



EFEITOS ESPECÍFICOS NO PROJETO DE SISTEMAS DE FÔRMAS E ESCORAMENTOS À LUZ DA ABNT NBR 15696:2009

¹Rodrigo Borela Valente (rborela@gmail.com), ²Francisco A. R. Gesualdo (gesualdo@ufu.br)

¹Universidade Federal de Uberlândia

Faculdade de Engenharia Civil, Av. João Naves de Ávila 2121 - Campus Santa Mônica, Uberlândia (MG), Brasil

²Universidade Federal de Uberlândia

Faculdade de Engenharia Civil, Av. João Naves de Ávila 2121 - Campus Santa Mônica, Uberlândia (MG), Brasil

RESUMO: O concreto armado caracteriza-se por depender inicialmente do sistema de fôrma e escoramento até que se torne autoportante. Em vista da importância desse sistema para a execução da estrutura de concreto e no sentido de aprimorar o seu dimensionamento surgiu a primeira norma brasileira somente em 2009, a ABNT NBR15696:2009, que trata dos diversos aspectos relativos à elaboração e execução de fôrmas e escoramentos. Entretanto vários aspectos da sua aplicação não se encontram suficientemente claros, o que dificulta a expansão do seu uso no meio da indústria da construção. Nesse trabalho esses aspectos serão analisados, por meio de simulações numéricas. Utilizando-se do método dos elementos finitos, com o auxílio do software ANSYS®, foi feita uma avaliação dos modelos de cálculo de fôrmas de vigas considerando diferentes formas de enrijecimento por peças de madeira maciça. A continuidade da chapa de compensado também foi avaliada para verificar a eficiência de sistemas diferentes do procedimento de cálculo tradicional. Realizadas as análises para diversas situações, obteve-se como resultado duas equações para obtenção de fatores de correção para o dimensionamento feito pelo modelo tradicional. Portanto, o trabalho é uma contribuição para a verificação da influência do modelo de cálculo na obtenção de sistemas de fôrmas otimizados e econômicos.

Palavras Chave: fôrmas, escoramentos, madeira, chapa de compensado

SPECIFIC EFFECTS OF FORMWORK AND SHORING DESIGN UNDER ABNT NBR 15696:2009 REGULATIONS

ABSTRACT: Reinforced concrete is a structural material characterized by its inability to sustain its own weight in its initial state immediately after pour, thus depending on formwork and shoring until it hardens and develops sufficient resistance. Due to the importance of these two systems to the execution of reinforced concrete structures, in 2009 the first Brazilian standard concerned with wooden formwork and shoring was issued, the ABNT NBR15696:2009, which establishes design and execution procedures. However, many aspects described in the standard are unclear, hindering its dissemination in the construction industry. In the present study, these aspects were explored through numerical simulations using the Finite Element Analysis, with ANSYS®. Structural analysis methods were evaluated, in the design of formwork for beams, considering different forms of increasing the stiffness of the plates. The continuity of plywood panels was also analyzed in order to verify the efficiency of different methods in contrast with the traditional one. Once the numerical analyses were performed for several cases, two equations that provide correction factors for the traditional model used in the design of formwork, were developed. Therefore, this study is an effort to evaluate the influence of structural analysis method in the optimization of formwork and scaffolding systems.

Keywords: formwork, shoring, wood, plywood panel.

1. INTRODUÇÃO

O concreto armado se consagrou ao longo dos anos como o material estrutural preferido dos projetistas para a construção civil no Brasil, o que pode ser justificado por um conjunto de fatores destacando-se a disponibilidade de matéria-prima para produção de cimento e agregado no país, normas técnicas regulamentadoras bem estabelecidas, flexibilidade arquitetônica permitida pelo material, resistência a água, resistência a altas temperaturas sem que ocorra combustão ou perda instantânea de resistência e durabilidade mesmo com pouca manutenção.

Ainda que capaz de desenvolver altas resistências quando em estado endurecido, tornando-se capaz de suportar grandes ações, em seu estado fresco o concreto não possui forma definida nem característica autoportante, requerendo que o sistema de fôrmas e escoramentos assegure a geometria da estrutura conforme especificado em projeto e que ofereça suporte estrutural até que o concreto tenha resistência suficiente para resistir ao próprio peso.

Dessa maneira, esses sistemas são pontos extremamente críticos da execução da estrutura, visto que a ausência de projeto ou a montagem descuidada podem ocasionar acidentes, atrasos no cronograma da obra, assim como gastos imprevistos com retrabalho e acabamento. NAZAR (2007) estima que esses sistemas representem aproximadamente 45% dos gastos totais da estrutura.

No mercado brasileiro podem ser encontrados sistemas de plástico, papelão, metal, madeira e misto (metal e madeira), sendo as especificidades técnicas, arquitetônicas (concreto aparente, liso, texturizado etc.), orçamentárias e o prazo de execução de cada obra, os fatores avaliados na adoção do sistema ideal. Conforme desenvolvido por NAZAR (2007), comumente para edificações com poucos pavimentos, sistemas de fôrmas de compensado resinado são menos custosas que fôrmas metálicas. Entretanto, com o aumento do número de pavimentos, fôrmas metálicas tendem a se tornar alternativas mais viáveis, com menor consumo de material e recursos financeiros.

Atualmente, o sistema de fôrmas em madeira continua sendo o mais usado no Brasil, sendo composto por elementos de madeira serrada (sarrafos, pontaletes), madeira processada (compensado) ou madeira recomposta, ainda pouco utilizada, o OSB (Oriented Strand Board). Uma das vantagens de se utilizar a madeira é a sua leveza. Isto facilita a logística de transporte entre pavimentos. Além disto, a capacidade de se ajustar as peças de madeira aos tamanhos necessários representa um fator altamente atraente para este tipo de aplicação.

De acordo com BORTOLETTO (2003), em 2003 estimava-se que 60% dos compensados produzidos no Brasil eram fabricados com madeira proveniente de espécies tropicais nativas sendo 40% fabricado a partir de madeira de *Pinus spp.* e seguindo a tendência de crescimento do uso de madeira advinda de árvores do gênero *Pinus*, hoje há uma inversão desse percentual.

O compensado é formado por lâminas de madeira desenroladas de uma tora, com uma face fraca e uma face firme (sujeita a lixamento). Essas são coladas de forma que as fibras de cada lâmina sejam perpendiculares entre si. As chapas tendem a ser um material homogêneo, pois possuem pouca movimentação de contração e expansão e boa resistência mecânica. São sempre montadas com um número ímpar de lâminas. Isto implica em características diferentes em relação às suas direções.

A colagem das lâminas de coníferas tem sido feita com o uso de adesivos fenólicos e grandes quantidades de material de enchimento, o que torna o processo mais barato. Esse adesivo é a prova d'água, entretanto juntas coladas não podem conter enchimento para que tenham durabilidade adequada.

Em ensaios mecânicos de caracterização de chapas de compensado, realizados pela ABIMCI (2007), em que se avaliou o módulo de elasticidade (MOE) e o módulo de ruptura (MOR), observou-se que em compensados de 5 lâminas e 12 mm de espessura, de madeira *Pinus*, o MOE medido na direção perpendicular foi em torno de 50% do medido paralelo às fibras, sendo o MOR na direção perpendicular aproximadamente 70% do valor encontrado para a direção paralela. Já em chapas de 12 mm de espessura e 5 lâminas, fabricadas com