



ARTIGOS

RESUMO

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento da construção do Centro de Referência em Educação Ambiental do Sindicato dos Professores do Distrito Federal -SINPRO-DF, o qual conta com a maior área de cobertura construída e, simultaneamente, utilizando estruturas em bambu e tendo no salão principal o maior vão livre entre apoios já edificado no Brasil até a data de sua conclusão.

O projeto executivo teve início em agosto de 2012, quando o bioarquiteto e permacultor Sérgio Pamplona nos apresentou o audacioso projeto que nos encantou e logo foi abraçado por nossa equipe. O mesmo foi concluído em dezembro de 2013.

Palavras-chave

estruturas em bambu, engenharia de baixo impacto, sustentabilidade.

PROCESSO DE EXECUÇÃO DE GRANDES OBRAS EM BAMBU, O ESTUDO DE CASO DO CENTRO DE REFERÊNCIA EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL DO SINPRO-DF.

Frederico Rosalino da Silva | Professor do CAU UCB

INTRODUÇÃO

A construção de estruturas em bambu de grande porte já é muito comum em outros países do mundo, tais como Colômbia, Indonésia, Vietnã e Índia. Esses países possuem a tradição de aproveitar as propriedades mecânicas dessa planta em estruturas na construção civil e já desenvolvem pesquisas na área civil há longas datas, além de dispor de grandes quantidades de matéria prima e alta qualidade em termos de padronização.

No Brasil, entretanto, as estruturas de bambu ainda possuem pouca aplicação na construção civil, se comparadas com a utilização de estruturas em concreto armado, estruturas metálicas, e estruturas de madeira. Em contrapartida, o bambu é um material de construção que atende aos requisitos de resistência e já é conhecido, por meio de diversos estudos desenvolvidos pelo mundo, os seus parâmetros de resistência para um seguro dimensionamento. É um material que caracteriza-se por ter sua seção transversal em forma de seção tubular oca e baixa e massa específica, conferindo uma excelente condição de momento de Inércia.

Projetar estruturas de grande porte no Brasil não é o maior desafio, pois existem diversos excelentes calculistas em madeira que, com o auxílio de um conhecedor técnico profundo do material, no caso o bambu, teria condições de projetar uma estrutura sem maiores dificuldades. Contudo, esta seria apenas uma pequena e talvez a mais simples das etapas até que

a obra esteja concluída, pois os conhecimentos daí em diante são mais práticos do que teóricos e dependem de uma série de fatores, que vão desde a dificuldade de se obter material de qualidade até a mão de obra experiente.

DESENVOLVIMENTO

Após a solicitação feita pelo bioarquiteto Sergio Pamplona, iniciaremos o cálculo estrutural, detalhamento e a execução das coberturas das edificações do Centro de Práticas Sustentáveis. Para tanto, foi assinado um contrato com o cliente, no caso o Sindicato dos Professores do Distrito Federal -SINPRO-DF, que contemplava inicialmente apenas a elaboração dos projetos, e somente após a conclusão de todas as peças gráficas, seria possível a elaboração do orçamento para a execução da obra. Os trabalhos de detalhamento das estruturas tiveram início em agosto 2012.

O projeto completo conta com uma área total de coberturas executadas com estruturas em bambu de 1011 m², sendo composto por quatro edificações, a saber:

Prédio Principal (centro) - Paredes estruturais em Taipa de pilão, vigas de amarração e fundações em concreto armado, estrutura da cobertura em bambu *Dendrocalamus Asper* com vão livre máximo de 17 metros, telhas de cavaco de madeira e área de projeção de cobertura de 460 m²

Coube a nossa equipe, projetar e executar, apenas as estruturas em bambu, por isso, relataremos apenas as questões referen-



Fig 2 - Oca Prédio Multiuso - Paredes estruturais em Superadobe, vigas de amarração e fundações em concreto armado, estrutura da cobertura em bambu *Dendrocalamus Asper* com vão livre máximo de 9,50 metros, telhas de madeira e área de cobertura de 175 m²



Fig 3 - Prédio Multiuso Prédio de sanitários - Paredes em Superadobe, vigas de amarração e fundações em concreto armado, estrutura da cobertura em bambu *Dendrocalamus Asper*, telhas de madeira e área de cobertura de 116 m

tes a estas estruturas. No entanto, como as outras atividades acabam sendo executadas simultaneamente, situações de obra ocorreram e merecem ser destacadas em situações de interferências relevantes.

Para melhor compreensão, o projeto completo, do cálculo até a revisão, foi dividido em etapas, as quais serão descritas a seguir. Serão apresentados os processos os quais foram desenvolvidos, tais como os principais desafios encontrados, discussões e recomendações

2.1 CALCULO ESTRUTURAL E DETALHAMENTO

Inicialmente foi realizado o ajuste da arquitetura para uma solução que pudesse ser exequível para a realidade do bambu, embora o arquiteto não tivesse tanta experiência com o material, a solução estrutural arquitetônica era bem apropriada, o que resultou em pequenos ajustes. Estes ajustes foram desenvolvidos em ambiente CAD 3D por meio da ferramenta sólidos. Tratava-se de um lançamento inicial baseado na experiência da equipe em construções com bambu.

