

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

USO DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL

VITOR HUGO SILVA MARÇAL

ORIENTADOR: ANDRÉ LUIZ AQUERE

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL 1 EM ENGENHARIA
CIVIL E AMBIENTAL**

BRASÍLIA / DF: DEZEMBRO / 2008

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

USO DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL

VITOR HUGO SILVA MARÇAL

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

**André Luis Aquere, Mestre (PUC-RJ)
(ORIENTADOR)**

**Alexandre Domingues Campos, Doutor (COPPE-UFRJ)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**Alexandre Floriano da Costa, Doutor (UFPR-PR)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: BRASÍLIA/DF, 9 de DEZEMBRO de 2008.

RESUMO

Na construção civil são utilizados vários tipos de elementos construtivos, e a cada dia novos elementos são introduzidos nas obras. Alguns deles são utilizados em larga escala, como o concreto o aço e a madeira. Contudo existem outros materiais que vem sendo pesquisados e explorados em estruturas pelo mundo, visto que os elementos usuais sofrem um processo de extração para o qual o gasto energético é muito alto ou a degradação do meio ambiente para sua obtenção é muito elevada, surge um pensamento ecológico preocupado com o futuro da construção civil mundial. Com isso surge um novo pensamento sustentável, que se preocupa em como o que fazemos agora nos afetará no futuro.

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar que o bambu pode ser um material presente em estruturas de pequeno, médio e grande porte. Com propriedades mecânicas e resistência a esforços suficientes para ser usado como material de construção o bambu tem se mostrado um excelente elemento construtivo. Devido ao seu reduzido tempo para atingir idades ideais para o corte e necessidade de pequenas áreas plantadas para obtenção de material suficiente, o bambu pode ser caracterizado como material de construção renovável. O uso de técnicas construtivas, algumas apresentadas no presente trabalho, facilita muito o processo construtivo além de aumentar a vida útil de estruturas de bambu.

O sistema de tratamento, características positivas e vantagens são apresentadas de forma esclarecedora no decorrer desse trabalho, que tenta fazer uma revisão bibliográfica de forma a explicar as características estruturais do bambu, além de apresentar os fatores relevantes quanto ao uso do mesmo para a construção civil. Com estas informações é possível um entendimento mais claro das reais pretensões quanto às patologias e intervenções que surgem em estruturas feitas de bambu com o passar do tempo. Assunto que será tratado de forma mais aprofundada no Projeto Final 2, que é explicado no presente trabalho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. CARACTERÍSTICAS DO BAMBU.....	10
2.1 CARACTERÍSTICAS QUANTO A ESFORÇOS SOLICITANTES.....	14
2.1.2 COMPRESSÃO.....	15
2.1.3 TRAÇÃO.....	16
2.1.4 FLEXÃO	18
2.1.5 TORÇÃO.....	21
2.1.6 CISALHAMENTO E ESMAGAMENTO.....	22
3. TÉCNICAS CONSTRUTIVAS COM BAMBU.....	23
3.1 DISTÂNCIA DO SOLO.....	24
3.2 LIGAÇÃO BAMBU – FUNDAÇÃO.....	25
3.2.1. PREENCHIMENTO DOS COLMOS.....	26
3.2.1.1 CONSISTÊNCIA DA ARGAMASSA.....	26
3.2.1.2 VIBRAÇÃO DURANTE O PREENCHIMENTO.....	26
3.2.1.3 SISTEMAS DE INTRODUÇÃO DE ARGAMASSA.....	27
3.3 CONEXÕES.....	27
3.3.1 BOCA DE PESCADO E VARIAÇÕES.....	28
3.3.2 CONEXÕES TIPO SIMON VELEZ.....	31
3.3.2.1 RESULTADOS OBTIDOS.....	35
3.4 UNIÃO DE VARAS NO MESMO SENTIDO	37
3.4.1 UNIÃO COM EMBUCHAMENTO INTERNO.....	37
3.4.2 UNIÃO POR TRESPASSE DE VARA.....	40
3.4.3 UNIÃO POR TRESPASSE DE VARA E EMBUCHAMENTO INTERNO.....	41
3.5 PROTEÇÃO CONTRA INTEMPÉRIES	42
3.5.1 PROTEÇÃO CONTRA INCIDÊNCIA DE RAIOS SOLARES E CHUVA.....	42
3.5.1.1 USO DE BEIRAS.....	43
3.5.1.2 USO DE SELADORES E VERNIZES.....	44
4. METODOLOGIA.....	45
4.1 FASES DO PROJETO.....	46
5. CONCLUSÃO.....	49
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
7. BIBLIOGRAFIA VIRTUAL.....	52
ANEXO I - CONEXÕES USADAS PELO MUNDO.....	53
ANEXO II - ESTRUTURAS CONSTRUÍDAS PELO MUNDO.....	56

1. INTRODUÇÃO

Bambu é o nome que se dá às plantas da sub-família *Bambusoideae*, da família das gramíneas (*Poaceae* ou *Gramineae*). Essa sub-família se subdivide em duas tribos, a *Bambuseae* (os bambus chamados de lenhosos) e a *Olyrae* (os bambus chamados herbáceos). As opiniões variam muito e novas espécies e variedades são acrescentadas ano a ano, mas calcula-se que existam cerca de 1250 espécies no mundo, espalhadas entre 90 gêneros, presentes de forma nativa em todos os continentes menos na Europa. Habitam uma alta gama de condições climáticas (zonas tropicais e temperadas) e topográficas (do nível do mar até acima de 4000m) (WIKIPÉDIA, 2008).

É possível também produzir a partir desta gramínea a fibra de bambu. Uma matéria vegetal assim como o algodão ou o linho, o bambu tem em seu favor alguns trunfos suplementares. A sua fibra, extraída de uma pasta celulósica, se caracteriza pela sua característica homogênea e pesada (ela não amassa) e seu aspecto suave e reluzente, parecidos com os da seda. Sobretudo, ela possui virtudes respiratórias, antibacterianas. O bambu possui “caules” lenhificados utilizados na fabricação de diversos objetos como instrumentos musicais, móveis, cestos e até na construção civil, onde é utilizado em construções de edifícios a prova de terremotos (WIKIPÉDIA, 2008).

É possível perceber que a construção civil atual passa por momentos de transição. As técnicas construtivas e as recuperações de patologias são cada vez mais demandadas e a cada dia surgem novos elementos construtivos para suprir a necessidade dos proprietários das obras e profissionais responsáveis. A sensação externa de segurança, a durabilidade e resistência são fatores determinantes na escolha do material a ser usado. O uso do concreto por sua alta resistência à compressão, o aço por ser muito resistente a tração e a madeira, elemento construtivo natural e também bastante eficiente aos esforços solicitantes em uma estrutura, dão o aspecto usual de uma obra desse tipo, agindo assim os arquitetos que produzem verdadeiras revoluções no aspecto visual de interação de elementos. Elementos esses, qual extração comprovadamente afeta de forma preocupante os locais de exploração, fazendo com que haja por parte da população mundial uma mudança de pensamento, juntamente com um maior interesse por recursos renováveis que possam integrar as possibilidades de escolha na hora de se projetar uma estrutura. Torna-se evidente que os materiais ecológicos satisfazem alguns requerimentos fundamentais, tais como: minimização do consumo de energia, conservação dos recursos naturais, redução da poluição e manutenção de um ambiente saudável (GHAVAMI, 2001).

O bambu - material sem muito valor econômico, social ou cultural em nossa sociedade - é em outros países motivo de orgulho e pesquisas por seu potencial em diversas e comprovadas áreas de atuação. Material como o bambu não é poluente, não requer grande consumo de energia e oxigênio em seu processo de preparo; sua fonte é renovável e de baixo custo (RIPPER, 1994). Seu “caule”, que tem aparência cilíndrica e alongada, esconde características que poucas plantas possuem. Um sistema de feixes de fibras longitudinais que são praticamente paralelos da base ao topo dessa gramínea que chega a ter mais de 30 metros de altura, diâmetros de até 0,3 metros e suportam uma pressão de vento em sua copa que pode ter uma velocidade de até 50 m/s (Figura 1.1).

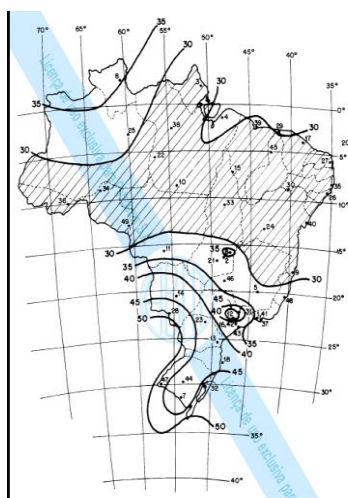


Figura 1.1 Isopletas da velocidade básica **V0** (m/s) (NBR 6123/1988)

Em estudos realizados sobre a microscopia do bambu, GHAVAMI & CULZONI (1987), LIESE (1992), AMADA (1996), GHAVAMI & RODRIGUES (2000) e GHAVAMI et al. (2000) observaram que os feixes de fibras são mais concentrados à medida que se situam mais próximos da parte externa do seu caule, de forma que o bambu possa resistir às cargas de vento, que é a maior solicitação durante a vida desse material na natureza. Essa característica é chamada de “funcionalidade graduada”. Como as fibras de sustentação se situam nas partes mais externas, a concentração de amido existente no bambu está internamente preservada. Esse amido é uma das maiores preocupações em relação à durabilidade do bambu. A presença de substâncias que possam servir de alimento para insetos xilófagos, em especial ao *Dinoderus Minutos* (Figura 1.2 e 1.3), é extremamente prejudicial a correta determinação do tempo de durabilidade do material quando em uso em uma obra.

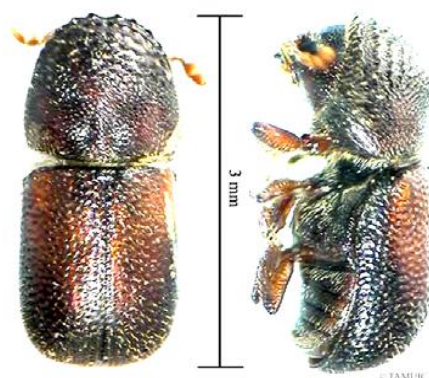


Figura 1.2 *Dinoderus minutus* (Broca do bambu ou caruncho)



Figura 1.3 Broca do bambu ou caruncho dentro do bambu.

De acordo com LIESE (1998), uma parte das células denominadas parênquimas possuem, como fonte de reserva, polímeros de amido, que se tornam um grande atrativo aos fungos e insetos xilófagos, após o corte. O tratamento químico do bambu é, portanto, fundamental para garantir sua durabilidade e vida útil prolongada. Existem vários tratamentos para varas de bambu e, em sua maioria, consistem em substituição de amido por substâncias químicas que dificultem a presença de agentes biológicos deterioradores do bambu. O tratamento com ácido bórico e bórax por imersão das varas e absorção por parte do bambu dos sais dissolvidos na água, é um dos mais usados no Brasil. O amido presente no bambu é diluído e sua concentração é reduzida, pois grande parte do mesmo fica retida na água do tanque, que deve ser trocada após algum tempo a fim de se evitar a saturação de matéria orgânica, ao mesmo tempo os sais da solução que foram absorvidos ficam aderidos na parede da lenhosa, dificultando a proliferação de organismos xilófagos. Outro método bastante

eficaz, mas pouco explorado no Brasil é o método Boucherie, idealizado por Boucherie (1873) apud Oliveira (1980). O tratamento consiste em fazer penetrar pelo extremo do bambu, através de pressão hidrostática, sulfato de cobre que expulsa a seiva ocupando o seu lugar. Uma luva de borracha é acoplada no extremo do caule do bambu (sem ramos e folhas) e se enche de produto químico. Isto feito cerra-se a outra extremidade do bambu e se coloca na posição vertical, de tal forma que o preservativo fique na parte superior e penetre no interior do caule por pressão hidrostática. Existem pesquisas que utilizam a mesma solução de ácido bórico e bórax do tratamento por imersão no método Boucherie, mas não há dados suficientes para se determinar a melhor opção. Há ainda uma variante do método Boucherie que aplica uma pressão sobre o preservativo, não necessitando estar à vara na posição vertical potencializando o resultado do tratamento e facilitando o posicionamento das varas - esse método é denominado de Boucherie modificado (Oliveira, 1980).

