

UTILIZAÇÃO DA MADEIRA EM CONSTRUÇÕES RURAIS

Carlito Calil Júnior¹ e Antonio Alves Dias²

RESUMO

Este trabalho apresenta algumas recomendações para o uso da madeira em construções rurais, com ênfase para pontes e coberturas. São apresentados sistemas estruturais e construtivos de pontes para pequenos e médios vãos utilizando postes roliços, que são os mais adequados para pontes de estradas vicinais. Uma introdução do sistema estrutural e construtivo de pontes com protensão transversal é também apresentada. As estruturas para cobertura são introduzidas com ênfase à industrialização do sistema construtivo, por ser tendência natural da construção civil, já consagrada no meio internacional; são apresentados, também, os aspectos principais da nova norma NBR7190 (1997) – Projeto de Estruturas de Madeira, relacionados à preservação da madeira para fins estruturais.

Palavras-chave: pontes de madeira, coberturas, estruturas de madeira

USE OF TIMBER IN RURAL CONSTRUCTION

ABSTRACT

This work presents some recommendations about the use of timber in rural constructions with emphasis on bridges and roof structures. Log stringer beams, simple and composed, are presented for use in timber bridges. An introduction of prestressed timber bridges is also presented. Roof timber structures using gang nail connectors constructive system are explained due to natural tendency of civil construction, already in established industrial countries. Details about wood preservation with reference to our new Brazilian Code are also presented.

Key words: timber bridges, roofs, timber structures

INTRODUÇÃO

A madeira é mais antiga que a história da humanidade. A idade da pedra, do ferro e do bronze é parte do progresso da humanidade, mas a madeira, fonte renovável, tem permanecido em moda e, como material de construção, é abundante, versátil e facilmente obtida; sem ela, a civilização teria sido impossível. Quase metade da área do Brasil é floresta e, se tecnologicamente manipulada e protegida de desastres naturais causados por fogo, insetos e doenças, as florestas durarão para sempre; a medida em que as árvores mais antigas são retiradas, elas são, também, substituídas por árvores novas para reabastecer a oferta de madeira para as gerações futuras. O ciclo de regeneração, ou campo de sustentação, pode ser igual ou superar o volume que está sendo utilizado.

A alta resistência da madeira em relação ao seu baixo peso e o baixo consumo energético necessário para sua produção, são propriedades essenciais de materiais estruturais, principalmente para utilização em construções rurais. A Tabela 1 ilustra essas propriedades comparadas com outros materiais tradicionais na construção, como o aço e o concreto, e, conforme pode ser observado, a relação resistência/densidade para a madeira é cerca de 3 vezes maior que para o aço e de 10 vezes maior que para o concreto. Em termos de energia necessária para a produção e da relação energia/resistência, a madeira apresenta grande vantagem em relação ao aço e ao concreto, mostrando ser o mais ecológico desses materiais.

Contrariamente à crença popular, grandes peças de madeira têm boa resistência ao fogo, muito melhor que outros materiais em condições severas de exposição. A Figura 1 ilustra

¹ Professor Titular da Escola de Engenharia de São Carlos-USP. Av. Dr. Carlos Botelho 1465 – CEP 13.560-250 - São Carlos, SP; tel/fax: 016-2749263; E-mail: calil@sc.usp.br.

² Professor Doutor da Escola de Engenharia de São Carlos-USP; tel/fax: 016-2749263; E-mail: dias@sc.usp.br.

Tabela 1. Comparação entre os materiais estruturais mais utilizados em construções

Material	Densidade (KN/m ³)	Energia para produção (MJ/m ³)	Resistência (MPa)	Módulo de Elasticidade (MPa)	Relação Energia/Resistência	Relação Resist/Densidade	Relação Módulo/Densidade
Concreto	24	1920 (óleo)	20 ³	20000	96	0,83	833
Aço	78	234000 (carvão)	250 ⁴	210000	936	3,21	2692
Madeira conífera	6	600 (solar)	50 ⁵	10000	12	8,33	1667
Madeira dicotiledônea	9	630 (solar)	90 ⁵	25000	7	10,00	2778

³ Resistência característica da compressão usual para concretos usinados

⁴ Tensão de escoamento para o aço ASTM A-36

⁵ Valor médio da resistência a compressão paralela às fibras

esta propriedade, mostrando o resultado de um incêndio no qual uma viga de aço, após perder toda a resistência e a conformação geométrica inicial, está sendo sustentada por uma viga de madeira carbonizada; isto se explica, pois a camada de carvão que se forma externamente nas peças de madeira e o fato da madeira ser mau condutor de calor, evitam que a temperatura interna nas peças aumente demasiadamente, mantendo parte de sua resistência.

