

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA**

**Ana Roberta Rodrigues Silva  
Flavia da Silva Feitosa  
Jullianna Macedo Guerreiro Souza**

**Aplicações e potencialidades do bambu como material estrutural na  
construção civil**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**SÃO PAULO  
2024**

**Ana Roberta Rodrigues Silva**  
**Flavia da Silva Feitosa**  
**Jullianna Macedo Guerreiro Souza**

**Aplicações e potencialidades do bambu como material estrutural na  
construção civil**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Banca Examinadora da  
Pontifícia Universidade Católica de São  
Paulo, como exigência parcial para obtenção  
do título de Bacharel em Engenharia Civil,  
sob orientação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Karen Niccoli  
Ramirez.

**SÃO PAULO**  
**2024**

**Ana Roberta Rodrigues Silva**  
**Flavia da Silva Feitosa**  
**Jullianna Macedo Guerreiro Souza**

**Aplicações e potencialidades do bambu como material estrutural na  
construção civil**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Banca Examinadora da  
Pontifícia Universidade Católica de São  
Paulo, como exigência parcial para obtenção  
do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Karen Niccoli Ramirez – PUC-SP

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Roberta Vieira Raggi – PUC-SP

---

Prof.<sup>o</sup> Dr. <sup>o</sup> Matheus Lorena Gonçalves Marquesi – PUC-SP

## RESUMO

É crescente a necessidade de se buscar alternativas mais sustentáveis de utilizar os recursos naturais para construir, assim como buscar meios de conservá-los e formas de reduzir a geração de resíduos provenientes da construção. Nesta pesquisa, são apresentadas as potencialidades do bambu como material estrutural e suas possíveis aplicações. Para tanto, foi realizada revisão bibliográfica a partir de teses, dissertações e artigos publicados em periódicos sobre o tema, assim como referências de projeto que fizeram uso desse material de modo estrutural. Realizou-se também entrevista com especialista para adquirir conhecimento prático e técnico dos processos de utilização do bambu como material construtivo. Assim, apresenta-se o bambu como uma alternativa promissora e sustentável para ser utilizado como material estrutural em construções residenciais de até dois pavimentos. As normas técnicas nacionais sobre estruturas em bambu trazem parâmetros e diretrizes importantes para a difusão das técnicas e características necessárias para sua utilização. Mostram-se assim os benefícios do uso de materiais de menor impacto ambiental como o bambu, a capacidade construtiva que o bambu apresenta e a necessidade de desenvolver pesquisas mais aprofundadas sobre esse tema, de forma a incentivar e expandir a utilização do bambu no Brasil.

**Palavras-chave:** Bambu; Construção; Estrutura; Material Construtivo.

## **ABSTRACT**

There is a growing need to seek more sustainable alternatives for using natural resources for construction, as well as to seek ways to conserve them and ways to reduce the generation of waste from construction. This research presents the potential of bamboo as a structural material and its possible applications. To this end, a bibliographic review was carried out based on theses, dissertations and articles published in journals on the subject, as well as project references that used this material in a structural manner. An interview was also conducted with a specialist to acquire practical and technical knowledge of the processes of using bamboo as a construction material. Thus, bamboo is presented as a promising and sustainable alternative for use as a structural material in residential buildings of up to two floors. National technical standards on bamboo structures provide important parameters and guidelines for the dissemination of the techniques and characteristics necessary for its use. Thus, the benefits of using materials with a lower environmental impact such as bamboo, the construction capacity that bamboo presents and the need to develop more in-depth research on this subject are shown, to encourage and expand the use of bamboo in Brazil.