Outro método de tratamento muito usado, mas que não possui um resultado muito longo é o uso de substâncias como a Cipermetrina, substância do grupo dos piretróides (substâncias sintéticas derivadas da piretrina natural). É foto estável, não se degradando com a luz solar. Como muitos piretróides são um inseticida e acaricida de ação muito ampla e que possui baixa toxicidade para animais de sangue quente. É biodegradável e não apresenta perigo para o meio ambiente, mas é tóxica para peixes (WIKIPÉDIA, 2008). Há ainda a possibilidade de produtos voláteis que combatem de forma mais agressiva a broca. A princípio parecem acabar com a presença de insetos, mas com o passar do tempo perdem sua concentração e param de agir de forma satisfatória. O uso em excesso desses produtos podem afetar a saúde do aplicador e pessoas que utilizem o ambiente em curto espaço de tempo à aplicação do produto. O uso de verniz e selantes também ajudam na conservação do bambu, tanto na prevenção de ataques de insetos e fungos como à proteção ao sol. Existe um problema quanto à aderência de produtos selantes a parede externa do bambu. Algumas pesquisas estão sendo feitas sobre qual tipo de verniz seria o mais adequado e qual a durabilidade do mesmo, tendo desta forma uma média de tempo, para a qual haveria a necessidade de uma nova demão de verniz na estrutura.

O uso do bambu na construção civil é pequeno, mas seu potencial é imensurável ao se levar em conta a evolução de processos de tratamento, produção e estocagem para o bambu roliço (in natura) e a evolução da tecnologia para o processamento e produção do laminado colado de bambu- mais conhecido na China como LBL (Laminated Bamboo Lumber). Esse material pode ser utilizado na fabricação de painéis divisórios, forros, pisos, molduras, esquadrias, móveis e revestimento. O uso do bambu pode reduzir de forma significativa o

valor final de obras de interesse social. Facilita implantação de construções rurais já que o material pode ser plantado, colhido e tratado pelo próprio dono da propriedade. O uso do bambu em obras de grande porte já começa a ser comum. Devido ao seu baixo peso próprio, facilidade de transporte, fácil manuseio por parte da mão de obra no local da construção e extrema beleza arquitetônica, o bambu já pode ser visto em estruturas por todo o mundo. No presente trabalho serão apresentadas algumas dessas estruturas.

O uso do bambu na construção civil requer mão de obra especializada, apesar de o sistema construtivo ser bastante simples. Como qualquer outro material o bambu é bastante resistente a certos esforços e não tão resistente a outros. Por essa razão é necessário um estudo e acompanhamento de profissionais para a confecção de conexões e de posicionamento das varas para um adequado projeto estrutural. Algumas dessas técnicas serão abordadas no presente trabalho, demonstrando técnicas de conexões já existentes e suas funções nas estruturas. Vale salientar que o uso de conexões é praticamente ilimitado. Com a noção das forças atuantes no local da conexão e com um bom entendimento de como essas forças atuam sobre o bambu é possível o uso de conexões de várias formas e feitas de vários materiais de acordo com o gosto, disponibilidade e custo total da obra. Apesar de o bambu ter um preço mais baixo que outros materiais, o valor final ainda não pode ser considerado muito inferior a obras convencionais. Isto se deve ao fato de não existirem fornecedores de grande porte que garantam a qualidade do tratamento químico e secagem das varas de bambu e do custo da mão de obra ainda ser elevada devido à falta de pessoal capacitado em construção com bambu. Muitas vezes o responsável pela obra também é responsável pelo corte e tratamento. Tendo em vista que a maior parte de reservas naturais de bambu não tem manutenção quanto ao corte para facilitar o acesso, tornam-se muito difíceis de atingir as mesmas, fazendo com que o corte e transporte do bambu onerem ainda mais o valor da obra.

2. CARACTERÍSTICAS DO BAMBU

O que diferencia o bambu, de imediato, de outros materiais vegetais estruturais é a sua alta produtividade. Dois anos e meio após ter brotado do solo, o bambu possui resistência mecânica estrutural elevada, não havendo, portanto, nesse aspecto, nenhum concorrente no reino vegetal. Somam-se as características favoráveis uma forma tubular acabada, estruturalmente estável, uma baixa massa específica, uma geometria circular oca, otimizada em termos da razão resistência / massa do material. Os resultados dessas características implicam baixo custo de produção, facilidade de transporte e trabalhabilidade, as quais se

revertem em diminuição nos custos das construções (GHAVAMI, 1989,1992 ; MOREIRA e GHAVAMI,1995). No Brasil algumas espécies de bambus são mais usadas na construção civil, entre elas podem ser citadas:

Entoucerantes – Possuem crescimento radial. Crescem formando uma touceira, próximos um do outro.

- *Dendrocalamus giganteus* (bambu gigante) (Figura 2.1)



Figura 2.1. Touceira de *Dendrocalamus giganteus*.

- *Bambusa Vulgares* (Figura 2.2)



Figura 2.2. Touceira de *bambusa vulgares*

Alastrantes – Possuem crescimento descentralizado. Crescem de forma desordenada propagando-se continuamente para os lados.

- *Phyllostachys áurea* (Figura 2.3)



Figura 2.3. Mata de *Phyllostachys aurea* sem manutenção.

- *Phyllostachys heterocycla pubescens* (Mossô) (Figura 2.4).



Figura 2.4. Mata de *Phyllostachys heterocycla pubescens* com manutenção.

A diferença entre os diâmetros e tamanhos depende do tipo de cada bambu e da maturidade da vara. As propriedades mecânicas variam entre os diferentes tipos de bambu citados anteriormente. Desta forma a presença de um profissional qualificado é essencial para a escolha do bambu à ser usado.



Figura 2.5 Corte de colmos de *Dendrocalamus giganteus*, *bambusa Vulgares* e *Phyllostachys aurea* respectivamente nessa ordem.

Tabela 1.1. Dimensões e massas de colmos de diversas espécies (valores médios)

Espécies	Comprimento útil (m)	Diâmetro (cm)	Colmo	
			Massa (kg)	Compr. internódios (cm)
Bambusa vulgares	10,70	8,10	12,50	32,00
Bambusa vulgaris var. vittata	9,30	7,20	10,30	34,00
Bambusa oldhami	9,90	6,90	8,40	41,00
Bambusa nutans	10,00	5,80	7,80	38,00
Bambusa tulda	11,90	6,60	11,90	49,00
Bambusa beecheyana	9,00	7,80	10,50	28,00
Bambusa stenostachya	15,10	8,20	17,50	35,00
Bambusa tuldoidea	9,20	4,30	3,80	46,00
Bambusa textilis	8,10	4,80	3,30	44,00
Bambusa ventricosa	9,30	4,80	4,50	44,00
Bambusa maligensis	7,40	4,30	3,50	28,00
Bambusa dissimulator	9,50	4,60	5,20	41,00
Dendrocalamus asper	14,50	12,20	61,30	34,00
Dendrocalamus latiflorus	11,50	11,50	40,70	37,00
Dendrocalamus strictus	10,50	7,60	15,00	38,00
Dendrocalamus Giganteus	16,00	14,20	84,50	34,00
Ochlandra travancorica	11,30	9,40	26,00	40,00
Phyllostachys edulis	4,40	3,60	2,10	15,00

Fonte : SALGADO *et all*, 1994.

O crescimento do bambu é diferente das madeiras convencionais, seu crescimento é feito no sentido do solo para o topo e as partes mais próximas do terreno são as mais antigas possuindo propriedades mais vantajosas quanto à resistência e durabilidade. O sistema de fibras de sustentação do bambu composto por feixes dispostos na mesma direção longitudinal, quase que paralelos, porém o posicionamento das fibras sofre uma mudança junto ao nó. As fibras que vinham paralelas se misturam e fazem do nó um local de maior concentração de fibras em diversos sentidos, tendo o mesmo uma maior resistência a compressão e impedindo que haja separação das fibras longitudinais nos entrenós. Os nós exercem uma amarração transversal e proporcionam maior rigidez ao colmo de bambu (LOPEZ, 1974). O bambu possui uma flexibilidade muito boa podendo quando “verde” entortar até certo limite e não fissurar ou romper.



Figura 2.6. Parede do colmo de *Phyllostachys heterocycla pubescens*

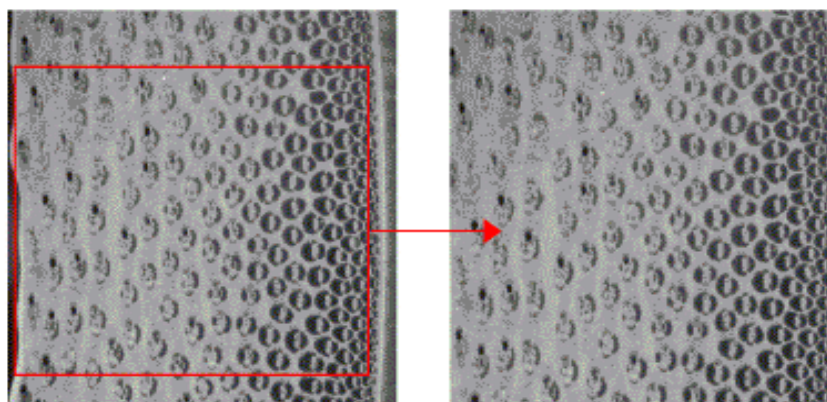


Figura 2.7. Variação da fração volumétrica das fibras na espessura do colmo de *Guadua Angustifolia*.

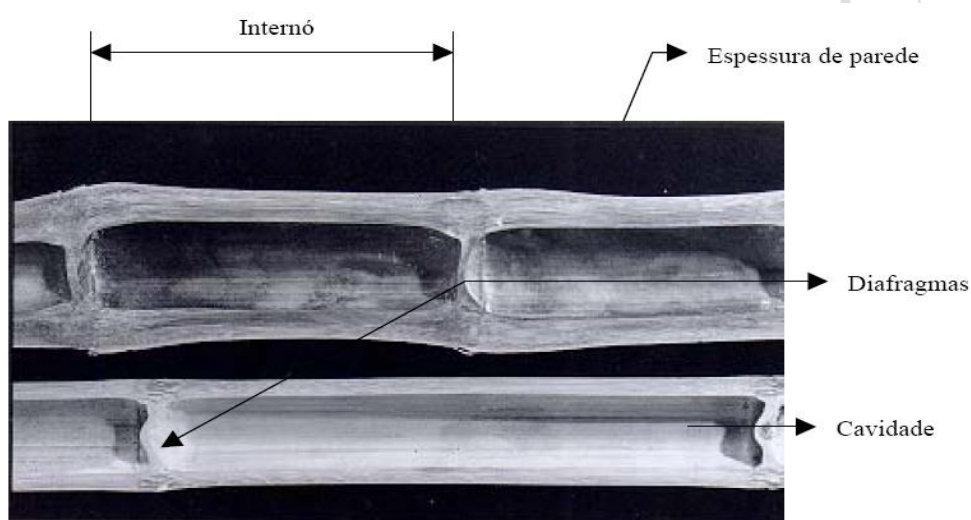


Figura 2.8. Seção de bambu cortado ao meio

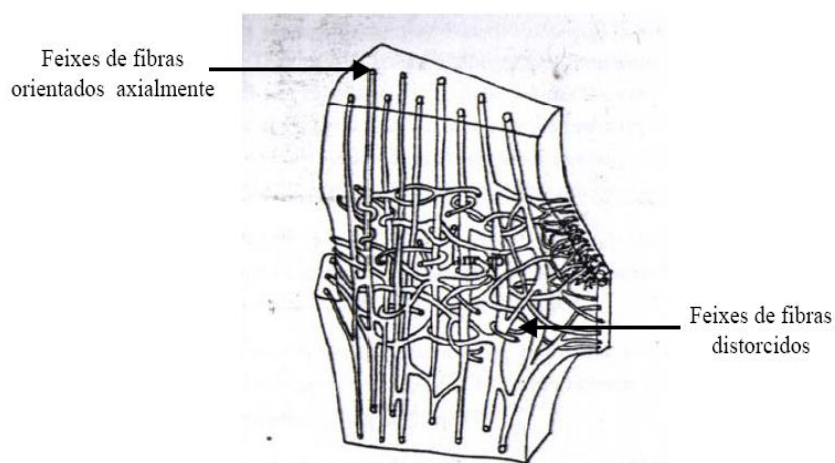


Figura 2.9. Distorção dos feixes fibrovasculares na região do nó. (LIESSE, 1998)

Baseado nos resultados obtidos nas pesquisas sobre bambu, durante as duas últimas décadas em várias partes do mundo, incluindo o Brasil, foi possível criar as primeiras normas para tal utilização. Sabendo que o conhecimento das normas é importante não apenas para o uso seguro, mas também para a divulgação de um material, o International Network for Bamboo and Rattan INBAR (1999) usou os resultados dessas pesquisas mundiais e propôs normas para a determinação das propriedades físicas e mecânicas dos bambus. As normas propostas foram analisadas pelo ICBO- International Conference of Building Officials e publicadas no relatório *AC 162: Acceptance Criteria for Structural Bamboo*, em março de 2000 (ICBO, 2000), as quais permitem a aplicação do bambu na construção, nos Estados Unidos da América (GAVAMI, 2003).