Após a definição do sistema estrutural ajustado para a arquitetura, realiza-se a conversão para malha e inicia-se o lançamento estrutural. A análise estrutural foi realizada utilizando o programa computacional SAP2000 v.10.0.7, da empresa Computer and Structures Ind.(CSI), cuja formulação numérica é baseada no Método dos Elementos Finitos (MEF).

Para análise da estrutura foram utilizadas as normas, ESTRUCTURAS DE MADERA Y ESTRUCTURAS DE GUADUA, TÍTULO G, da NSR-10- REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, a NBR 7190/97 - Projeto de estruturas de madeira, a NBR 6123/88 - Forças devidas ao vento em edificações e a NBR 6120/80 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.

Estas normas técnicas foram suficientes para subsidiar as análises de esforços, tanto para as barras quanto para as uniões, compostas em sua grande maioria, de barras roscadas.

Após o dimensionamento das peças e uniões definidas, iniciou-se o detalhamento das estruturas, etapa de extrema importância para o sucesso do empreendimento. Nesta etapa, deve-se contar com a experiência prática do projetista, sempre auxiliado pelo carpinteiro, pois muitas das vivências de obra do carpinteiro não são passadas para o projetista, mesmo acompanhando de perto a construção.

Esta etapa, além da definição das dimensões das peças, diâmetros, espessuras de parede e tipos de uniões, deve-se dedicar um tempo observando questões como a resolução da forma com que as uniões serão executadas, definição da sequência em que as peças serão executadas, definição do posicionamento dos andaimes, projeção da estrutura, pensando no máximo de peças que possam ser pré fabricadas em solo, e padronização do máximo de bocas e uniões.

2.2 ORÇAMENTO

Após concluído todo o detalhamento das estruturas, chegava a hora de elaborar o orçamento para a execução da obra. Esta etapa exige um cuidado especial, e considerando uma obra de grande porte, um erro pode significar grande prejuízo para o construtor e para o proprietário da obra.

Considerando a inexistência de parâmetros de custo do tipo PINI, SINAPI, ou qualquer outra fonte de composição de custo, é fundamental que o construtor desenvolva suas próprias composições. Portanto, a experiência prática é fundamental para se elaborar um orçamento mais próximo da realidade possível. O ato de se aventurar em uma grande obra de bambu sem o conhecimento de composições de custo e sem experiência em construções de bambu, pode ser bastante traumático.

2.3 AQUISIÇÃO DE MATERIAL

A aquisição do material não é tarefa muito simples para a realidade brasileira. Adquirir material de qualidade, ou seja, o bambu maduro, colhido em época certa, seco adequadamente, com uma mínima padronização de dimensões e tratado adequadamente, ainda é uma grande desafio que precisa ser superado para que a atividade da construção com bambu in natura seja desenvolvida.

É muito comum a prática do “garimpo”, ou seja, a colheita de touceiras em sua maioria não manejadas, com colmos maduros e não maduros misturados, locali-

zadas em propriedades longes umas das outras. Tal operação encarece o custo do material, pois é necessário mais frete e mão de obra para a extração e transporte.

No caso estudado, o bambu utilizado nas coberturas foi a espécie *dendrocalamus asper*. A escolha se deu pelo fato de ser um bambu que apresenta características superiores aos outros bambus disponíveis na região, tais como menor quantidade de fissuras pós obra quando utilizado na região do DF, maiores diâmetros dos colmos, maior disponibilidade na região do DF, menor gasto com frete e possibilidade de geração de renda aos agricultores da região. Considerando a realidade brasileira no que se refere a falta de padronização dos colmos, até que esta questão seja equacionada, ou pelo menos minimizada, recomenda-se adquirir de 15 a 30% a mais de material.

Parte do material foi adquirido de “garimpos” na região de Brazlândia-DF e parte de matas localizadas no estado de São Paulo-SP. Todo material adquirido foi transportado até o Sítio Bambuaçu, localizado na cidade de Brazlândia-DF, e tratado por imersão em tanque com Octoborato dissódico tetraidratado.

É importante que os colmos estejam em uma umidade média em torno de 18% antes de serem utilizados. Quando utilizam-se peças com umidades acima de 25%, existe a necessidade de reaperto de porcas e abraçadeiras depois da obra concluída, gerando custos extras ao construtor.

2.4 EXECUÇÃO DA OBRA

Trata-se da etapa mais complexa de todo o projeto. No entanto, baseando-se na experiência de projetos anteriores, quando se consegue detalhar os projetos pensando em todas as variáveis que podem ocorrer durante a execução da estrutura, é possível minimizar a grande maioria dos problemas que porventura apareçam. Para tanto, a experiência é fundamental. Além disso, a falta de uma equipe experiente no ato da execução de uma obra deste porte, é no mínimo imprudente.