**Keywords:** Bamboo; Construction; Structure; Construction Material.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Distribuição natural dos bambus no planeta. ....                                                                | 19 |
| Figura 2 - Tipo de rizomas.....                                                                                            | 23 |
| Figura 3 - Estrutura morfológica do bambu. ....                                                                            | 24 |
| Figura 4 - Dendrocalamus giganteus. ....                                                                                   | 27 |
| Figura 5 - Dendrocalamus asper.....                                                                                        | 28 |
| Figura 6 - Bambu Guadua.....                                                                                               | 29 |
| Figura 7 - Plyllastachys Pubescens – Bambu Mosso.....                                                                      | 30 |
| Figura 8 - Bambusa tuldoides.....                                                                                          | 31 |
| Figura 9 - Bambu com presença de insetos/fungos. ....                                                                      | 32 |
| Figura 10 - Tratamento por imersão a água corrente.....                                                                    | 33 |
| Figura 11 - Tratamento com fogo.....                                                                                       | 33 |
| Figura 12 - Tratamento por fumaça.....                                                                                     | 34 |
| Figura 13 - Tratamento sob pressão. ....                                                                                   | 34 |
| Figura 14 - Método da autoclave.....                                                                                       | 35 |
| Figura 15 - Ensaio à compressão/ massa específica. ....                                                                    | 37 |
| Figura 16 - Ponte na Indonésia (vista 1). ....                                                                             | 40 |
| Figura 17 - Ponte na Indonésia (vista 2). ....                                                                             | 41 |
| Figura 18 - Luum Temple.....                                                                                               | 41 |
| Figura 19 - Luum Temple esquema 3D.....                                                                                    | 42 |
| Figura 20 - Tipos de cortes conectivos em bambu conforme NSR 10:2010. ....                                                 | 48 |
| Figura 21 - Ligação longitudinal de duas peças de bambu com chapas metálicas (conforme NEC-SE-Guadua).....                 | 49 |
| Figura 22 - Ligação longitudinal de duas peças de bambu com dois pedaços de bambus externos (conforme NEC-SE-Guadua). .... | 49 |
| Figura 23 – Exemplos de ligações conforme NSR 10:2010. ....                                                                | 50 |
| Figura 24 - União diagonal com bambu de apoio (conforme E100). ....                                                        | 50 |
| Figura 25 - Ligação com gancho e parafusos. ....                                                                           | 51 |
| Figura 26 - Ligação com abraçadeiras metálicas (conforme NSR-10:2010). ....                                                | 51 |
| Figura 27 - Uniões cintadas e amarradas para bambu (conforme NEC-SE-Guadua). ....                                          | 52 |
| Figura 28 - Ligação com tarugo (conforme NEC-SE-Guadua). ....                                                              | 52 |
| Figura 29 - Ligação com peça roliça de madeira (conforme NEC-SE-Guadua). ....                                              | 53 |

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 30 - Ligação com luvas. ....                                                                                | 53 |
| Figura 31 - Preenchimento entrenó de ligação com argamassa (conforme E100)....                                     | 54 |
| Figura 32 - Naman Retreat Beach Bar projetado por Vo Trong Nghia Architects. ....                                  | 56 |
| Figura 33 - Naman Retreat Beach Bar projetado por Vo Trong Nghia Architects. ....                                  | 56 |
| Figura 34 - Naman Retreat Beach Bar projetado por Vo Trong Nghia Architects. ....                                  | 57 |
| Figura 35 - Naman Retreat Beach Bar projetado por Vo Trong Nghia Architects.<br>Detalhe das amarras e junções..... | 57 |
| Figura 36 - Detalhe das amarras na ligação em paralelo.....                                                        | 58 |
| Figura 37 - Dimensões dos corpos de prova em ligação paralela.....                                                 | 58 |
| Figura 38 - Detalhe das amarras em ligação perpendicular.....                                                      | 59 |
| Figura 39 - Dimensões do corpo de prova em ligação perpendicular. ....                                             | 59 |
| Figura 40 - Vista frontal. ....                                                                                    | 60 |
| Figura 41 - Vista superior da cobertura. ....                                                                      | 61 |
| Figura 42 - Vista lateral. ....                                                                                    | 62 |
| Figura 43 - Detalhes de fixação do pórtico na fundação .....                                                       | 62 |
| Figura 44 - Vista em perspectiva da estrutura.....                                                                 | 63 |
| Figura 45 – Lançamentos de cargas permanentes na treliça – Vista frontal.....                                      | 64 |
| Figura 46 – Lançamentos de carga de vento de pressão – Vista frontal.....                                          | 64 |
| Figura 47 - Lançamentos de carga de vento de subpressão – Vista frontal.....                                       | 65 |
| Figura 48 - Diagrama de esforços axiais - Vista frontal.....                                                       | 65 |
| Figura 49 - Diagrama de momento fletor - Vista frontal.....                                                        | 66 |
| Figura 50 - Diagrama de esforços cortantes - Vista frontal. ....                                                   | 66 |
| Figura 51 - Cabana Belchior (Varanda).....                                                                         | 67 |
| Figura 52 - Cabana Belchior (fundos). ....                                                                         | 68 |
| Figura 53 - Produção dos tijolos de adobe in loco.....                                                             | 69 |
| Figura 54 - Cabana Belchior (Detalhe adobe e bambu). ....                                                          | 69 |
| Figura 55 - Detalhe de projeto estrutural fase 03 (Execução de pilaretes de apoio de<br>concreto). ....            | 70 |
| Figura 56 - Cabana Belchior (Pilares de concreto expostos). ....                                                   | 70 |
| Figura 57 - Fundação e esperas de treliça da Cabana Belchior.....                                                  | 71 |
| Figura 58 - Ancoragem de pilar regular. Detalhe 01 - típico.....                                                   | 71 |
| Figura 59 - Execução de ancoragem de pilar regular.....                                                            | 72 |
| Figura 60 -Ancoragem de pilar inclinado. Detalhe 07.....                                                           | 72 |
| Figura 61 - Execução de ancoragem de pilar inclinado.....                                                          | 72 |

