento de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos (EESC)-USP, São Carlos - Brasil. Email: okimoto@sc.usp.br

² Prof. Dr., Departamento de Estruturas, EESC - USP, São Carlos - Brasil. Email: calil@sc.usp.br

estruturalmente deficientes. Cerca de 75% destas eram pontes de rodovias secundárias ou rurais. O custo estimado de substituição das pontes deficientes era de US\$18,8 bilhões³. Por isso havia a necessidade de novas soluções para a construção e manutenção de pontes. O Forest Service (FS) pertencente ao USDA (United States Department of Agriculture - Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) tinha, nesta época, sobre sua responsabilidade cerca de 10000 pontes rodoviárias (de 100 a 250 pontes adicionadas ao sistema anualmente) onde a maioria fora construída em madeira. Portanto, era de seu interesse a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias que implementasse melhor performance às pontes (Mccutcheon, Gutkowski & Moody - 1986). Ritter, M. (1996)⁴ afirma que nos Estados Unidos, até 1996, foram construídas cerca de 2500 pontes laminadas protendidas. A aplicação do conceito de protensão transversal em tabuleiros em madeira para pontes tem sido estudada e utilizada em várias partes do mundo. Taylor & Keith (1994) apresentam algumas pontes construídas com este sistema na Austrália e citam a possibilidade de que na Suíça esteja sendo desenvolvido a critérios normativos para o sistema em MLP. No Japão também foi utilizado o sistema (Usuki et al. - 1994) na Yunosawa Bridge em 1993. A durabilidade é um dos fatores decisivos no momento da avaliação da viabilidade técnica e econômica de um sistema construtivo e seus materiais. Csagoly & Taylor⁵ *apud* Taylor & Walsh (1983) afirmam que a expectativa de vida útil do protótipo Fox Lake Road era de 50 anos. Com relação ao custo, Taylor & Walsh (1983) afirmam que o MNR⁶ estimou o custo do protótipo Fox Lake Road ficou em torno de 2/3 (dois terços) da proposta original em estrutura de aço. Portanto o sistema tornou-se uma alternativa viável para construção de novas pontes de pequenos vãos (Taylor⁷ *apud* Taylor & Walsh, 1983). Taylor (1988) diz que o custo estimado para tabuleiros novos na substituição de tabuleiros deficientes é da ordem de US\$370 por m², incluindo asfalto, guarda-rodas e guarda-corpos novos. Nos sistemas onde implementou-se perfis de aço e selantes de junta o custo subiu para US\$450 por m². A leveza dos sistema, para novas construções, pode minimizar o custo da superestrutura (tabuleiro sobre vigas ou treliças) e/ou da infraestrutura. No Brasil, um orçamento efetuado pelo LaMEM⁸ (1995) estimou o custo do material da superestrutura (madeira e sistema de protensão) da ponte em R\$100,00 por metro quadrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

McCUTCHEON, W.J.; GUTKOWSKI, R.M. & MOODY, R.C. **Performance and Rehabilitation of Timber Bridges**. Transportation Research Record, TRB, n°1053.

³ HIGHWAY BRIDGE REPLACEMENT AND REHABILITATION PROGRAM. 3rd Annual Report of the Secretary of Transportation to the Congress of the United States in Compliance With Section 144 (I), Chapter 1 of Title 23, U.S. Code, Washington D.C., 1982. *apud* OLIVA, TUOMI & DIMAKIS (1986)

⁴ RITTER, M. (USP. EESC. LaMEM). Comunicação Pessoal, 1996.

⁵ CSAGOLY, P.F. & TAYLOR, R.J. A Structural Wood System for Highway Bridges. International Association for Bridge and Structural Engineering, Viena, Austria, 1980.

⁶ ASKI News Publication. Ontario Ministry of Natural Resources, Sudbury, Ontario, Vol. 9, N° 1, Jan. 1983.

⁷ TAYLOR, R.J.; BATCHELOR, B.V. & DALEN, K.V. Prestressed Wood Bridges. Structural Research Report SRR-83-01. Ontario Ministry of Transportation and Communications, Downsview, Ontario, Canada, 1983.

