

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,

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 simultaneamente utilizando estruturas em bambu, tendo o 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.

Neste trabalho, serão apresentadas todas as etapas envolvidas na execução desta obra, partido do recebimento do projeto de arquitetura por nossa equipe de engenheiros até a entrega final da obra. As principais dificuldades encontradas considerando que a cadeia produtiva para a construção de estruturas com bambu no Brasil ainda não está formada, se apresentando, portanto, em um grande desafio, principalmente em se tratando da execução de obras de grande porte.

PALAVRAS-CHAVE: estruturas em bambu, engenharia de baixo impacto, sustentabilidade.

ABSTRACT

This paper presents the development of the construction of the Reference Center on Environmental Education of the Distrito Federal -SINPRO-DF, which has the largest coverage area built simultaneously using bamboo structures, with the main hall, the largest span between supports already built in Brazil until the date of its completion.

The executive project began in August 2012, when the bioarquitecto and permacultor Sergio Pamplona introduced us to the audacious project that delighted us and was soon embraced by our team. The building was completed in December 2013.

This work will be presented all the steps involved in executing this work, from the receiving of the architectural design by our team of engineers to final delivery of the work. The main difficulties considering that the supply chain for building structures with bamboo in Brazil is not yet formed, presenting therefore a great challenge, especially when it comes to larger structures were produced.

KEYWORDS: Bamboo structures, low-impact engineering, sustainability.

INTRODUÇÃO

A construção de estruturas em bambu de grande porte já é muito comum em outros países do mundo, tais como; Colômbia, Indonésia, Vietnã, Índia e China. Esses países possuem a tradição de aproveitar as propriedades mecânicas dessa planta em estruturas na construção civil e já desenvolvem pesquisas na área civil a (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 mecânica e já são conhecidos, por meio de diversos estudos desenvolvidos pelo mundo, os seus parâmetros de resistência mecânica para um seguro dimensionamento. É um material que se caracteriza por ter sua seção transversal em forma de seção tubular oca, apresenta 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, teriam 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 seguintes 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 existência de mão de obra experiente.

DESENVOLVIMENTO

Após a solicitação feita pelo bioarquiteto Sergio Pamplona, iniciamos 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 Iniciaram-se 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, descritas a seguir:

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 m, telhas de cavacos de madeira e área de projeção de cobertura de 460 m² (figura 01).



Figura 01: Prédio principal

Oca - Pilares em eucalipto, estrutura da cobertura em bambu *Dendrocalamus Asper* (D. asper), com vão livre máximo de 14 m, telhas de cavacos de madeira e área de cobertura de 260 m² (figura 02).



Figura 02: Oca

Prédio Multiuso - Paredes estruturais em Superadobe, vigas de amarração e fundações em concreto armado, estrutura da cobertura em bambu D. asper com vão livre máximo de 9,50 m, telhas de cavacos de madeira e área de cobertura de 175 m² (figura 03).



Figura 03: Prédio Multiuso

Prédio de sanitários - Paredes em Superadobe, vigas de amarração e fundações em concreto armado, estrutura da cobertura em bambu (D. asper), telhas de madeira e área de cobertura de 116 m² (figura 04).



Figura 04: Prédio de sanitários

Coube a nossa equipe, projetar e executar, apenas as estruturas em bambu, por isso, relataremos apenas as questões referentes a estas estruturas, no entanto, como as outras atividades acabam sendo executadas simultaneamente, situações de obra ocorreram e que merecem ser destacadas em situações de interferências relevantes.

Para melhor compreensão, o projeto completo, do cálculo à 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 Cálculo estrutural e detalhamento

Inicialmente foi realizado o ajuste da arquitetura a 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 das tesouras apresentada era bem apropriada, o que resultou em pequenos ajustes. Este ajuste foi desenvolvido em ambiente CAD 3D, por meio da ferramenta sólidos. Tratava-se de uma lançamento inicial da estrutura baseado na experiência da equipe em construções com bambu.

Após a definição do sistema estrutural ajustado à arquitetura, realizou-se a conversão para malha e iniciava-se o lançamento estrutural. A análise estrutural foi realizada utilizando-se 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 rosqueadas.

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

Nesta etapa, além da definição das dimensões das peças, diâmetros, espessuras de parede e tipos de uniões, deve-se dedicar tempo observando questões como; resolver a forma que as uniões serão executadas, definir a sequência em que as peças serão executadas, definir o posicionamento dos andaimes, projetar a estrutura pensando no máximo de peças que possam ser pré fabricadas pré-fabricadas em solo e padronizar o máximo de bocas e uniões.

2.2 Orçamento

Após concluído todo o detalhamento das estruturas, necessitava-se 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 possível da realidade. Se aventurar em uma grande obra de bambu sem o conhecimento em composições de custo além de muita experiência em construções com o uso de bambu pode ser 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, 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 em sua forma natural seja desenvolvida.

É muito comum a prática do "garimpo", ou seja, colher os colmos de touceiras em sua maioria não manejadas, misturando-se colmos maduros com imaturos, localizadas em propriedades afastadas umas das outras, fazendo com que operação encareça o custo do material pois é necessário maior gasto com frete e mão de obra para a extração e transporte.

No caso estudado, o bambu utilizado nas coberturas originou-se da espécie *dendrocalamus asper*. A escolha se deu pelo fato de se tratar de 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 à 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 que seria necessário para a obra.

Parte do material foi adquirido de "garimpos" na região de Brazlândia - DF e parte de matas localizada no estado de São Paulo-SP, na região de Interlagos. Todo material adquirido foi transportado até o Sítio Bambuaçu, localizado na cidade de Brazlândia - DF, e tratado por imersão a 5% de concentração em tanque com Octoborato dissódico tetra hidratado da marca Aquabor, fabricado pela Minería Santa Rita.

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

2.4 Execução da obra

Trata-se da etapa mais complexa de todo o projeto, contudo, quando se consegue, baseado na experiência de projetos anteriores, 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, encarar uma construção deste porte sem ter alguém na equipe com esta bagagem 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 iniciar 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, este processo pode ser problemático gerando desde atrasos na obra, até a necessidade de instalar as peças com um grau de umidade inadequado.

Recomenda-se logo após a seleção das peças, lava-las, lixá-las e aplicar 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 equipamento medidor de umidade 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 toronar 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 (figura 05).

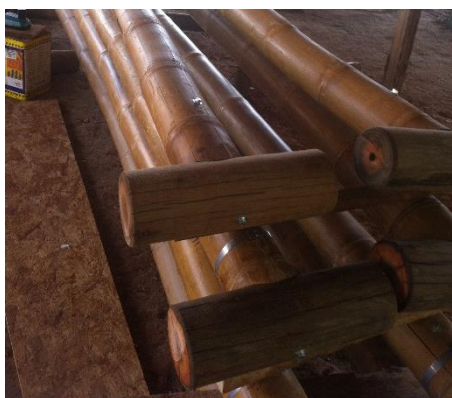


Figura 05: Detalhe de peças de eucalipto torneado para padronização das uniões

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, ajustar o projeto dimensional das estrutura de bambu, e ai só então iniciar a fabricação dos elementos.

O ponto mais importante da de toda a execução da cobertura principal, a de maior dimensão, 17 metros de vão livre e 11 metros de altura, é o posicionamento das primeiras peças, responsáveis pelo alinhamento de toda a cumeeira. Deve-se dedicar muita atenção neta etapa da execução, a altura, a dimensão e peso das peças, dificultam muito o trabalho, por isso, 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 são 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 01 ano após a sua execução, 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 os aprendizados maiores ainda, contudo, recomenda-se seguir 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.