Outra vantagem da madeira é a sua grande capacidade de isolamento térmica, proporcionando conforto às habitações construídas.

Do ponto de vista econômico, a madeira é competitiva com outros materiais, em base de custos iniciais, e apresenta

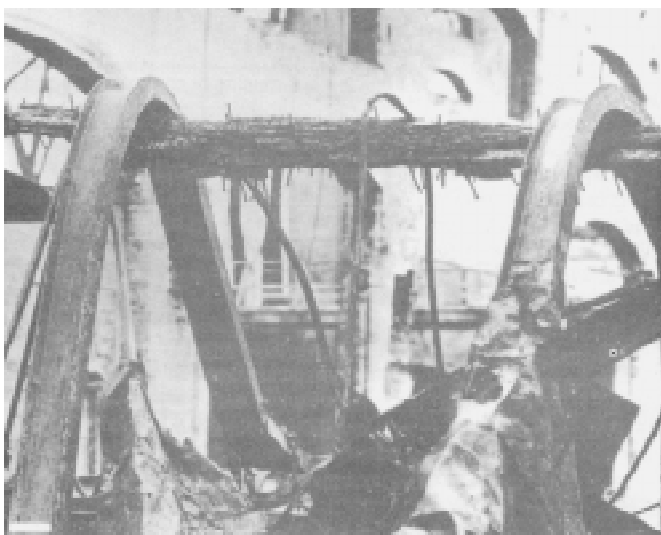


Figura 1. Incêndio em um edifício (Fonte: Ritter, 1992).

vantagens quando comparado seu custo a longo prazo. O preço da madeira de reflorestamento (eucalipto) com tratamento preservativo em autoclave se situa ao redor de R\$250,00/m³,

enquanto o do concreto armado pode ser estimado em R\$500,00/m³, sendo que o volume de material gasto, quando se emprega madeira, é menor, pois as peças de madeira apresentam menor área que as de concreto.

BIODETERIORAÇÃO DA MADEIRA

A idéia equivocada de que a madeira tem vida útil pequena, a tem negligenciado como material de construção. Embora seja susceptível ao apodrecimento e ao ataque de insetos sob condições específicas, ela é um material muito durável quando utilizada com tecnologia e tratamento preservativo, pois pode ser efetivamente protegida contra deterioração, por período de 50 anos ou mais; além disso, a madeira tratada com preservativos requer pouca manutenção e pintura.

Os detalhes de projetos construtivos são outro fator a salientar pois podem garantir melhor durabilidade à madeira evitando, quando possível, a presença da umidade em peças de madeira.

No projeto de estruturas de madeira devem ser consideradas as seguintes situações de risco de biodeterioração (NBR7190 – Projeto de estruturas de madeira, da Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997):

- situação 1: caracterizada pelas condições em que a madeira está inteiramente protegida das intempéries e não sujeita à reumidificação;
- situação 2: caracterização pelas condições em que a madeira está inteiramente protegida das intempéries, mas sujeita à reumidificação ocasional;
- situação 3: caracterizada pelas condições em que a madeira não está protegida das intempéries, ou está protegida mas sujeita à reumidificação frequente;
- situação 4: caracterizada pelas condições em que a madeira está permanentemente em contato com o solo ou com a água doce;
- situação 5: caracterizada pelas condições em que a madeira está permanentemente em contato com água salgada.

Na Tabela 2 estão indicados os principais agentes biológicos de deterioração da madeira, em função das situações de risco de deterioração.

Tabela 2. Agentes biológicos em função das situações de risco de deterioração

Situação de Risco	Agentes Biológicos ¹					
	Fungos Apodrecedores		Fungos Marchadores e Emboladores Azulão	Insetos		Furadores Marinhos
	Basídio Micetos	Podridão Mole		Besouros	Cupins	
1	-	-	-	L	L	-
2	U	-	U	L	L	-
3	U	-	U	L	L	-
4	U	U	U	L	L	-
5	U	U	U	L	L	U

⁶ U = presente; L = pontos localizados

A preservação da madeira pode ser feita pela aplicação dos seguintes recursos: pincelamento, aspersão, pulverização, imersão, banho quente-frio, substituição de seiva e autoclave (pressão).