2.1 CARACTERÍSTICAS QUANTO A ESFORÇOS SOLICITANTES

As características mecânicas do bambu são influenciáveis principalmente pelos seguintes fatores: espécie, idade, tipo de solo, condições climáticas, época da colheita, teor de umidade das amostras, localização destas com respeito ao comprimento do colmo, presença ou ausência de nós nas amostras testadas e o tipo de teste realizado. O ótimo desempenho estrutural dos bambus quanto à compressão, torção, flexão e, sobretudo quanto à tração é conferido pela sua volumetria tubular e pelos arranjos longitudinais de suas fibras que formam feixes de micro tubos (Ghavami,1989).

Os resultados revelaram que, mesmo para a mesma espécie de bambu, ocorre uma alta variação na sua resistência, quando comparada ao aço. A alta dispersão de resultados é uma vantagem quando são consideradas cargas dinâmicas, como em terremotos e ciclones. Essa vantagem pode ser melhor visualizada em curvas de Distribuição Normal de Gauss(DNG) para o aço e bambu, quando se consideram a tensão de trabalho ou carga última. No caso do aço em que o desvio padrão da DNG é pequeno, qualquer erro no projeto ou na construção leva a um rápido colapso na estrutura, tendo em vista que os conhecimentos sobre esse material são ainda limitados. Acontece ao contrário à DNG no caso de bambu, para o qual o desvio padrão é maior. Além disso, o bambu usado em estruturas pode absorver alta energia e é muito seguro quando usado em zonas sujeitas a abalos sísmicos (JANSSEN, apud SCHNIEWIND, 1989). De acordo com Shukla e Prasad (1988), Sayial *et al.* (1988), a resistência específica do bambu é comparável àquela obtida com madeiras reputadas, tais como “Teca”(*Tectona grandis*) e “Sal” (*Shorea robusta*).

A maior dificuldade do estudo das características mecânicas do bambu refere-se à sua

forma geométrica peculiar, que nem sempre permite que se possam adotar diretamente as normas utilizadas no ensaio de madeiras. Os colmos de bambus apresentam, geralmente, uma comodidade importante, que impede a obtenção de corpos-de-prova homogêneos escolhidos de um mesmo colmo, podendo, também, desempenhar um papel importante no resultado dos ensaios. Lopez (1974), Liese, Sekar Rawat, apud Sanyial *et al.* (1988), destacaram a importância de haver uma normatização nos ensaios de bambus. Os resultados obtidos dependem fortemente de vários parâmetros inerentes a cada espécie, tais como a razão entre suas dimensões características, a amostragem, a procedência e, sobretudo, a idade do colmo.

Liese (1987) observou que as resistências à compressão e à tração do bambu são maiores durante seis anos, enquanto que amostras com idade superior a oito anos apresentam uma resistência mais elevada a flexão. Liese (1987) destacou a importância de se correlacionar a resistência mecânica do bambu com sua anatomia. O módulo de elasticidade (MOE) e a tensão ou módulo de ruptura (MOR) são fortemente correlacionados com o comprimento das fibras. A distribuição dos feixes vasculares de uma forma mais homogênea, por sua vez, favorece o fendilhamento do colmo. Por possuir todas as fibras no mesmo sentido, o uso do bambu a solicitações de tração e compressão são bastante usadas em estruturas com esse material.

2.1.2 COMPRESSÃO

O ensaio de amostras de bambu é normalmente feito com o uso de um pedaço da vara. Nesse caso, a ausência ou a presença de uma certa quantidade de nós na região considerada colmo e a posição e a distância entre os mesmos ao longo do colmo podem influir significativamente nos resultados (BERALDO, 2003).

Os colmos de bambus de maior diâmetro permitem a obtenção de pequenas amostras usinadas, o que torna os ensaios mais precisos, por evitar os prováveis deslizamentos entre o corpo-de-prova e os pratos de máquinas de ensaios, sobretudo nos casos em que a altura seja considerável. No caso do ensaio direto de alguns colmos, pode ser atingida uma carga da ordem de 20 t a 40 t, que, além de ultrapassar a capacidade de algumas máquinas de ensaio, necessita de condições particulares de segurança (BERALDO, 2003).

A resistência média dos corpos-de-prova cilíndricos é sempre superior àquela obtida utilizando-se corpos-de-prova que tenham sofrido modificações geométricas. Evidencia-se, dessa forma, a importância da presença de nós para o enrijecimento do colmo.

A determinação do módulo de elasticidade do bambu em compressão também

apresenta certas dificuldades. A deformação do corpo-de-prova é variável, dependendo se o sensor utilizado para medir a deformação (extensômetro) se encontre próximo da camada externa do colmo ou próximo de um nó. A camada externa deforma-se menos do que a camada interna, devido à diferença na distribuição dos elementos anatômicos. O módulo de elasticidade obtido nas camadas pode, desse modo, apresentar um valor duas a três vezes superiores a média da espécie (BERALDO, 2003).

Datta, apud Lopez (1974), foi um dos primeiros a estudar a resistência do bambu. Para corpos-de-prova de 30 cm de altura e 3 cm de diâmetro, o autor encontrou uma tensão de ruptura de 80 MPa e um módulo de elasticidade em torno de 20 GPa. Em consequência, conclui que o bambu poderia reforçar adequadamente o concreto em obras secundárias. A curva tensão-deformação no ensaio de compressão é quase linear. A resistência à compressão situa-se na faixa de 20 MPa a 120MPa, e o módulo de elasticidade varia entre 2,6 GPa e 20 GPa.

Beraldo (1987) estudou o comportamento em compressão de algumas espécies de bambus. Para *Phyllostachys sp* de diâmetro externo 43 mm e diâmetro interno igual a 34 mm, o autor obteve uma resistência à compressão de 55 MPa; corpos-de prova paralelepípedicos de *Dendrocalamus giganteus* apresentaram 93 MPa, enquanto que os de *Phyllostachys purpurata*, de diâmetro igual a 22mm e diâmetro interno de 10mm, e distância entre dois nós a 120 mm, apresentaram um valor médio de 65 MPa. Para essa espécie observou-se que corpos-de-prova dispostos de três nós apresentavam uma resistência à compressão 10% superior às dispostas de dois nós.

De acordo com Janssen, apud Schniewind (1989), o bambu, a exemplo da madeira, apresentou uma dependência estreita entre propriedades mecânicas e massa específica. A resistência à compressão (em MPa) pode ser estimada como igual ao produto da massa específica(em Kg/m³) por um fator 0,094. O autor destacou que o valor da resistência depende fortemente da proporção de fibras existentes no corpo-de-prova.

Vale salientar que como o bambu possui uma flexibilidade muito alta. Desta forma ao receber uma carga de compressão o bambu tende a ter uma maior flambagem lateral quanto maior for seu comprimento. Logo o uso de peças de travamento diminui o momento exercido sobre a peça e trava a mesma a deslocamentos laterais.

2.1.3 TRAÇÃO

As antigas pontes pênséis asiáticas foram construídas com tecidos trançados

provenientes das camadas externas de colmos de bambu. Tais pontes tornaram-se exemplos de uma combinação de leveza e excelente resistência mecânica à tração. A grande longevidade das pontes deveu-se à ausência de tecidos provenientes das camadas internas do colmo, os quais, conforme relatado anteriormente apresenta maior concentração de substâncias atrativas aos insetos (LOPEZ, 1989).

Teoricamente, a resistência de tecidos da região externa do bambu, submetido à tração paralela, pode atingir valores da ordem de 260 MPa (ONU, 1972). A resistência à tração é de 2,5 a 3,5 vezes aquela obtida em ensaios de compreensão (SCHNIEWIND, 1989).

A resistência à tração do bambu é elevada e, em algumas espécies, pode atingir até 370 MPa. Isso torna atrativo o uso do bambu como um substituto para o aço, especialmente quando for considerada a razão entre sua resistência à tração e sua massa específica, conforme mostrado na Tabela 2.1. Pode ser notado que a razão entre a resistência à tração do bambu e sua massa específica (s/g) é, mais do que 2,34 vezes aquela obtida para o aço CA 50. Em geral, a resistência à tração do bambu, com ou sem nó, situa-se entre 40 MPa e 215 MPa, e o seu módulo de elasticidade varia entre 5,5 GPa e 18 GPa.

Tabela 2.1 – Razão entre tensão de tração e a massa específica de alguns materiais.

Tipo de Material	Resistência à tração (MPa)	Peso específico γ (N/mm³ x 10²)	$R = \frac{\sigma}{\gamma} \times 10^2$	$\frac{R}{R_{aço}}$
Aço CA 50	500	7,83	0,64	1,00
Alumínio	300	2,79	1,07	1,67
Ferro Fundido	280	7,70	0,39	0,61
Bambu	120	0,8	1,5	2,34

Fonte: Tecnologias e materiais alternativos de construção (2003).

A montagem de um ensaio de tração do bambu é uma operação particularmente delicada. A simples pressão das garras da máquina de ensaio pode provocar a ruptura dos corpos-de-prova por compressão transversal. Se a pressão não for suficiente, pode ocorrer o deslizamento do colmo durante a realização do carregamento.

Para que os ensaios sejam realizados em condições satisfatórias, torna-se indispensável, de um lado, utilizar corpos-de-prova proveniente da região central do colmo (e usinados, como no caso da madeira), e, por outro lado, proteger a ação perturbadora das garras da máquina de ensaio pela colocação de proteções de borracha, resinas ou placas de alumínio visando, igualmente, eliminar o escorregamento (GHAVAMI,1988). No caso da

utilização de espécies de maior diâmetro, podem-se obter corpos-de-prova paralelepípedicos com equipamentos simples (serra e plaina). Para as demais espécies, onde a curvatura do colmo seja mais acentuada, torna-se necessário proteger a forma curva das extremidades do colmo pelo seu envolvimento com pastas de cimento ou com resina, para permitir que ocorra uma junção efetiva com as garras da máquina de ensaio.

Apesar da resistência do bambu à tração não depender da região do colmo onde foi efetuada a amostragem (GHAVAMI e HOMBECK, 1981), ela pode ser reduzida consideravelmente pela presença de nós (LOPEZ, 1974). Na região do colmo onde os nós se encontram presentes, ocorre uma concentração de tensões durante os ensaios, pois os feixes de fibras, ao sofrerem um desvio lateral, ocasionam pontos de menor resistência. Teoricamente, os corpos-de-prova que apresentarem nós na região central tenderão a apresentar resultados inferiores a média da espécie.



Figura 2.10. Corpos de prova submetidos a testes de tração. (Fonte: Rafaela Gomes)

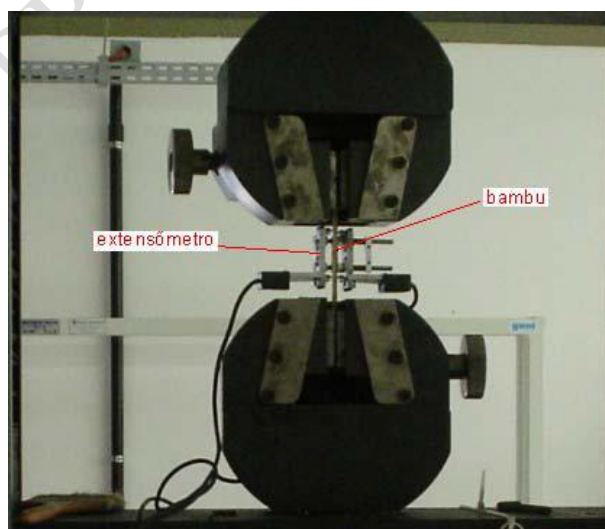


Figura 2.11. Ensaio à tração do bambu – EMIC – NPT - UFAL

2.1.4 FLEXÃO

As espécies que apresentarem maior diâmetro (e maior distância entre os nós) permitem a confecção de corpos-de-prova semelhantes aos das madeiras. No entanto, enquanto que, no caso das madeiras, se deve adotar uma posição adequada no corpo-de-prova, considerando a disposição dos raios (paralelos ou perpendiculares ao carregamento), para o bambu, um cuidado semelhante deve ser tomado em relação à disposição da camada externa do colmo (casca).