⁸ Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira - Departamento de Engenharia de Estruturas - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo.

- Washington, D.C. National Research Council, pg 65-69. 1986.
- MUCHMORE, F.W. **Designing Timber Bridges for Long Life**. Transportation Research Record, TRB, n°.1053. Washington, D.C. National Research Council, pg 12-17. 1986.
- TAYLOR, R.J. & CSAGOLY, P.F. **Transverse Post-Tensioning of Longitudinally Laminated Timber Bridge Decks**. Research Report, RR220. Ontario Ministry of Transportation and Communications, OMT. Downsview, Ontario, Canada. 1979.
- TAYLOR, R.J. & WALSH, H. **Prototype Prestressed Wood Bridge**. Transportation Research Record, TRB, n°.950. Washington, D.C. National Research Council, pg 110-122. 1983.
- TAYLOR, R.J. **Field Applications of Prestress Laminated Wood Bridge Decks**. Canadian Journal of Civil Engineering, CJCE. V15, N03, pgs 477-485, Junho 1988.
- TAYLOR, R.J. & KEITH, J. **The Past, Present and Future of Stress Laminated Timber Bridges**. Pacific Timber Engineering Conference, PTEC. Gold Coast, Austrália. Volume 2, pgs 113-122. Julho 1994.
- USUKI, S. et al. **Stress Laminated Timber Deck Bridges in Japan**. Pacific Timber Engineering Conference, PTEC. Gold Coast, Austrália. Volume 2, pgs 156-161. Julho 1994 .

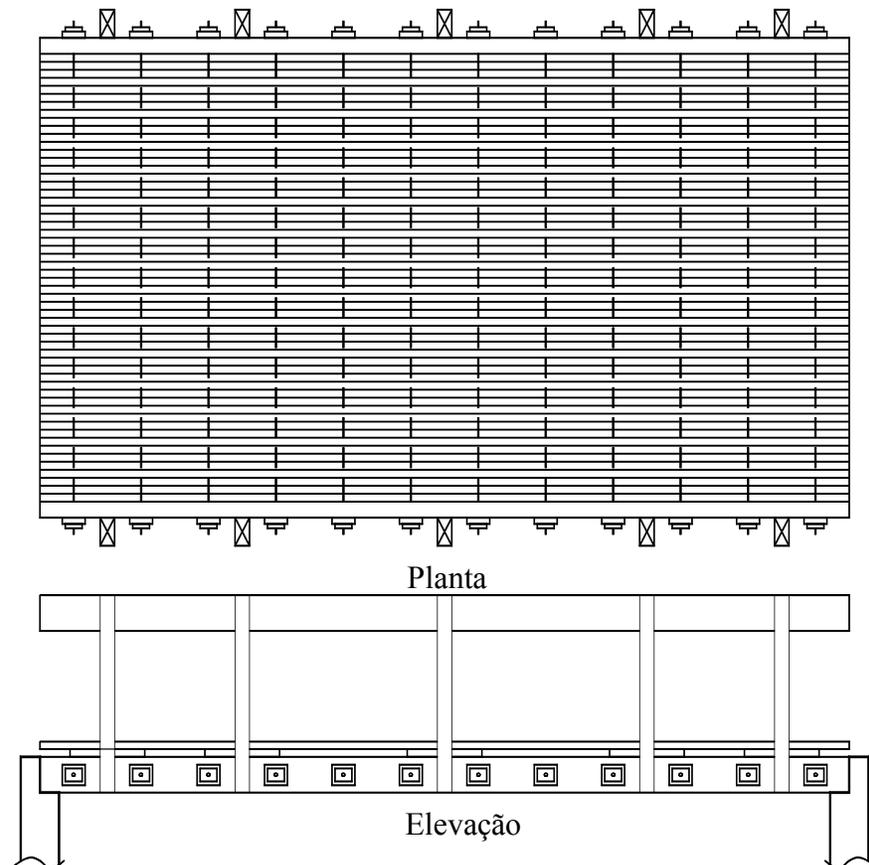


FIGURA 1 - Sistema de Tabuleiro Protendido Transversalmente.