Os quatro preservativos de ação prolongada responsáveis por cerca de 80% da madeira tratada no mundo, são:

- creosoto
- pentaclorofenol
- CCA (Cromo - Cobre - Arsênio)
- CCB (Cromo - Cobre - Boro).

Até a elaboração de norma específica a respeito da preservação da madeira e em virtude da grande variabilidade da incidência de agentes biológicos de deterioração da madeira e pela existência de espécies com boa durabilidade natural, recomenda-se, na falta de outras informações, que as dicotiledôneas sejam tratadas por pincelamento e as coníferas por impregnação em autoclave.

PONTES DE MADEIRA PARA O MEIO RURAL

A madeira é um excelente material para a construção de pontes em estradas vicinais no meio rural, para pequenos e médios vãos, não só pela freqüente disponibilidade como, também, pelo seu potencial de resistência e durabilidade, o que a torna economicamente interessante.

A alternativa mais simples para a construção de pontes de madeira é a utilização de postes com as seções da base e do topo dispostas alternadamente, com o objetivo de se obter uma rigidez mais uniforme da estrutura; esses postes não devem estar espaçados mais que um metro.

O tabuleiro é constituído por peças dispostas transversalmente, que podem ser serradas e falquejadas, ou por postes de menor dimensão que as vigas principais; neste último caso, torna-se necessária a regularização da pista de rolamento, o que pode ser feito com uma camada de concreto ou cascalho.

São necessárias ligações adequadas entre os elementos longitudinais e transversais da ponte, aumentando a rigidez transversal do conjunto e possibilitando melhor distribuição transversal das cargas de roda do veículo (Dias, 1987; Mathiesen, 1987) o que proporciona redução nos valores dos esforços solicitantes e dos deslocamentos verticais.

A posição do veículo mais desfavorável para a estrutura é quando o mesmo se encontra deslocado para as laterais. Esta situação pode ser contornada dispondo-se de guarda-rodas, de modo a não permitir a passagem de rodas de veículos diretamente sobre as vigas externas, ou se utilizando postes com maiores dimensões para as vigas.

O comprimento dessas pontes com postes é limitado em função das cargas que irão suportar; o mais comum são vãos

livres, entre 5 e 12 metros (Calil, 1996); como exemplo, a Figura 2 apresenta ponte sobre o Rio Corumbataí, com 22 metros de comprimento (2 tramos com 11 metros de vão livre) e vigas principais constituídas por 8 postes longitudinais da espécie eucalipto, construída em 1985.



Figura 2. Ponte sobre o Rio Corumbataí.

Para suportar cargas móveis com valores mais elevados, podem ser utilizadas vigas compostas por postes. A utilização de postes interligados por anéis metálicos, constituindo uma viga bicircular (Figura 3) possibilita a obtenção de elemento estrutural com grande rigidez à flexão, a partir de postes com dimensões comerciais. Segundo Hellmeister (1978) a viga bicircular apresenta eficiência de 80% quanto ao momento de inércia, de forma que na composição de dois postes interligados por anéis metálicos se obtém inércia equivalente à de oito postes isolados.

A montagem da viga bicircular requer, após a regularização

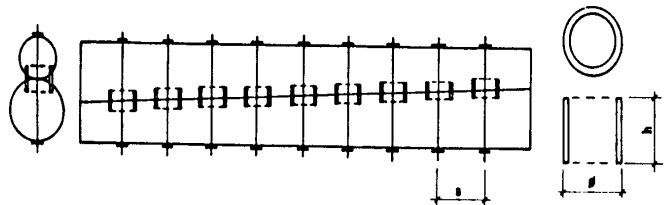


Figura 3. Viga bicircular, composta por postes interligados com anéis metálicos.

das superfícies de contato dos postes, a imobilização relativa entre os mesmos, para efetuar furação que serve como guia para a ferramenta utilizada na confecção dos sulcos onde, posteriormente, serão cravados os anéis metálicos; nesses furos-guia são colocados parafusos.