A maior concentração de feixes de fibras nessa camada indica, provavelmente, que o corpo-de-prova apresentará maior resistência se a camada externa (casca) estiver abaixo da linha neutra, na região onde o corpo-de-prova se encontra submetido à tração. No entanto, ensaios de flexão estática (vão de 150 mm) realizados sobre corpos-de-prova de *Dendrocalamus giganteus* apresentaram resultados contraditórios à essa suposição, porém concordantes com o relatório da ONU (1972). Pôde ser observado também o efeito da baixa resistência das camadas superiores na região de compressão, o que induzia à ruptura prematura do corpo-de-prova (Beraldo, 1994). Apesar de realizar numerosos ensaios com a espécie *Guadua angustifolia*, Lopes (1974) não conseguiu confirmar o possível papel desempenhado pela posição da camada externa durante o ensaio de flexão, denotando não haver uma influência significativa desse fator nos resultados obtidos.

O comportamento à flexão do bambu, como um todo ou de seus segmentos, é muito importante na análise estrutural e vários trabalhos experimentais estão sendo desenvolvidos para estabelecer esse tipo de resistência. Em geral, os resultados observados na literatura disponível situam a resistência do bambu à flexão entre 30 MPa e 170 MPa. Essa variação se deve não apenas à sua própria resistência à flexão, mas também pode ser causada pelo tipo de teste de flexão e pelo tamanho da amostra usada na execução destes testes. O módulo de elasticidade dos colmos de bambus estudados na flexão, usando segmentos de bambu, variou entre 6 GPa e 14 GPa, e sua resistência à flexão variou de 57 MPa a 133 MPa (BERALDO, 2003).

No caso de se utilizar bambus de pequeno diâmetro, pode-se, teoricamente, calcular os resultados supondo-se que os corpos-de-prova sejam tubos de paredes finas e homogêneas. No entanto, os colmos de bambu apresentam espessuras variáveis significativamente diferentes nas vizinhanças dos nós. Nessa região ocorre um aumento na espessura da parede, além de mudanças na direção dos feixes de fibras.

As diferentes espécies, ou amostras recolhidas de um mesmo colmo, apresentam

diferenças nas distâncias entre nós consecutivos, ou no número de nós existentes na região do colmo situada entre os apoios. Desse modo, torna-se extremamente difícil a comparação dos resultados apresentados na Tabela 2.2 (BERALDO, 1987). Observa-se, no entanto, que o módulo de elasticidade é da ordem daquele observado em madeiras de boa resistência.

Tabela 2.2 – Resistência dos bambus à flexão (BERALDO, 1987).

Nome botânico	Limite elástico(MPa)	Tensão na ruptura(MPa)	MOE (GPa)
<i>B. tuldooides</i>	95	153	20
<i>B. vulgaris</i>	48	106	8
<i>B.v. Vittata</i>	40	75	5
<i>D. giganteus</i>	86	151	12
<i>P.purpuratta</i>	42	69	8



Figura 2.12. Ensaio a Flexão em uma amostra de bambu.

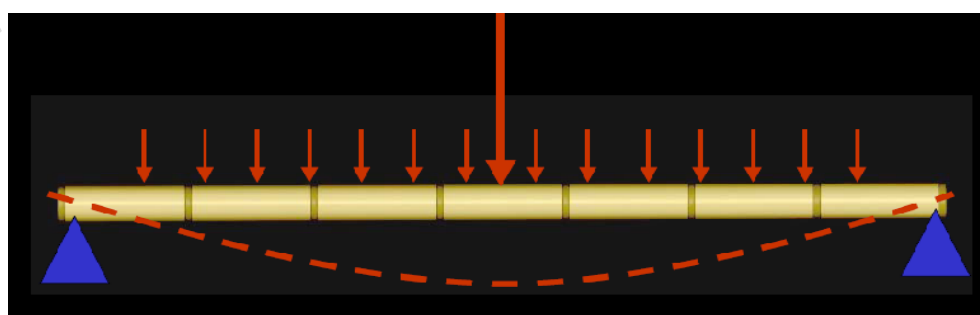


Figura 2.13. Sistema de cargas distribuídas e pontuais em uma amostra de bambu.



Figura 2.14. Exemplo de carga distribuída em uma peça submetida a flexão estática.



Figura 2.15. Exemplo de carga pontual em uma peça submetida a flexão estática.

2.1.5 TORÇÃO

A seção circular é a única seção ou arranjo geométrico possível capaz de abarcar o máximo de conteúdo com o mínimo de perímetro ou superfície. Isto é uma qualidade natural e inerente da circunferência que é utilizada pela natureza, nos caules e nas raízes das plantas, nas artérias e veias do corpo humano etc.

Devido ao seu formato cilíndrico o bambu possui boas propriedades quando submetido a forças de torção. Feita uma analogia a uma fila de pessoas em formato circular a força que uma pessoa exerce sobre a outra é passada adiante já que não existe espaço para onde a força se desloque (Figura 2.16 e 2.17).



Figura 2.16. Representação de um sistema contínuo de tensões.

Contudo as fibras do bambu são facilmente descoladas, esse deslocamento pode ser muito prejudicial ao sistema de tensão, causando uma descontinuidade no mesmo. Essa descontinuidade tende a diminuir as resistências à torção da vara.



Figura 2.17. Representação de um sistema descontínuo de tensões.

2.1.6 CISALHAMENTO E ESMAGAMENTO

A força de cisalhamento no bambu é paralela ao sentido das fibras. Esse é o ponto fraco do bambu, os menores valores obtidos em testes de laboratório para resistência são para cisalhamento. Isto se deve ao fato das fibras serem unidas umas as outras unicamente por elementos naturais colantes e o descolamento das fibras serem iniciados com baixos valores de tensões. O aparecimento de fissuras, que surgem por forças de cisalhamento, pode ser um problema sério em estruturas de bambu. Além de surgirem preocupações quanto à queda de resistência da estrutura, o aparecimento de fissuras também serve de local de entrada de água e penetração de insetos que podem diminuir a vida útil do bambu. É possível dividir um bambu perfeitamente ao meio usando apenas um facão e um martelo, colocando o facão paralelo as fibras e aplicando golpes no mesmo com o martelo, as fibras se separam sem muito esforço (Figura 2.18). Este é um conceito importante, pois facilita muito a confecção de

algumas conexões que precisam de corte paralelo as fibras.



Figura 2.18. Corte feito no sentido das fibras com o uso de um facão e martelo.

Em geral, quanto maior o teor de umidade do bambu, bem menor será sua resistência ao cisalhamento. A resistência ao cisalhamento perpendicular às fibras do bambu situa-se em torno de 30% de sua resistência à flexão, ou seja, em torno de 32 MPa (variação entre 20 MPa e 65 MPa). A resistência ao cisalhamento longitudinal às fibras é de, aproximadamente, 15% de sua resistência à compressão, ou seja, em torno de 6 MPa, com variação de 4 MPa a 10MPa (BERALDO, 2003).

Um sistema de secagem mais adequado, que faça com que a perda de umidade no bambu seja feita de forma controlada pode aumentar os valores de cisalhamento e impedir que a peça fissure facilmente.

3. TÉCNICAS CONSTRUTIVAS COM BAMBU

A variação na espessura da parede do bambu e a distância entre nós interferem nos valores finais obtidos para resistências, porém esses valores não interferem muito no resultado final já que o valor do fator de segurança usado em cálculo estrutural de bambu é em torno de 4, ou seja a carga para qual a estrutura é projetada equivale a quatro vezes a carga real de solicitação de projeto. Esse valor pode ser considerado muito alto já que o fator de segurança para obras convencionais não ultrapassa 1,5.

A maioria das conexões entre varas de bambu não atingem rigidez muito alta o que faz com que a conexão possa ser considerada rotulada. Como a estrutura não possui rigidez suficiente é necessário o uso de elementos como tesouras e triangulamento de varas para travamento da mesma. Estes elementos aumentam significativamente os valores de resistência final da estrutura, logo o fato de se ter um fator de segurança tão alto não interfere muito no

preço final já que os elementos que garantem estes valores são indispensáveis para um adequado projeto estrutural.

Como no Brasil não há normatização técnica para o uso do bambu em construções é necessário sempre garantir a segurança do usuário, para não ter nenhuma surpresa futura. Levando em conta que obras de bambu necessitam de supervisão anual para observar como a estrutura reage às intempéries do local. Faz-se necessário, caso haja algum problema, a manutenção da obra. Ela pode variar desde a aplicação de nova demão de verniz, possível controle de fissuras ou até substituição de peças. Esse é outro ponto forte de estruturas bem projetadas, caso seja necessário a substituição de alguma peça estrutural não há necessidade de desmonte total, apenas apoio de pontos próximos e substituição da peça.

3.1 DISTÂNCIA DO SOLO

A qualidade das estruturas de bambu na construção civil é diretamente proporcional ao uso de técnicas construtivas destinadas a este material. Algumas são básicas, porém muito importantes, o bambu deve sempre manter uma distância do solo, a fim de se evitar o contato direto das peças com a umidade do terreno, que pode causar o aparecimento de fungos, aumentar a umidade interna e diminuir a resistência do material. Uma distância comprovadamente segura seria entorno de 50 cm de elevação, podendo ser usados vários tipos de apoios como base de concreto (Figura 3.2), conexões de aço ou até mesmo garrafas pets preenchidas de concreto. Há também a possibilidade da impermeabilização do pavimento ou da vara de bambu (Figura 3.1), porém tais técnicas são mais proveitosas mantendo distância da umidade do solo. O uso de parte do bambu enterrado só é sugerido para estruturas rurais que não sejam feitas para durar muito tempo ou suportar uma carga muito elevada.



Figura 3.1. Impermeabilização da vara com saco plástico para ser enterrada.



Figura 3.2. Base de concreto.

3.2 LIGAÇÃO BAMBU – FUNDAÇÃO

A ligação das varas com a fundação pode ser feita de várias maneiras, a mais usada e o preenchimento do colmo com concreto, feito através de uma abertura circular acima do nível de massa a ser usado (Figura3.3). Para uma interação ideal entre vara e fundação deve-se usar uma barra de ferro chumbada pelo menos a 30 cm na fundação e 30 cm dentro da vara. Sempre observando a aderência entre a barra de ferro e o concreto.



Figura 3.3. Abertura para preenchimento da vara com concreto.

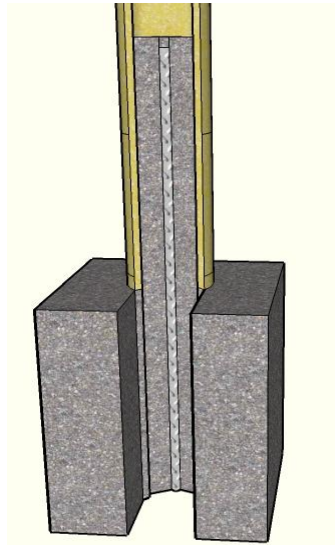


Figura 3.4. Ligação concreto bambu

3.2.1. PREENCHIMENTO DOS COLMOS

Para um adequado preenchimento dos colmos faz-se necessário observar alguns detalhes, os quais são comentados a seguir;

3.2.1.1 CONSISTÊNCIA DA ARGAMASSA

O uso de argamassa muito densa ou com agregados muito grandes dificulta a introdução da massa pelo orifício aberto na vara, além do preenchimento total do colmo não ficar muito homogêneo, possuindo espaços vazios ou com concentrações diferenciadas de cimento. O ideal seria uma argamassa com menor teor de agregados e maior concentração de cimento.

