



xi ebramem

XI ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA LONDRINA –JULHO 2008

## VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE APROVEITAMENTO DAS BARRAS EM TESOURAS DE MADEIRA OTIMIZADAS

Dogmar Antonio de Souza Junior ([dogmar.souza@uniube.br](mailto:dogmar.souza@uniube.br)), Francisco Antonio Romero Gesualdo ([gesualdo@ufu.br](mailto:gesualdo@ufu.br)), Livia Maria Palácio Ribeiro ([livia\\_palacio@yahoo.com.br](mailto:livia_palacio@yahoo.com.br)) Universidade Federal de Uberlândia – Faculdade de Engenharia Civil

**RESUMO:** Nas últimas décadas houve um grande avanço no desenvolvimento e no emprego das técnicas de otimização. Tais técnicas são empregadas nas mais diversas áreas, sempre com o objetivo de maximizar a eficiência do sistema em estudo. Para isto, é definida uma função objetivo que deverá ser minimizada ou maximizada, num contexto onde podem existir restrições. Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados obtidos no estudo da variação do índice de aproveitamento das barras de estruturas otimizadas do tipo tesoura. Para realizar a otimização foi empregado o programa computacional OTP (OTimização de estruturas Planas) baseado no método dos algoritmos genéticos simples. Admitindo como função objetivo, o volume de madeira, foram otimizadas a geometria de três modelos de tesoura: Howe, Pratt e Belga. Vale ressaltar que, para atingir os resultados deste trabalho, as ações (peso próprio, sobrecarga e vento) são geradas automaticamente. A cada geração a estrutura com menor volume de madeira é dimensionada segundo os critérios da norma brasileira de projeto de estruturas de madeira, ABNT NBR 7190:1997 para o estado limite último e de utilização. Conclui-se que o programa computacional OTP permite otimizar e dimensionar estruturas do tipo tesoura de maneira rápida, fácil e segura. Além disto, para os três modelos avaliados, o índice médio de aproveitamento das barras foi baixo, o que indica a necessidade de agrupar as barras em pelo menos dois grupos com seção transversal diferentes.

**Palavras-chave:** otimização, madeira, tesoura duas águas, algoritmo genético.

## VARIATION ON THE MEMBER UTILIZATION COEFFICIENT FOR OPTIMIZED WOODEN TRUSSED RAFTER

**ABSTRACT:** An important development has occurred in the last decades concerned to optimization techniques. This tool is used in different areas, where the system efficiency is the main goal. For that, it is defined an objective function that should be minimized or maximized inside a domain with restrictions. This work will present results obtained by using the software OTP (OpTimization for Plane structures), in the timber consumption for three optimized triangular structures models as Howe, Pratt and Belgium. The software was created using Delphi® language based on genetic algorithms. The software promotes the global optimization for the structural geometry. So, it is demanded that loads (dead, live and wind) and their combination are automatically created. For each generation the structure with low timber volume is designed according to the Brazilian code for wooden structure ABNT NBR 7190:1997 for ultimate and serviceability limit states. It can be concluded that the software OTP is a good tool for trussed rafter structure optimization and design in a fast, easy and safety way. Besides, for the three models analyzed, the averaged member utilization coefficient was low, indicating that it is necessary to consider different groups of members, having different cross sections.

**Keywords:** optimization, timber, wood, trussed rafter, genetic algorithm.

## **1. INTRODUÇÃO**

De acordo com CHRISTOFORO et al. (2006) o emprego da madeira como elemento estrutural no Brasil tem crescido substancialmente nos últimos anos. O esforço dos cientistas no desenvolvimento de diversas pesquisas envolvendo a madeira e estruturas de madeira tem tornado o material cada vez mais competitivo com o aço e o concreto.

Na construção civil, a madeira pode ser empregada para diversos fins, tais como: fôrmas, construções provisórias, pilares e vigas. Contudo, ela é utilizada com maior frequência em estruturas de cobertura. Por exemplo, GESUALDO e LIMA (2006) avaliaram a rotação de barras em sistemas reticulados tridimensionais na forma de cúpula. Os resultados mostraram que este parâmetro tem pouca importância no dimensionamento da estrutura, pois nela predominam as forças axiais. MOREIRA e RIPPER (2006) estudaram o comportamento mecânico de estruturas de madeira no formato de sombrinha. Todos estes apontam para a necessidade de conhecer melhor e otimizar o emprego da madeira nas estruturas.

O uso de procedimentos de otimização também pode auxiliar na ampliação das possibilidades de emprego da madeira, uma vez que permitem otimizar a eficiência do sistema estrutural. CHRISTOFORO et al. (2006) determinou numericamente a rigidez de treliças planas de madeira para otimizar a escolha do tipo de madeira a ser empregado. Outra forma de alcançar este objetivo é otimizar a definição da geometria da estrutura, minimizando o consumo de madeira e homogeneizando as solicitações em todo o conjunto de barras.

Com o objetivo de apresentar uma ferramenta importante para otimizar o emprego de estruturas de madeira, este trabalho apresenta um estudo relativo ao consumo de madeira para três modelos de estruturas do tipo tesoura. Os modelos são: tesoura Howe, Pratt e Belga. As análises foram feitas por meio do programa computacional OTP (OTimização de estruturas Planas). O programa foi elaborado em linguagem Delphi® e utiliza os algoritmos genéticos como método de otimização.

## **2. GENERALIDADES SOBRE OTIMIZAÇÃO**

De maneira geral, pode-se dizer que a otimização visa maximizar a eficiência e/ou minimizar o custo de um projeto. Ou seja, deseja-se encontrar os valores ótimos para as variáveis de projeto que otimizem a função objetivo, segundo um critério prévio de busca estabelecido.

Para resolver os problemas de otimização foram desenvolvidos diversos métodos de busca, entre eles se encontra o método dos Algoritmos Genéticos (AGs) desenvolvido por John Holland (GOLDBERG, 1989). O método dos AGs é baseado na teoria da evolução de Darwin. Ele parte de um conjunto de possíveis soluções (indivíduos) e a cada geração são criadas novas soluções pela aplicação de operadores genéticos. Um indivíduo é formado por um conjunto de genes. Cada gene representa uma variável de projeto e pode assumir qualquer valor dentro do domínio da respectiva variável.

Assim como na teoria evolucionária, por meio do operador genético, seleção, os indivíduos melhor adaptados ao problema (maior valor de função aptidão) vão dominando a população enquanto que indivíduos com menores valores de função aptidão são extintos da população. Por outro lado, de acordo com BRAGA (1998) e GOLDBERG (1989) os operadores