Para simplificar o processo de montagem da viga bicircular, podem ser utilizados tarugos metálicos para a transmissão do cisalhamento entre os postes, em substituição aos anéis metálicos; neste caso, os tarugos são dispostos em sulcos transversais que podem ser efetuados com moto-serra. Experimentação conduzida em protótipo mostrou a menor eficiência deste sistema em comparação aos anéis metálicos, em termos de rigidez à flexão.

As vigas bicirculares devem ser dispostas com espaçamento em torno de 1,5 metros entre elas.

A pista de rolamento dessas pontes pode ser constituída

por postes com diâmetro entre 15 a 20cm, dispostos transversalmente à direção das vigas principais. A ligação dos postes transversais nessas vigas é executada com tiras de aço fixadas alternadamente nas vigas e nos postes transversais. Uma camada de concreto simples regulariza a pista de rolamento. Revestimento posterior com concreto asfáltico protege o concreto simples contra o esfacelamento e impermeabiliza a pista de rolamento, fornecendo proteção adicional aos postes contra o apodrecimento (Figura 4).

Com base neste sistema construtivo, o Laboratório de

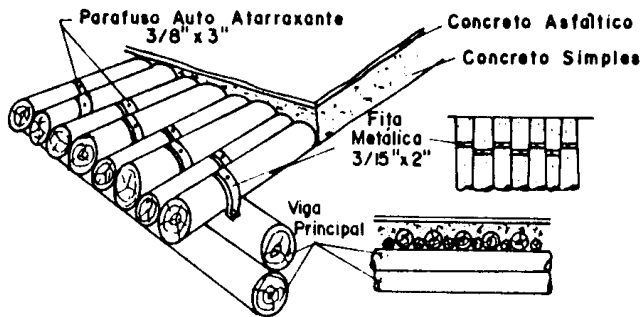


Figura 4. Fixação do tabuleiro e regularização da pista de rolamento.

Madeiras e de Estruturas de Madeira (LaMEM) da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, já projetou várias pontes de madeira.

O sistema estrutural mais elementar, que é o de vigas simplesmente apoiadas, apresenta o inconveniente da limitação do vão máximo que pode ser empregado. O sistema estrutural em pórtico é interessante de ser utilizado para vãos livres, ao redor de 20 metros. A Figura 5 apresenta ponte construída sobre o Rio Vespasiano, em 1983; esta ponte possui 34 metros de comprimento, sendo 20 metros de vão livre, utilizando o sistema em pórtico e 4 vigas principais, constituídas por postes de eucalipto citriodora.



Figura 5. Ponte sobre o Rio Vespasiano.

No sistema em pórtico a viga principal está escorada por diagonais. As diagonais devem ser dispostas de forma que a relação entre os vãos laterais e central do pórtico deve ser em torno de 3:4. Este sistema, ao contrário do de vigas simplesmente apoiadas, tem o inconveniente de necessitar de grande diferença entre o nível superior da ponte e o nível da água para implantação.

Um sistema estrutural atualmente em destaque no exterior (originária do Canadá, já se expandiu para os Estados Unidos, Austrália e Japão) por se tratar de um sistema construtivamente simples e de baixo custo, é o de pontes protendidas

transversalmente (Okimoto (1997); Prata (1994); Dias & Nascimento (1993). Este sistema estrutural consiste na união de vigas no sentido longitudinal (laminação vertical) através da compressão transversal das peças, utilizando-se barras de aço com alta resistência. Forma-se, portanto, uma placa de madeira sem a necessidade de utilização de longarinas e transversinas, dando à ponte a configuração de uma placa. A protensão permite transferência lateral do esforço cortante vertical entre lâminas através do atrito entre as peças.

A Figura 6 apresenta um esquema da ponte laminada protendida transversalmente, com seção transversal constante, indicada para vãos livres de até 10 metros.