3.2.1.2 VIBRAÇÃO DURANTE O PREENCHIMENTO

Durante toda a fase de preenchimento do colmo é necessário algum tipo de vibração para que o adensamento do concreto seja feito de forma homogênea. Essa vibração pode ser feita com o uso de vibradores de concreto ou até mesmo com um martelo de borracha, batendo no bambu enquanto se joga argamassa dentro do colmo.

3.2.1.3 SISTEMAS DE INTRODUÇÃO DE ARGAMASSA

Dependendo da angulação da vara que será preenchida, os usos de sistemas diferenciados para a introdução da argamassa podem facilitar muito na hora do preenchimento. O adequado seria o uso de elementos que aumentem a área de estocagem de argamassa e possuam uma diminuição do diâmetro final de forma que o mesmo se adapte melhor ao buraco aberto no bambu (Figura 3.5 e 3.6). A abertura feita no bambu possui um melhor acabamento final quanto menor for seu diâmetro, logo o se o sistema usado conseguir inserir a argamassa de forma adequada usando um diâmetro pequeno melhor será o resultado final.



Figura 3.5. Preenchimento da vara com concreto usando pedaços de bambu.



Figura 3.6. Preenchimento da vara com concreto usando garrafas pets.

3.3 CONEXÕES

O bambu é usado a mais de 1000 anos na construção civil, as conexões antigas usavam corda ou fibras naturais para unir as varas na estrutura. O próprio bambu pode receber um corte de modo a haver conexão perfeita entre as varas, agindo assim como ponto conectivo o contato entre elas (Figura 3.7).

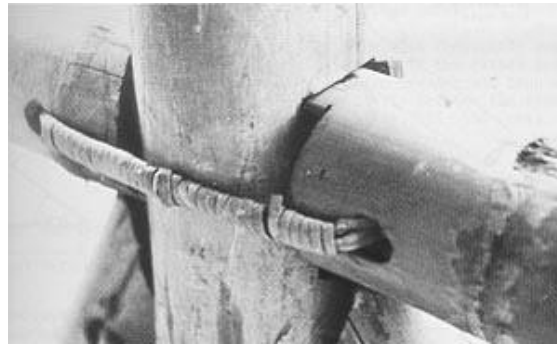


Figura 3.7. Conexão feita com fibras naturais e encaixe de bambus.

Esse tipo de conexão, apesar de ser resistente, não oferece muita credibilidade e duração às estruturas feitas de bambu. Além de não usar o bambu da forma mais adequada, pois alguns encaixes desse tipo tendem a cisalhar o bambu, propriedade pouco resistente desse material. Contudo com o passar do tempo e o aumento de pesquisas nesta área e conhecimento acerca das propriedades do bambu, foram criados novas conexões que são as mais usadas para as estruturas atuais. É necessário enfatizar que as conexões podem ser feitas dos mais diversos tipos e materiais, o importante é saber como as forças estão atuando e se a resistência é adequada.

3.3.1 BOCA DE PESCADO E VARIAÇÕES

Essa conexão é uma das mais usadas, possuindo diversas modificações. Com o uso de uma serra copo do mesmo diâmetro da vara que vai receber a conexão é feito um corte por toda a extensão da vara, fazendo um encaixe em forma de boca de peixe. É muito importante que o corte seja feito de forma a encaixar adequadamente na outra vara a fim de se evitar o cisalhamento no local de apoio entre as peças.



Figura 3.8. Serra copo usada para confecção da boca de pescado.

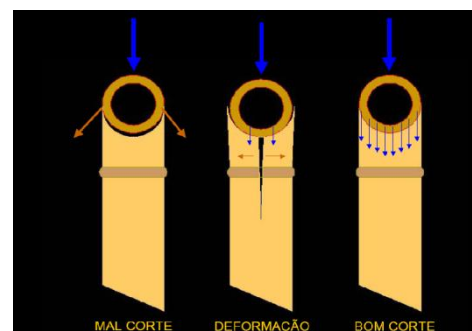


Figura 3.9. Forças devido ao corte na junção entre as peças.

Apoiando de forma correta as duas varas de bambu, tem-se um apoio seguro entre as peças, porém as mesmas ainda estão soltas. Necessitando de uma ligação segura contra momentos aplicados neste ponto e contra força de empuxo causada pelo vento, que é fator importante em obras de bambu devido ao seu baixo peso próprio. Esta ligação é feita com o uso de barras roscadas, porcas e arruelas de metal (Figura 3.11). O uso de arruelas de PVC é muito indicado em conexões de bambu, pois aumenta a área de contato e diminuiu a tensão de pressão feita com o aperto da porca sobre o bambu, diminuindo o aparecimento de fissuras por excesso de aperto.

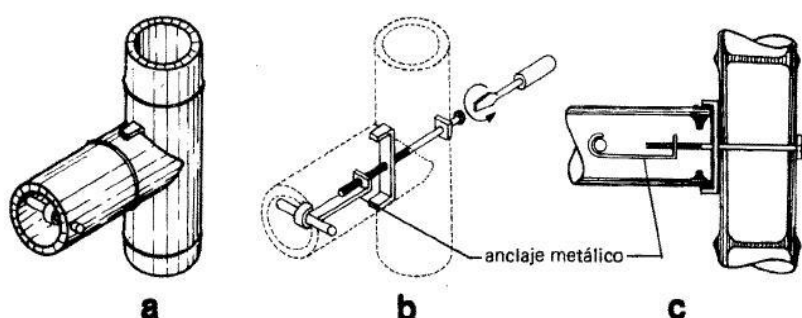


Figura 3.10. Sistema de conexão boca de pescado.(LOPEZ, 1998)



Figura 3.11. Porcas e arruelas



Figura 3.12. Boca de pescado reforçada

No sistema apresentado na figura 3.10 a conexão usada é feita por encomenda, porém é possível o uso de um único pedaço de barra roscada, que pode ser entortado em forma de “anzol”. O uso de uma única barra roscada é menos resistente, já que ao entortar a mesma seu estado de tensões é afetado. A técnica de boca de pescado é muito usada em estruturas de bambu pelo fato de poder ser alterada de acordo com a necessidade da conexão. Pode haver mudança do ângulo de encaixe entre as varas, sendo necessário para isso um corte diferenciado que é feito da mesma forma, com o uso de uma serra copo. Na hora de fazer o

o corte o operador da serra-copo pode fazer um ângulo entre a mesma e a vara de bambu, ângulo entre 0° e 90° , afim de que haja um formato adequado de encaixe entre as varas (Figura 3.13 e 3.14). Pode ser usada uma serra tico-tico para acabamentos finais com a finalidade de melhorar a área de contato entre as peças.

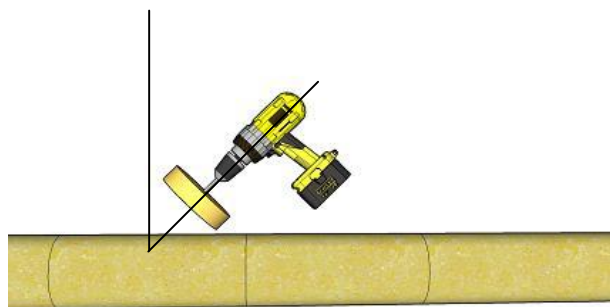


Figura 3.13. Variação de ângulo de corte.



Figura 3.14. Encaixe entre peças

O ângulo de corte varia de acordo a inclinação das peças que serão usadas, a figura 3.15 apresenta alguns desses ângulos juntamente com algumas outras formas de conexão entre as varas.

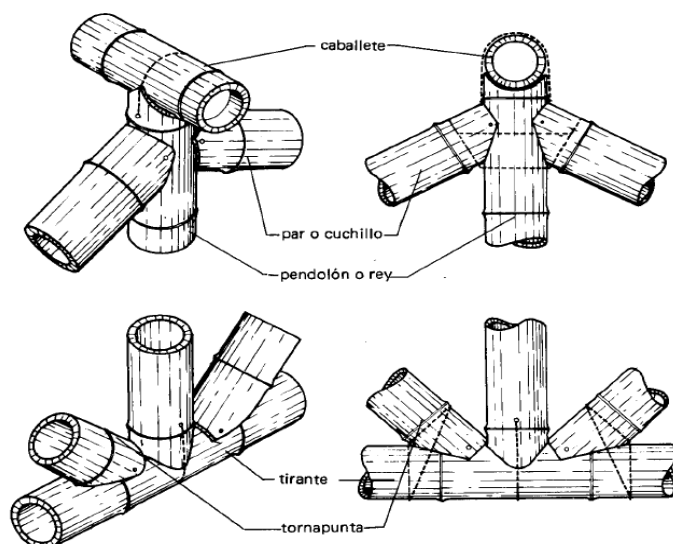


Figura 3.15. Variação de ângulos e cortes. (LOPEZ, 1998)

Para uma maior rigidez e maior segurança contra forças de esmagamento nas conexões, os entrenós podem ser preenchidos com concreto ou algum outro material que aumente a resistência do local (Figura 3.16 e 3.17).

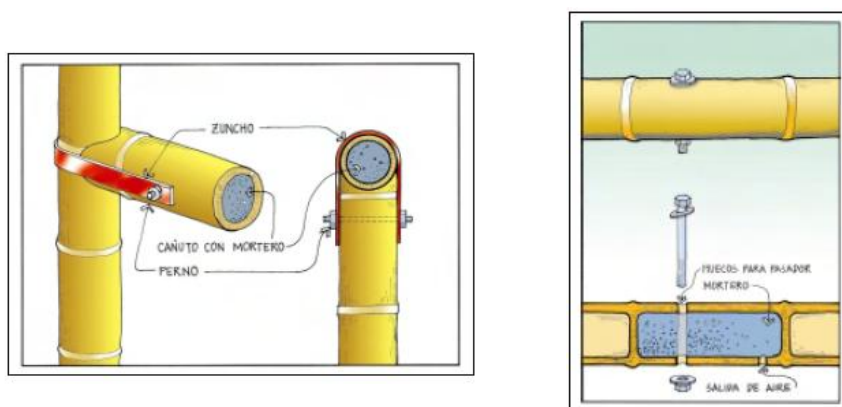


Figura 3.16 e 3.17. Preenchimento dos entrenós com concreto (fonte : Manual de construcción sismo resistente de viviendas em bahareque encementado)

O ponto mais importante nas conexões em estruturas de bambu é diminuir ao máximo as forças de cisalhamento e esmagamento. Existem várias conexões que já são amplamente conhecidas e usadas e tantas outras que surgem para resolver os problemas nas mais variadas formas de conexão. Não há muitos materiais ou pesquisas que informe qual são as corretas e quais as erradas, contudo existem pesquisas sobre algumas conexões que já são amplamente usadas, demonstrando pontos fracos e cargas de ruptura.

3.3.2 CONEXÕES TIPO SIMON VELEZ

Algumas das maiores obras de bambu no mundo são projetadas pelo arquiteto colombiano Simon Velez. O uso de concreto para preenchimento dos colmos em que as ferragens e os esforços mais atuantes se encontram é uma característica das obras desse arquiteto. As figuras 3.18 a 3.26 apresentam algumas das conexões usadas por ele e testadas por estudantes colombianos em testes de ruptura por carga (Estudio de uniones em Guadua com ângulo de inclinación entre elementos, 2003).

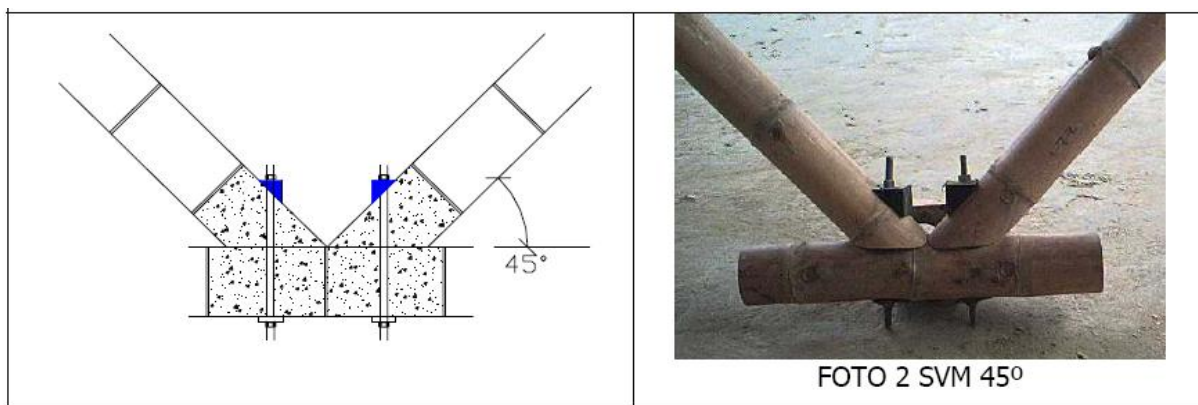


Figura 3.18. Conexão Simon Velez (SV) 45°.