Considerando a dificuldade de se obter matéria prima de qualidade, conforme comentado no item 2.3, assim que chegam os colmos na obra, recomenda-se que se inicie a seleção das peças de acordo com o projeto, buscando sempre as peças mais longas, com maiores diâmetros e mais retilíneas. Caso seja necessário a aquisição de mais material durante a obra, tal processo pode ser problemático, podendo ocorrer desde atrasos na obra, até a necessidade de se instalar as peças com um grau de umidade inadequado.

Recomenda-se que, logo após a seleção das peças, se faça a lavagem, a passagem da lixa e aplicação de, pelo menos, uma demão de Stain impregnante. Esta operação auxilia na proteção dos colmos, evitando possíveis fissuras de retração.

Conforme comentado no item 2.3, é importante utilizar peças com grau de umidade em torno de 18%. Para tanto, é essencial utilizar um equipamento medidor

de umidade para realizar esta verificação.

A fim de agilizar o processo de confecção de bocas e cortes, é importante criar ou adaptar ferramentas que agilizem o trabalho. No caso da obra do SINPRO, por exemplo, uma furadeira horizontal industrial foi adaptada para confeccionar as bocas de peixe 45 e 90 graus. O tempo de produção de cada boca reduziu de 4 minutos para menos de 1 minuto, se considerarmos equipamentos manuais.

Em construções com um número grande de peças com cortes iguais, mesmo que tenham tamanhos diferentes, uma alternativa que agilizou o processo construtivo foi a adoção de alguns elementos em eucalipto torneado para unir peças de bambu. A adoção desta prática, que consistiu em tornear pequenas peças de eucalipto tratado, fazendo com que todas as peças tivessem o mesmo diâmetro, e com isso, todas as bocas de bambu que se juntassem a esta peça seriam feitas com um única serra copo, sem a necessidade de ajuste da boca de peixe.

Antes de iniciar a pré fabricação das peças no solo, é importante conferir todas as medidas de fundação, estrutura e demais elementos já edificados da obra. Principalmente em se tratando de coberturas, deve-se ajustar o projeto dimensional da estrutura de bambu e, a partir daí, deve-se iniciar a fabricação dos elementos.

O ponto mais importante de toda a execução da cobertura principal, a de maior dimensão, 17 metros de vão livre e 11



Fig 4 - Prédio de sanitários



Fig 5 - Detalhe de peças de eucalipto torneado para padronização das uniões

metros de altura, é o posicionamento das primeiras peças, responsáveis pelo alinhamento de toda a cumeeira. Deve-se dedicar muita atenção nesta etapa da execução, pois a altura, a dimensão e peso das peças dificultam muito o trabalho, de modo que não deve-se economizar em andaimes e equipamentos de segurança.

2.4 REVISÃO GERAL

Recomenda-se em qualquer construção a elaboração de um plano de manutenção preventiva, conforme preconiza a norma técnica NBR 5674 Manutenção de edificações - Procedimento. Este plano deve abordar aspectos importantes para maximizar a vida útil da edificação, evitando possíveis danos que impossibilitem a sua utilização.

No caso das construções em bambu, este plano deve prever uma revisão geral após um ano da obra finalizada, principalmente nas construções executadas em regiões com grande variação de umidade do ambiente. A revisão deve englobar o reaperto de parafusos, fechamento de fissuras, instalação de abraçadeiras, eliminação de insetos, reaplicação de verniz, entre outras ações.

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A construção de grandes obras com estruturas em bambu no Brasil não é tarefa fácil. São grandes os desafios e maiores ainda os aprendizados. Recomenda-se seguir e cumprir algumas etapas essenciais para que o resultado final seja o melhor possível, possibilitando uma obra executada com qualidade, segurança e retorno financeiro para o construtor, são elas:

- Projeto estrutural elaborado por especialistas;
- Maquete física;
- Padronização de uniões priorizando a pré-fabricação em solo;
- Adaptação de equipamentos e ferramentas;
- Detalhamento executivo;
- Detalhamento do processo executivo (passo a passo da obra);
- Orçamento detalhado baseado em experiências anteriores e preços de fornecedores reais;
- Definição de carpinteiro experiente e estudo do projeto em conjunto;
- Estudos das interfaces (instalações, vedações, coberturas, etc);
- Elaboração de Plano de Manutenção Preventiva.

BIBLIOGRAFIA

ESTRUCTURAS DE MADERA Y ESTRUCTURAS DE GUADUA, TÍTULO G, da NSR-10- REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE

NBR 7190/97 - Projeto de estruturas de madeira.

NBR 6123/88 - Forças devidas ao vento em edificações.

NBR 6120/80 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.