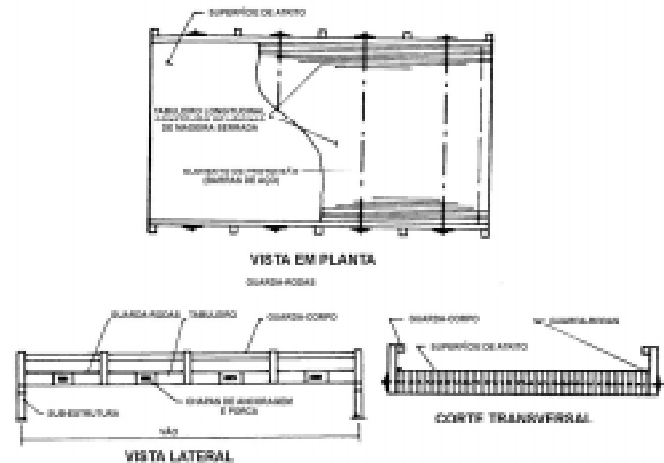


Figura 6. Ponte laminada protendida.

COBERTURA EM ESTRUTURAS DE MADEIRA

A escolha do sistema estrutural treliçado em coberturas para a construção em madeira é, provavelmente, mais comum que com qualquer outro material estrutural devido, talvez, a longa tradição no uso da madeira para este elemento de estrutura ou, possivelmente, por causa da relativa facilidade com que formas usuais treliçadas podem ser fabricadas e montadas em madeira. Muitos dos perfis considerados tradicionais são ainda especificados por razões arquitetônicas e o engenheiro precisa estar familiarizado com as formas modernas e tradicionais do projeto de treliças.

A função estrutural da treliça é receber e transferir as cargas dos pontos de aplicação (usualmente terças) para os pontos de apoio, de modo eficiente e econômico. Esta eficiência depende da escolha de um perfil adequado e coerente com as necessidades arquitetônicas, além de compatível com as condições de carga. Perfis típicos idealizados para três condições de carga são mostrados na Figura 7 (Calil, 1994).

Com um sistema simétrico de carregamento (particularmente importante no segundo caso da Figura 7, que é um pórtico de quatro pinos e, portanto, instável) em cada caso idealizado, a transferência do carregamento é realizada sem barras internas, em virtude do perfil do banzo coincidir com o momento fletor na condição de simplesmente apoiado ou à curva de pressão das cargas aplicadas. Infelizmente, não é possível usar este perfil omitindo-se as barras internas, devido

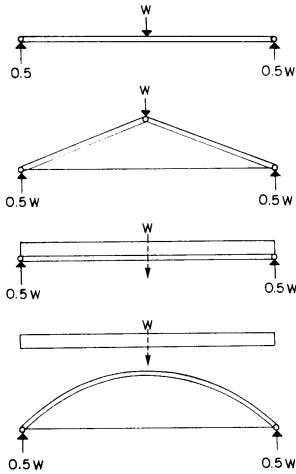


Figura 7. Perfis idealizados para três condições de carga.

às condições assimétricas de carga, que aparecem das ações de vento ou das ações permanentes. Condições assimétricas podem também ocorrer pelas condições de construção e montagem; entretanto, o engenheiro pode tentar usar o perfil da treliça com geometria próxima à do perfil ideal (diagrama de momento) adicionando um sistema de barras capaz de estabilizar as cargas assimétricas. Desta maneira, os esforços nas barras internas e nas conexões são minimizados com um projeto simples e econômico.

O engenheiro vai encontrar, certamente, casos em que o perfil arquitetônico necessário é conflitante com o perfil preferido estrutural e, portanto, altas tensões podem aparecer nas barras internas e nas conexões. A economia pode, então, ser alcançada pela adoção do mais adequado sistema estrutural das barras internas, nas quais é necessário criar um balanço econômico entre material e mão-de-obra. A configuração das barras internas deve fornecer comprimentos entre os nós das barras na treliça e nos banzos, de tal modo a reduzir o número de nós; por outro lado, a relação do índice de esbeltez dos banzos comprimidos e das diagonais internas não pode ser excessiva, a flexão local nos banzos não pode ser muito grande e o ângulo entre diagonais e os banzos não pode ser muito pequeno.

O engenheiro é, em geral, influenciado por considerações arquitetônicas pelo tipo e comprimento das telhas, pelas condições de apoio, vão e economia e, provavelmente, escolhe um dos tipos básicos de treliça: banzo inclinado para uma ou duas águas (Figura 8), treliça bowstring (Figura 9), belfast (Figura 10) ou de banzos paralelos (Figura 11).