Figura 3.19. Ruptura da conexão SV 45° devido a tração.

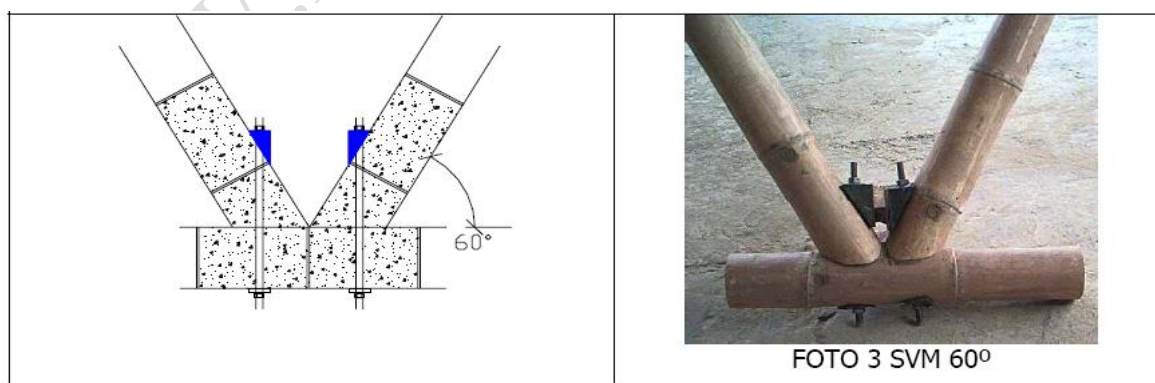


Figura 3.20. Conexão Simon Velez (SV) 60°.



Figura 3.21. Ruptura da conexão SV 60° devido a tração.



Figura 3.22. Conexão Simon Velez (SV) 90°.



Figura 3.23. Teste de compressão na Conexão SV 90°



Figura 3.24. Ruptura da Conexão SV 90° por compressão.



Figura 3.25. Ruptura da Conexão SV 90° à tração.



Figura 3.26. Ruptura da Conexão SV 90° por compressão.

3.3.2.1 RESULTADOS OBTIDOS

Tabela 3.1 Resultados obtidos para conexão Simon Velez 90° à compressão e tração.

COMPRESIÓN					
PROB	Q (Kg.)	ϕ (prom)	e^* Prom.	An (cm ²)	σ (kg/cm ²)
1	5451,65	10,79	1,74	56,78	96,02
2	4595,58	10,41	1,39	45,42	101,17
3	4169,74	11,38	1,71	59,78	69,76
4	3919,50	11,60	1,38	51,02	76,82

TENSION					
PROB	Q (Kg.)	Ai (cm ²)	Av (cm ²)	An (cm ²)	σ (kg/cm ²)
1	1597,13	60,45	2,85	57,60	27,73
2	1878,10	58,84	2,85	55,99	33,54
3	1869,32	51,43	2,85	48,58	38,48
4	1684,93	46,67	2,85	43,82	38,45

Tabela 3.2 Resultados obtidos para conexão Simon Velez 45° à compressão e tração.

TENSIÓN (Elemento 1)				
PROB	Du	Q (Kg.)	ϕ (prom)	e prom
1	126	936,41	10,59	1,94
2	103	899,20	10,75	1,52
3	115	1011,93	9,94	1,15
4	90	777,07	9,97	1,65
5	142	1265,57	10,56	1,64
6	131	1162,23	9,90	1,46
7	88	758,28	10,24	1,20
8	114	1002,53	11,45	1,65
9	85	730,10	10,04	1,06

COMPRESIÓN (elemento 2)				
PROB	Du	Q (Kg.)	ϕ (prom)	e prom
1	230	1017,64	10,74	1,81
2	237	1048,37	10,17	1,05
3	236	1043,98	10,38	1,01
4	210	929,83	10,26	1,97
5	228	1008,86	11,46	1,81
6	256	1131,78	9,93	1,36
7	425	1873,71	10,53	1,43
8	248	1096,66	11,52	1,82
9	430	1895,66	10,32	1,20

Tabela 3.3 Resultados obtidos para conexão Simon Velez 60° à compressão e tração.

TENSIÓN (Elemento 1)				
PROB	Du	Q (Kg)	ϕ (prom)	e prom
1	64	532,83	9,69	0,95
2	98	852,23	10,91	1,52
3	64	532,83	9,85	1,02
4	68	570,40	9,66	1,10
5	73	617,37	10,19	1,24
6	66	551,61	10,94	1,56
7	75	636,16	10,64	1,21
8	68	570,40	9,51	1,24
9	90	777,07	11,03	1,42
10	75	636,16	10,87	1,02

COMPRESIÓN (Elemento 2)				
PROB	Du	Q (Kg)	ϕ (prom)	e prom
1	540	2378,57	9,91	1,12
2	570	2510,27	10,75	1,35
3	526	2317,11	9,39	1,36
4	726	3195,13	9,80	1,08
5	966	4248,76	9,42	1,32
6	590	2598,08	11,05	2,02
7	602	2650,76	10,32	1,10
8	559	2461,98	9,63	1,42
9	576	2536,61	11,04	1,37
10	611	2690,27	11,03	1,03

COMPRESIÓN (Cordón Principal)			
PROB	Q (kg)	ϕ (prom)	e prom
1	1455,70	10,63	1,40
2	1681,25	10,96	1,46
3	1424,97	9,80	1,27
4	1882,77	9,77	1,82
5	2433,07	9,95	1,61
6	1574,85	10,67	1,31
7	2433,07	11,08	1,24
8	1506,80	9,77	1,45
9	1553,51	11,31	1,74
10	1733,67	10,86	1,02

3.4 UNIÃO DE VARAS NO MESMO SENTIDO

Em alguns projetos estruturais existem peças que possuem um tamanho relativamente grande. Apesar de algumas varas de bambu chegarem a ter mais de 30 metros de altura existem características que dificultam o uso de uma única vara:

- Dificuldade de transporte de peças muito longas;
- Perda das características mecânicas entre o topo e a base;
- Diferença do diâmetro entre o topo e a base;
- Aparecimento de ramos na ponta da vara;

A solução mais adequada é juntar pedaços de diferentes varas com as características necessárias e uní-las formando uma única vara. Há diferentes formas de fazer a união das varas.

Serão citados três tipos;

- União com embuchamento interno;
- União por trespasses de vara;
- União por trespasses e embuchamento interno;

3.4.1 UNIÃO COM EMBUCHAMENTO INTERNO

A união é feita entre duas varas com o uso de um elemento conectivo feito com um pedaço de uma terceira vara. A seguir serão mostrados os passos a serem seguidos.

1. Buscar varas que possuam as características necessárias para implantação, tais como tamanho de parede, peso próprio, resistência aparente e diâmetro das varas, que deve ser semelhante (figura 3.26).



Figura 3.26. Escolha das varas.

2. Deve-se fazer o corte “seco” com o uso de uma cegueta o mais longe possível do ultimo nó da vara, imediatamente antes do nó seguinte (Figura 3.27).

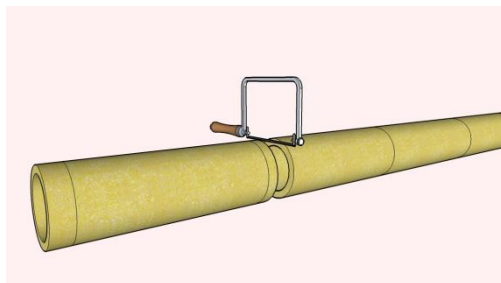


Figura 3.27. Corte seco (Perpendicular à vara)

3. A vara que fará a união entre as outras duas deve possuir diâmetro semelhante ao diâmetro interno das varas que serão unidas. Deve-se cortar o pedaço de união com o mesmo tamanho do espaçamento entre os nós das duas varas que receberam o corte seco, fazendo com que o nó central da vara se situe o mais centralizado possível na junção (Figura 3.28 e 3.29).



Figura 3.28. Corte da peça interna.



Figura 3.29. União entre varas.

4. Com o auxílio de uma máquina de furar, deve usar um broca com tamanho suficiente para fazer um furo perpendicular ao comprimento das varas de forma que as duas paredes sejam perfuradas. O local mais adequado para o furo seria $1/3$, mais próximo ao nó, da distância do entrenó (Figura 3.30).

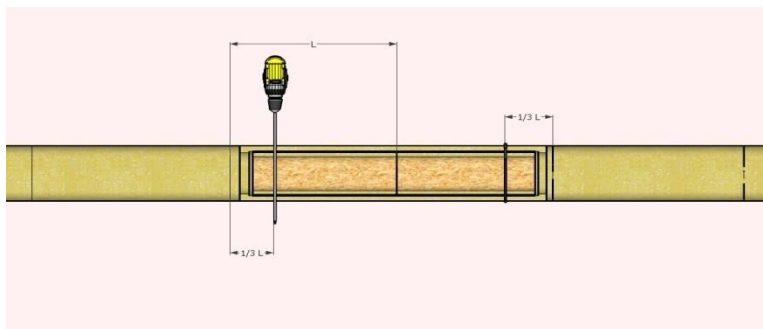


Figura 3.30. Distância adequada para o furo.

5. Após o furo ser feito deve ser usado um pedaço de barra rosca, que deve ser colocado dentro do furo, usando uma porca, uma arruela de aço e uma arruela de PVC, nessa mesma ordem no sentido do bambu, é dado uma certa pressão de ambos os lados até que a porca fique firme à barra rosca, proporcionando uma pressão no bambu que deve ser observada. Se a pressão for muito grande o bambu pode rachar (Figura 3.31).



Figura 3.31. Sistema porca, arruela de aço, arruela de PVC.

6. Como o corte seco foi feito imediatamente antes do ultimo nó as pontas das varas que foram unidas estão sujeitas a fissuras por descolamento das fibras. Nesse caso o mais indicado seria o uso de braçadeiras de aço e torno da vara, servindo para manter o sistema de tensões em forma circular (Figura 3.32).



Figura 3.32. Uso de braçadeiras de aço evitando o aparecimento de fissuras.

3.4.2 UNIÃO POR TRESPASSE DE VARA

Essa união é feita sem o uso de um terceiro elemento conectivo entre as duas varas a serem unidas. A seguir estão detalhadas as etapas de união.

1. Buscar varas que possuam as características necessárias para implantação, tais como tamanho de parede, peso próprio, resistência aparente e diâmetro das varas, que deve ser semelhante.
2. As varas devem ser cortadas com o tamanho especificado em projeto acrescido do tamanho “L” que haverá de trespasse entre as varas. Como as varas serão unidas uma por cima da outra o diâmetro total da união entre as varas será a soma dos dois diâmetros. Por essa razão deve-se observar se esse tipo ligação não irá atrapalhar no projeto estrutural ou na estética do projeto (Figura 3.33).

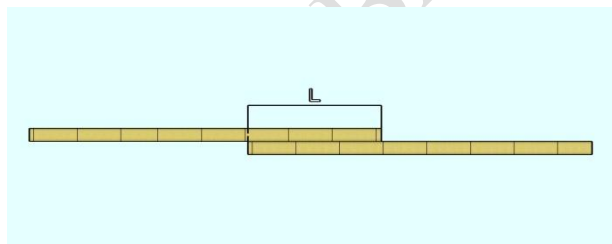


Figura 3.33. Trespasse entre varas.

3. As varas devem ser unidas da mesma forma da união com embuchamento interno. Com o auxílio de uma furadeira deve-se fazer no mínimo dois furos que passem pelas duas varas. Usando um pedaço de barra rosca, porcas e arruelas deve-se unir as duas varas (figura 3.34).