A forma mais comum para uso doméstico e industrial é a treliça de banzo inclinado (Figura 8) cuja forma acompanha o diagrama de momento razoavelmente bem e é compatível com materiais tradicionais de cobertura, como as telhas para uso doméstico e chapas corrugadas para aplicações industriais. Parte da carga aplicada é transferida diretamente através das barras dos banzos para os nós de apoio, enquanto as barras internas transferem cargas de valores relativamente pequenos para médio, e os nós podem, quase sempre, ser projetados para resistir a estas cargas, com pouca dificuldade. Treliças de uma água são, em geral, adequadas para vãos de até a 9m; acima deste vão a

altura vertical é, quase sempre muito grande, por razões arquitetônicas, mesmo se a inclinação da treliça é reduzida abaixo da inclinação necessária da telha e, portanto, necessário o uso de manta betuminosa. Treliças domésticas de duas águas são para vãos de até 12m e treliças industriais para até 15m; acima

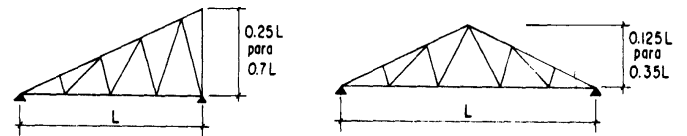


Figura 8. Treliça de banzos inclinados.

desse vão torna-se difícil o transporte.

Para grandes vãos e uso industrial, as treliças bowstring (Figura 9) podem ser muito econômicas, o que pode ser considerado alternativa para a tradicional treliça toda pregada belfast (Figura 10). Com carga uniforme e nenhuma grande carga concentrada, o perfil do banzo superior resiste a toda carga aplicada e vãos de até 30m não são incomuns. Um perfil parabólico é a escolha mais eficiente, teoricamente, para suportar cargas uniformes, mas considerações práticas de montagem a tornam, em geral, mais conveniente ou necessária pela adoção de um perfil circular para o banzo superior. O banzo superior é usualmente laminado (não necessariamente, com quatro ou mais barras) usando-se grampos de pressão ou pregos de pressão para a montagem. A curvatura pode ser introduzida enquanto laminado ou, alternativamente, o banzo pode ser fabricado reto e então curvado para a requerida curvatura. O projetista precisa tomar o cuidado com o método de fabricação, ou ele será incapaz de dar as corretas tensões de curvatura. As menores tensões radiais ocorrem se a curvatura é introduzida durante a laminação.

Com treliças de banzo inclinado, os momentos secundários no banzo superior devem ser evitados, quando possível, pela colocação de terças sobre os nós. Com treliças bowstring, as terças devem ser colocadas entre os nós, deliberadamente, criando um momento secundário para anular

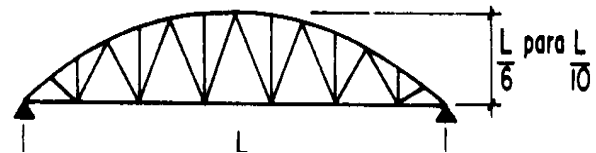


Figura 9. Treliça bowstring.

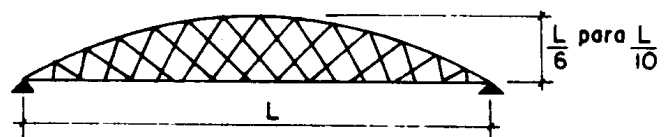


Figura 10. Treliça belfast.

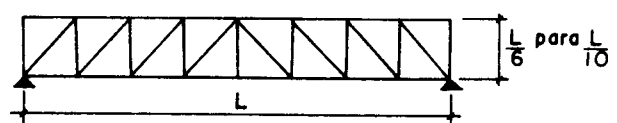


Figura 11. Treliça de banzos paralelos.

o momento causado pelo produto da carga axial tangencial e a excentricidade do banzo.

INDUSTRIALIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE MADEIRA PARA COBERTURA

Entusiasmados com o próprio talento e com a criatividade para solucionar sistemas construtivos, os irmãos Carl e William Jureit fundaram, nos Estados Unidos, em 1954, a ABC – Automated Building Components Inc., companhia especializada em industrializar a produção de estruturas de madeira. Ao longo do tempo, a empresa se defrontou com um desafio: o alto custo e a complexidade do processo de unir as estruturas de madeira, que envolviam encaixes, cavilhas, chapuzes e guias para a fixação lateral de pregos. Tais inconvenientes a levaram a fazer um amplo e rigoroso reestudo. Após anos de minuciosas pesquisas, a ABC desenvolveu uma “chapa de aço dentada” a partir de um processo de estampagem que produzia a peça num só corpo. Encontrada esta forma básica, os esforços foram concentrados na tecnologia de fabricação dos “dentes” para aprimorar a fixação da chapa e, também, para proteger a madeira, conservando sua estrutura e resistência após o cravamento. Era o último passo para se chegar à solução de um produto único, com a eliminação de todo o conjunto de componentes dos processos de fixação tradicionais. A partir de 1979, a ABC passou a se chamar Gang-Nail Systems, Inc. e, atualmente, detém nove unidades produtivas e atua em 33 países. Este conector está normalizado no Brasil com o nome de Chapas com Dentes Estampados (CDE) (Fonte catálogo: Gang-Nail).

Dentre as principais características das estruturas de cobertura executadas com CDE, segundo Baraldi (1996) destacam-se:

- redução do peso da estrutura em até 40% com relação ao sistema tradicional (vigas de 6x12 e 6x16 cm) sem projetos elaborados por profissionais da engenharia;
- alívio das cargas concentradas: nas treliças, devido ao menor espaçamento entre elas, e nas fundações, com a diminuição do peso próprio da estrutura, devido ao menor consumo de madeira;
- facilidade de instalação de equipamentos em função do menor espaçamento das treliças;
- melhor aproveitamento do material;
- qualidade técnica dos projetos;
- industrialização;
- controle de qualidade;
- o sistema apresenta bom desempenho estrutural para vãos de até 20 metros;
- limitação do raio de transporte econômico. A falta de indústrias de cobertura no Brasil encarece a execução dessas estruturas em certas regiões;
- as peças de madeira são de pequenas seções transversais (3x7 cm).

O processo de fabricação pode ser dividido em quatro etapas:

1) usinagem das peças de madeira nas dimensões especificadas

Basicamente, os procedimentos e etapas a serem seguidos são: desdobramento das pranchas, classificação das peças, desengrosso das peças, destopamento angular e tratamento preservativo.

2) posicionamento das peças sobre uma mesa-gabarito

As estruturas são montadas em posição elevada do piso, em mesas especiais, de forma que sob cada ligação ou emenda a ser executada seja instalada cada uma dessas mesas, que são travadas entre si e perfeitamente niveladas formando um conjunto totalmente estável.

3) prensagem dos conectores

Os equipamentos destinados a essa prensagem são tipo manual e de dois tipos e modelos básicos: prensa manual sobre rodas e prensa manual suspensa, sendo que ambas têm as características técnicas, ou seja, prensagem máxima de 150kN, potência do motor de 5 HP a 1750rpm e velocidade de prensagem de 3,5m/mm com retorno automático.

4) armazenamento na própria indústria ou no canteiro de obras, de maneira adequada, para posterior montagem da estrutura

Este armazenamento deve ser cuidadosamente executado a fim de se evitar que sobrecargas ou mal posicionamento causem danos e deformações que possam comprometer o alinhamento e a segurança da cobertura.

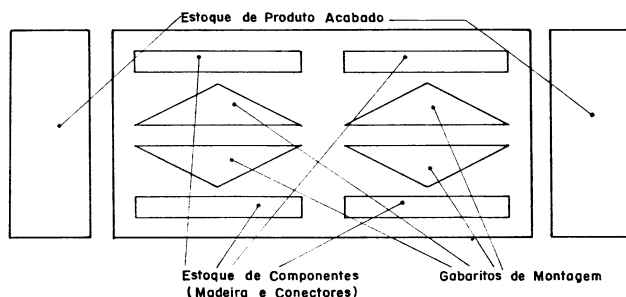


Figura 12. Lay-out esquemático (Fonte: Barros Jr, 1991).

Na Figura 12 é apresentado um lay-out esquemático do processo construtivo.

Na Figura 13 pode-se observar esse tipo de conector e um exemplo de estrutura de cobertura utilizando o sistema construtivo.