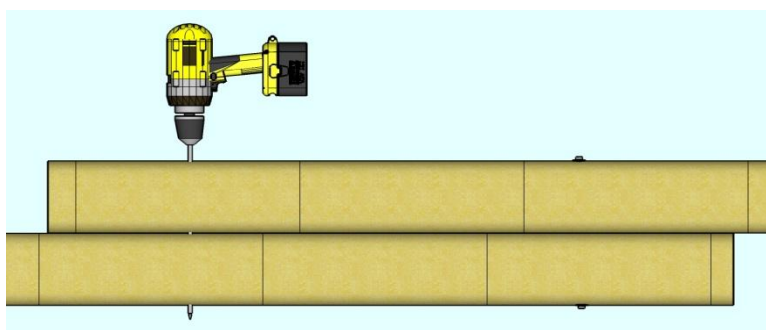


Figura 3.34. Sistema de furos na união por trespasse de varas.

4. O uso de uma braçadeira de aço entre as pontas que sofreram corte seco e o local onde se encontra a ligação com a barra rosca é aconselhado, pois dificulta o aparecimento de fissuras causadas por descolamento de fibras.

3.4.3 UNIÃO POR TRESPASSE DE VARA E EMBUCHAMENTO INTERNO

Essa união é feita com o uso de elementos conectivos. Um internamente com o mesmo sistema do embuchamento interno e outro elemento externo às varas que serão unidas. A seguir estão detalhadas as etapas de união:

1. Buscar varas que possuam as características necessárias para implantação, tais como tamanho de parede, peso próprio, resistência aparente e diâmetro das varas, que deve ser semelhante.
2. O sistema conectivo que usa o elemento interno é feito da mesma forma que o da União com embuchamento interno. Contudo não são usadas as barras rosca por enquanto.
3. Com as duas peças que serão unidas já posicionadas e embuchadas internamente, é usado um pedaço de vara com comprimento mínimo que trespasse $\frac{1}{3}$ de cada vara que será unida para união externa entre as varas (Figura 3.35).

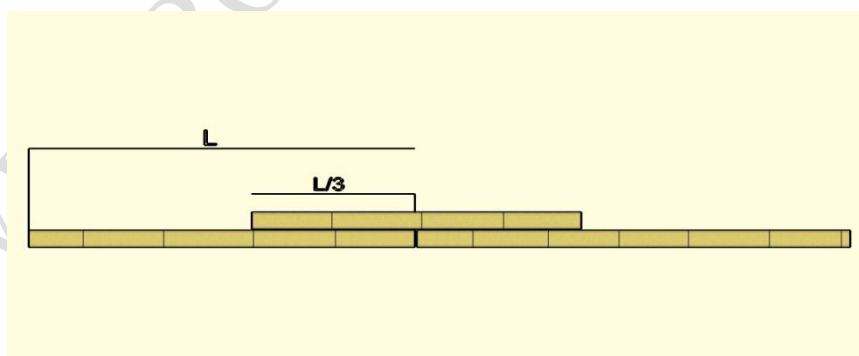


Figura 3.35. Tamanho aconselhado e posicionamento da vara de união externa.

4. Com o auxílio de um furadeira deve-se fazer pelo menos 2 furos no mesmo sentido entre as varas unidas e a vara externa, aproximadamente a $\frac{1}{3}$ da distância entre a ponta com o corte seco e o centro da vara usada para a união externa. O mais indicado é o uso de quatro furos, os dois citados anteriormente. E mais dois que seriam

posicionados de modo que furassem a vara de embuchamento interno próximo aos nós da mesma (Figura 3.36).

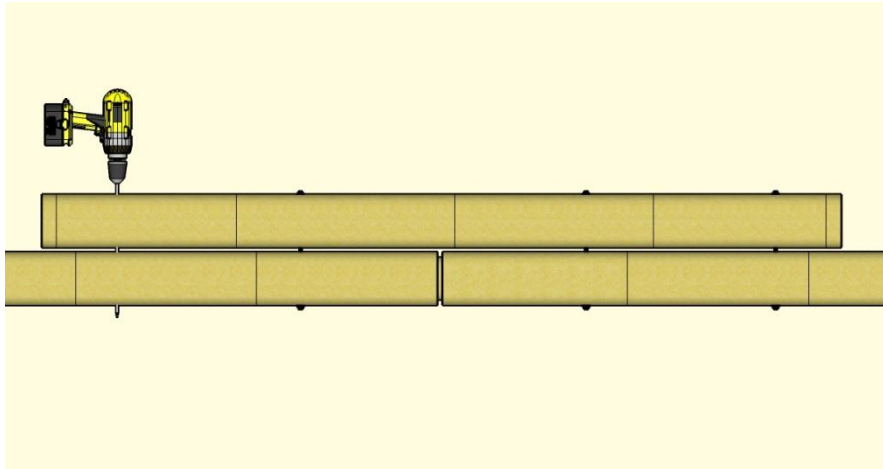


Figura 3.36. Posicionamento das barras roscadas na União por trespassa e embuchamento interno.

5. O uso de braçadeiras de aço nas pontas que receberam corte seco podem ajudar a conter os descolamento de fibras e prevenir rachaduras provenientes dessas pontas.

3.5 PROTEÇÃO CONTRA INTEMPÉRIES

Considerando que um dos principais problemas ainda encontrados para a utilização do bambu na construção civil é sua durabilidade quanto a fatores externos. Alguns deles são controlados com um bom processo de tratamento e secagem, porém os fatores mais importantes e menos observados é a exposição do bambu ao contato direto com o sol, a chuva e a umidade. Serão apresentados alguns sistemas construtivos e técnicas que aumentam a durabilidade das estruturas feitas de bambu.

3.5.1 PROTEÇÃO CONTRA INCIDÊNCIA DE RAIOS SOLARES E CHUVA

Sabendo que o sol muda de local de incidência durante o passar do dia e que dessa forma seria quase que impossível evitar o contato do mesmo com o bambu aparente. É necessário um sistema que diminua o tempo de incidência de raios solares, principalmente entre as horas em que os raios solares são mais prejudiciais por possuírem maior intensidade.

3.5.1.1 USO DE BEIRAIS

Umas das medidas que podem ser tomadas é a preocupação, na fase de projeto, em desenvolver beirais que possuam pelo menos $\frac{1}{3}$ da altura do pilar. Desta forma a incidência de raios solares e de precipitação será controlada. Outra boa característica do uso de beirais com comprimento elevado em obras de bambu é a possível diminuição do momento fletor causado no interior da estrutura, que pode ser controlado travando as varas que se prolongam para fora da mesma formando os beirais (Figura 3.37 e 3.38). O uso de sistemas de elevação citado anteriormente neste trabalho evita que o bambu fique em contato direto com a umidade do terreno e diminui a exposição do mesmo ao sol e a chuva próxima a base do pilar. Por este razão quanto mais alto for à base melhor será protegido o pilar.



Figura 3.37. Proteção contra intempéries com o uso de beirais e elevação da base do pilar. (fonte : Manual de construcción sismo resistente de viviendas em bahareque encementado)



Figura 3.38. Exemplo de sistema de beirais para proteção contra intempéries (Simon Velez).

3.5.1.2 USO DE SELADORES E VERNIZES

Vale salientar que a maioria das chuvas vem seguida por um aumento dos ventos o que faz com que água atinja o bambu em forma de respingos, além do sol também conseguir atingir o bambu em algumas horas do dia. Por essa razão o bambu ainda deve receber uma camada de algum produto selador ou hidrorrepelente. O uso desses elementos também é importante para um adequado acabamento estético, pois potencializa a beleza do bambu e impede a aderência de sujeira, além de facilitar a limpeza.

Existem no mercado vários tipos de vernizes, contudo não foi feita nenhuma pesquisa científica que indique o melhor verniz para o bambu. Pela experiência de pessoas que trabalham com bambu a muito tempo o melhor verniz seria o STAN. Pois o mesmo possui propriedades características, que fazem com que o verniz consiga penetrar ou impregnar os veios do bambu. Aderindo melhor a camada externa e aumentando a durabilidade do bambu, quanto a patologias causadas pelo sol e pela água da chuva. O uso de vernizes com proteção solar também é aconselhado, pois tem uma melhor proteção contra raios solares.



Figura 3.39. Uso de verniz. Aumenta a vida útil e melhora a estética da estrutura.

4. METODOLOGIA

Sabendo as características estruturais básicas de uma vara de bambu e com o uso das técnicas construtivas apresentadas no presente trabalho, almeja-se para a elaboração do PROJETO FINAL 2 uma verificação de obras já realizadas pelo aluno Vitor Hugo Silva Marçal e obras realizadas por diferentes responsáveis técnicos. Sendo possível desta forma uma real apresentação das patologias existentes e foco em alguns pontos importantes como:

- ✓ Intempéries e seus problemas.
- ✓ Diferentes espécies expostas ao mesmo ambiente e seus comportamentos.
- ✓ Problemas apresentados nas estruturas e soluções encontradas.
- ✓ Estudo de estruturas expostas a carregamentos externos.
- ✓ Possível levantamento de valores em testes de resistência feitos em laboratório.
- ✓ Durabilidade de estruturas de bambu através de análise visual e de resistência.

Há ainda a pretensão de adicionar mais informações acerca de:

- ✓ Aprofundamento em diferentes técnicas construtivas.
- ✓ Utilização do bambu em forma de laminado.
- ✓ Utilização do bambu interno ao concreto. Uma alternativa sustentável para estruturas de concreto armado.

O livre acesso a algumas obras espalhadas por diversos locais do Distrito Federal facilita o contato com várias patologias causadas por diferentes fatores. Desta forma seria feito um levantamento fotográfico de algumas estruturas e dos diferentes fatores considerados prejudiciais à mesma. Com esses dados seria possível estudar formas de resolver os problemas encontrados e definir novas técnicas construtivas para que os mesmos não ocorram em novas estruturas que vierem a ser feitas seguindo essas técnicas. É possível também indicar diferentes características que uma estrutura venha a adquirir com o passar do tempo de acordo com a técnica empregada para sua construção, demonstrando desta forma quais seriam as melhores alternativas construtivas para cada tipo de estrutura e função.

Por ter uma quantidade elevada de dados o Projeto Final 2 está sendo programado para ser feito em dois semestres, aonde haveria uma grande coleta de dados no primeiro semestre e na primeira metade do segundo. Desta forma é possível uma verificação mais detalhada das

patologias em um determinado espaço de tempo. Sendo possível a verificação de eventuais obras de contenção de fissuras que tenham surgido em estruturas de pequeno e grande porte, ou reparo de problemas encontrados, podendo desta forma ser indicado como as intervenções tiveram sucesso ou falharam para as expectativas geradas.

Não há nenhum tipo de processo a ser seguido, já que patologias em estruturas de bambu são questões ainda pouco exploradas na literatura encontrada. Para que o processo tenha resultados satisfatórios esta sendo desenvolvida uma pesquisa sobre tipos de testes a serem efetuados e sistemas de aplicação dos mesmos. Contudo os resultados esperados serão no mínimo representativo quanto ao processo de deterioração de estruturas de bambu e sua real potencialidade em estruturas de diferentes portes e utilizações.

Como algumas estruturas feitas inicialmente não passaram por processos adequados de secagem e tratamento químico e em parte estão sujeitas de forma preocupantes as intempéries naturais, temos um quadro de máximo aproveitamento de problemas estruturais, podendo desta forma acelerar o processo de degradação que uma peça de bambu sofreria sujeita aos fatores citados no decorrer deste projeto. Com isto os eventuais problemas que surgiriam com o passar do tempo podem ser observados de forma mais rápida, aumentando os dados a serem obtidos no prazo estipulado para o elaboração do Projeto Final 2.

Um bom entendimento das patologias de uma estrutura pode ajudar a entender possíveis falhas no processo construtivo e auxiliar no processo de criação de novos sistemas mais adequados as realidades de um canteiro de obra. Que na maioria dos casos dificulta o uso de técnicas mais avançadas já que os mesmos são locais de difícil acesso em propriedades rurais.

4.1 FASES DO PROJETO

Tendo como objetivo a solução desses e de outros problemas, esse projeto foi elaborado e subdivido nas seguintes fases:

1ª Fase – Levantamento das obras a serem utilizadas.

- Visita as obras para escolher quais serão observadas.
- Comparação com o cenário desejado das estruturas em questão.

- Pesquisa bibliográfica a respeito de patologias e informações necessárias ao trabalho.
- Levantamento fotográfico do local.

2ª Fase – Documentação dos problemas encontrados

- Levantamento do cenário real das estruturas em questão.
- Pesquisa bibliográfica a respeito de patologias e informações necessárias ao trabalho.
- Pesquisa sobre como poderá ser realizada a recuperação das estruturas que necessitem de reparos.
- Levantamento fotográfico da estrutura e do local.

3ª Fase – Recuperação das estruturas e uso de técnicas necessárias.

- Recuperação das estruturas usando as técnicas que se acharem adequadas.
- Pesquisa bibliográfica a respeito de patologias e informações necessárias ao trabalho.
- Levantamento fotográfico da estrutura e suas patologias.
- Levantamento fotográfico das intervenções realizadas.

4ª Fase – Observação das estruturas

- Observações para documentar como as estruturas estão se comportando após a recuperação.
- Pesquisa bibliográfica a respeito de patologias e informações necessárias ao trabalho.
- Levantamento fotográfico da estrutura e suas patologias.
- Levantamento fotográfico das intervenções realizadas.

5ª Fase – Análise dos dados obtidos

- Análise do levantamento fotográfico
- Separação do material necessário para testes de carga.

- Pesquisa bibliográfica a respeito de patologias e informações necessárias ao trabalho.
- Levantamento fotográfico da estrutura e suas patologias.

6ª Fase – Desenvolvimento do trabalho escrito.

- Análise do levantamento fotográfico e resultados obtidos.
- Separação do material a ser usado no trabalho.
- Apresentação da bibliografia pesquisada sobre o assunto em questão.
- Conclusão obtida com os resultados levantados.

A programação das atividades esta representada na tabela a seguir:

Tabela 4.1 Cronograma de atividades 1º semestre de 2009

<u>JANEIRO</u>	<u>FEVEREIRO</u>	<u>MARÇO</u>	<u>ABRIL</u>	<u>MAIO</u>	<u>JUNHO</u>
1ª Fase					
	2ª Fase				
		3ª Fase			
			3ª Fase		
				4ª Fase	
					4ª Fase

Tabela 4.2 Cronograma de atividades 2º semestre de 2009

<u>JULHO</u>	<u>AGOSTO</u>	<u>SETEMBRO</u>	<u>OUTUBRO</u>	<u>NOVEMBRO</u>	<u>DEZEMBRO</u>
4ª Fase					
	5ª Fase				
		5ª Fase			
			6ª Fase		
				6ª Fase	
					Defesa

5. CONCLUSÃO

O uso do bambu na construção civil é uma realidade, porém não podemos generalizar esta afirmação e pensar que a solução para todos os problemas é a troca de todos os materiais usados atualmente pelo bambu. Os elementos construtivos devem se completar, cada qual sendo usado da melhor forma possível potencializando suas qualidades e características positivas. O bambu ainda precisa de muito incentivo e pesquisas para se tornar um material de qualidade e normatizado na construção civil brasileira, mas como foi mostrado durante este trabalho existe sim a possibilidade disto ocorrer. Muito já está sendo feito e várias estruturas que foram projetadas estão sendo observadas quanto a sua durabilidade e patologias, este estudo pode trazer muita contribuição sobre quais problemas são mais comuns, quais são mais preocupantes e quais as formas de resolver os mesmos.

O incentivo a pesquisas em diversas instituições pelo mundo tem aumentado nos últimos tempos os conhecimentos acerca desta incrível gramínea. Conhecimentos tecnológicos são essenciais para a difusão do bambu como elemento marcante em obras que tenham um pensamento sustentável, mas que não querem perder a qualidade estrutural para tal denotação. O uso correto do bambu em obras de grande porte possui características positivas quanto ao peso próprio da estrutura e quanto às resistências do material. Só essas características já são suficientes para voltar os olhos para esse sistema construtivo, contudo existem outras qualidades como facilidade de transporte, fácil trabalhabilidade do material além de uma incomparável beleza estética. Estas características fazem do bambu um material que tende a entrar no mercado da construção civil de forma significativa.

O intuito deste trabalho foi de mostrar que estruturas de bambu são seguras e resistentes. E que pessoas que não possuem o conhecimento e técnicas adequadas acabam fazendo obras que não condizem com a realidade estrutural do bambu. O que diminui a credibilidade do mesmo e acaba dificultando sua disseminação do uso do bambu na construção civil. Não há muitas dificuldades técnicas em estruturas de bambu, porém vale salientar que somente pessoas qualificadas devem projetar e construir com qualquer que sejam os elementos utilizados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

AMADA, S. (1996). *The mechanical structures of bamboos in viewpoint of functionally gradient and composite materials*. In Journal of Composite Materials, Japan, Vol.30, nº 7, pp. 801-819.

AZZINI, A.; BORGES, J.M.M.G.; CIARAMELLO, D.; SALGADO, A.L.B. (1990). *Avaliação quantitativa da massa fibrosa e vazios em colmos de bambu*. In: IV tecnologia de fibras (Anais), p. 141-146.

BARBOSA, L. C. & INO, A. (1996). *Ligações em estruturas com bambu* . XXV CONBEA - Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola e II Congresso Latinoamericano de Ingenieria Agrícola. (Anais). Bauru, SP, Jul.

BERALDO, A. L.(?). (1996). *Materiais alternativos para construções rurais*. Departamento de Construções Rurais. Faculdade Engenharia Agrícola - Unicamp. 28p. /Relatório Técnico UNICAMP.

BERALDO, A. L.; AZZINI, A.; GHAVAMI, K.; PEREIRA, A. R. (2003), *Bambu: características e aplicações*. In:FREIRE, W. J.; BERALDO, A. L., pp. 253-319, Editor, Tecnologias e materiais alternativos de construção. Campinas, Unicamp.

BUILDING MATIRIELS AND TECHNOLOGY PROMOTION COUSCIL. (1990). *Bamboo – A material for cost effective and disaster resistant housing*. Ministry of Urban Development & Poverty Alleviation, Government of India. New Dheli.

CARDOSO,R. (2000). *Arquitetura com bambu*. Rio Grande do Sul.

FARRELY, D. (1984). *The book of bamboo*. V. 2, Ed. Sierra Club Books, São Francisco – USA.

GHAVAMI, K. et al. (1994). *Viabilidade de treliça espacial de bambu*. Relatório interno, Departamento de Engenharia Civil – PUC/ RJ.

GHAVAMI, K. (1992). *Bambu... um material alternativo na engenharia*. In: Engenharia, n.492, p.23-27.

GHAVAMI, K. (1995). *“Propriedades dos Bambus e suas aplicações nas obras de Engenharia, Arquitetura e Desenho Industrial”*. Artigos Compilados do Autor. CTC/ PUC-RIO. Jul. 201p.

GHAVAMI, K.; RODRIGUES, C. S.; PACIORNIK, S.(2003). *Bamboo: Functionally Granded Composite Material*. Asian Engineering (building and housing), Irã, v. 4, n. 1, p. 1-10, 2003.

GRAÇA, V. L. (1988). *Bambu: Técnicas para o Cultivo e suas aplicações*. Ícone Editora. São Paulo - Sp.

HIDALGO; L. O. (1974). *Bambu, su cultivo y aplicaciones en: fabricacion de papel*,

construccion, arquitectura, ingenieria, *artesanía*. Estudios Técnicos Colombianos. Cali - Colombia.

JANSSEN, J. J. A. (1981). *Bamboo in building structures*. Eindhoven, Netherlands. Tese (Doutorado) - Eindhoven University of Technology. 235p.

JANSSEN, J. J. (1988). Building with bamboo. Intermediate Tecnology Publications.

LIESE, W. (1998). *The anatomy of bamboo culms*. Technical Report. International network of bamboo and Rattan, Beijing. Peoples Republic of China, pp.203.

LOPEZ, O. H. (1981). Manual de construccion com bambu. Estudios Técnicos Colombianos LTDA. Universidad Nacional de Colombia. Cali.

MOREIRA, L. E. (1991). Desenvolvimento de estruturas treliçadas espaciais de bambu. Departamento de Engenharia Civil. Pontifícia Universidade Católica do rio de Janeiro. Brasil.

MURAD, J. (2007). As propriedades físicas, mecânicas e meso-estrutural do bambu *Guadua weberbaueri* do Acre. PUC. Rio de Janeiro.

OBERMANN,T. (2004). *bambu :: recurso sostenible parra estructuras espaciales*. Universidad nacional de Colômbia.medellín.

PEREIRA, M. A. R.; SILVA, C. L.; ARAÚJO, J. A. C. (1993). *Características dos colmos do bambu gigante utilizados como tubulação em um sistema de irrigação por aspersão*. In: XXII CONBEA - Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (Anais). Ilhéus, Bahia, v.IV, Jul., p.2359-2370.

SALGADO, A. L. B. et alli. (1992). *Instruções técnicas sobre o bambu*. bol. Técnico 143. Instituto Agrônômico.Campinas. - Sp.

SUAREZ, D.L ; MANRIQUE, A. (2003). Estudio de uniones em Guadua com ângulo de inclinación entre elementos. Bogotá. Colômbia

THOMAZ, E. (1993). *Sistemas Construtivos para Habitação de Interesse Social – Proposta de Avaliação e Classificação pela relação custo-benefício*. In: II Simpósio Ibero - Americano sobre técnicas construtivas industrializadas para Habitação de Interesse Social (Anais). São Paulo, Out.

VILLEGAS, M. (1989). *Bambusa Guadua*. Villegas editores. Toppan Printing Co. Ltda. Japão.175p.

7. BIBLIOGRAFIA VIRTUAL

<http://www.projetobambu.com/>

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662005000100016&script=sci_arttext

http://bambus.rwth-aachen.de/eng/reports/modern_architecture/referat.html

<http://www.yellowseedbamboo.com/stbp-photo-gal.html>

<http://www.precisao.eng.br/fmnresp/bambu.htm>

http://planetasustentavel.abril.uol.com.br/noticia/casa/conteudo_234776.shtml

http://casa.abril.com.br/arquitetura/livre/edicoes/0240/fundacao/mt_227835.shtml

http://images.google.com.br/imgres?imgurl=http://img246.imageshack.us/img246/9323/pabelon7zojr8.jpg&imgrefurl=http://inciarco.com/foros/showthread.php%3Ft%3D714%26page%3D6&h=515&w=800&sz=77&hl=pt-BR&start=23&um=1&usg=__zv4VteYUB0aVjz-eSKcLQOEIcpg=&tbnid=f3aquRZ-IXtXyM:&tbnh=92&tbnw=143&prev=/images%3Fq%3Dsimon%2Bvelez%26start%3D18%26ndsp%3D18%26um%3D1%26hl%3Dpt-BR%26sa%3DN

<http://www.flickr.com/search/?q=bambu&w=38109472%40N00&ss=2&ct=6&page=6>

<http://www.bamboocompetition.com/bookcontents.html>

<http://www.ipef.br/PUBLICACOES/SCIENTIA/nr36/cap06.pdf>

<http://www.bambubrasileiro.com/arquivos/BeraldoCasaBambu.PDF>

<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v9n1/v9n1a16.pdf>

http://www.pucminas.br/imagedb/documento/DOC_DSC_NOME_ARQUI20050422102253.pdf

<http://www.mg.senac.br/NR/rdonlyres/ebct4snas56ztf4uufdapm2vk7fmedw5tdeoexhuj2k5v77xsp7xt6xu7glaxgu6xxmoub3ihqbl/Rodrigo%2BPinheiro%2BRibas%252e8.pdf>

[http://www.vmtubes.com.br/vmbInternet/filesmng.nsf/VMB/Arquitetura%20com%20Perfis%20Tubulares.pdf/\\$File/Arquitetura%20com%20Perfis%20Tubulares.pdf](http://www.vmtubes.com.br/vmbInternet/filesmng.nsf/VMB/Arquitetura%20com%20Perfis%20Tubulares.pdf/$File/Arquitetura%20com%20Perfis%20Tubulares.pdf)

<http://www.agriambi.com.br/revista/v12n6/645.pdf>

<http://paginas.fe.up.pt/clme/2008/PROCEEDINGS/PDF/10R020.pdf>

ANEXO I

CONEXÕES USADAS PELO MUNDO





União R. Piano



União S. Velez



União C.Tönges



União D.Trujillo



União T.Obermann



União S.Yoh



União Pabellon "Mariposa" T.Oberman + R.Laude

ANEXO II

ESTRUTURAS CONSTRUÍDAS PELO MUNDO