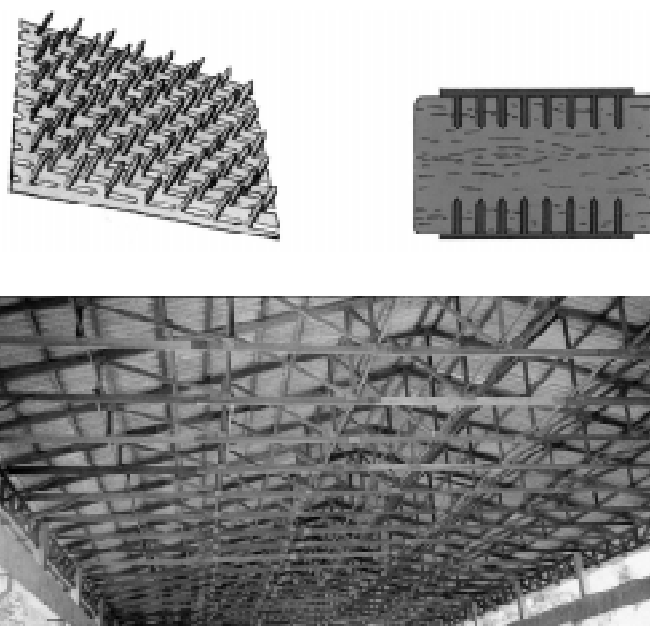


Figura 13. Cobertura utilizando conector tipo CED (Fonte: Catálogo Gang-Nail).

CONCLUSÕES

A utilização da madeira em construções de modo geral e, particularmente, em construções para o meio rural, deverá crescer nos próximos anos, por se tratar de um material com excelentes qualidades. É interessante ressaltar que a madeira foi redescoberta na Europa, em 1980. O aumento no volume de madeira utilizada será a consequência natural do processo que se observa neste segmento, em termos de desenvolvimento de tecnologia e de industrialização, levando-a a competir, em igualdade de condições, com os outros materiais tradicionais. A crise energética sentida no país é um dos fatores que pesam nesta escolha. Um dos aspectos importantes neste processo foi a implantação da nova norma para o cálculo de estruturas de madeira, baseada no método dos estados-limite, o que possibilitará a utilização de critérios de dimensionamento mais modernos para as peças estruturais de madeira, adequados para o início da redescoberta no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.
NBR7190 - *Projeto de Estruturas de Madeira*. Rio de Janeiro, ABNT, 1997. 107p.
- BARALDI, L. T. *Método de ensaio de ligações de estruturas de madeira por chapas com dentes estampados*. São Carlos: USP, 1996. 105p. Dissertação (Mestrado em Engenharia, área de concentração Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1996.
- BARROS JÚNIOR, O. *Algumas considerações sobre a pré-fabricação de estruturas de madeira para coberturas*. São Carlos: USP, 1991. 143p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1991.
- CALIL JR, C. *Treliças de madeira para cobertura*. São Carlos: EESC-USP, 1994. 79p. (notas de aula).
- CALIL JR, C. Timber bridges in South America. In: NATIONAL CONFERENCE ON WOOD TRANSPORTATION STRUCTURES. Madison, USA. Anais. Madison, EUA: Forest Products Laboratory, 1996, p.27-38.
- DIAS, A. A. *Contribuição para o estudo da distribuição transversal de cargas em pontes de madeira*. São Carlos: USP, 1987. 152p. Dissertação (Mestrado em Engenharia, área de concentração Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1987.
- DIAS, A. A., NASCIMENTO, M. L. Pontes de madeira para estradas vicinais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus. Anais. Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993, v.1, p.3-15.
- HELLMEISTER, J. C. *Pontes de eucalipto citriodora*. São Carlos: USP, 1978. 86p. Tese (Livre docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1978.
- MATTHIESEN, J. A. *Contribuição ao estudo das pontes de postes de eucalipto citriodora*. São Carlos: USP, 1987. 220p. Tese (Doutorado em Engenharia, área de concentração Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1987.
- OKIMOTO, F. S. *Pontes protendidas de madeira: parâmetros elásticos para o dimensionamento*. São Carlos: USP, 1997. 175p. Dissertação (Mestrado em Engenharia, área de concentração Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1997.
- PRATA, D. G. *Pontes protendidas de madeira*. São Carlos: USP, 1994. 311p. Tese (Doutorado em Engenharia, área de concentração Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1994.
- RITTER, M. A. *Timber Bridges – Design, construction, inspection and maintenance*. Washington, DC: United States Department of Agriculture, 1992. 944p.