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 62 - Forro de esteira de bambu.....                                                                   | 73 |
| Figura 63 - Telha cerâmica.....                                                                              | 73 |
| Figura 64 - Detalhe da laje. ....                                                                            | 74 |
| Figura 65 - Vista 01 (apoios treliçados).....                                                                | 74 |
| Figura 66 – Instalação de caibros C2 e C3. Detalhe de projeto estrutural fase 09....                         | 75 |
| Figura 67 - Cabana Belchior (vista ampla do interior). ....                                                  | 75 |
| Figura 68 - Cabana Belchior (treliças).....                                                                  | 76 |
| Figura 69 - Cabana Belchior (mezanino).....                                                                  | 76 |
| Figura 70 - Braçadeiras em pilar de bambu na Cabana Belchior.....                                            | 77 |
| Figura 71 - Braçadeiras nos caibros em bambu na Cabana Belchior. ....                                        | 77 |
| Figura 72 - Cabana Belchior (detalhe escada). ....                                                           | 78 |
| Figura 73 - Cabana Belchior (vista frontal da escada). ....                                                  | 78 |
| Figura 74 - Cabana Belchior (vista lateral da escada).....                                                   | 79 |
| Figura 75 - Detalhe de conexão perpendicular com barra roscada e gancho, corte boca de peixe.....            | 79 |
| Figura 76 - Fixação de barra com gancho, detalhe 02.....                                                     | 80 |
| Figura 77 - Detalhe de união diagonal simples com parafuso, corte bico de flauta...80                        |    |
| Figura 78- Detalhe de união diagonal simples com parafuso, corte bico de flauta. Ampliação da vista 03. .... | 81 |
| Figura 79 - Detalhe de ligação com peça de madeira roliça, com corte reto.....                               | 81 |
| Figura 80 - Detalhe do entufamento.....                                                                      | 82 |
| Figura 81 – Detalhe da união longitudinal das vigas de topo. ....                                            | 82 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Principais características de bambus herbáceos e lenhosos. ....                                                 | 21 |
| Tabela 2 - Espécies de bambus lenhosos e seus possíveis usos construtivo. ....                                             | 22 |
| Tabela 3 - Identificação dos colmos. ....                                                                                  | 25 |
| Tabela 4 - Tabela de ensaio com resistência à tração/ massa específica. ....                                               | 36 |
| Tabela 5 - Resistência à flexão. ....                                                                                      | 37 |
| Tabela 6 - Características do bambu, aço, madeira e concreto. ....                                                         | 38 |
| Tabela 7 - Resistência característica do bambu a partir da resistência característica à compressão paralela às fibras..... | 46 |
| Tabela 8 - Valores de $k_{mod, 1}$ . ....                                                                                  | 47 |
| Tabela 9 - Valores de $k_{mod, 2}$ . ....                                                                                  | 47 |
| Tabela 10 - Coeficiente de minoração das resistências características do bambu, $\gamma_m$ . ....                          | 47 |

## **LISTA DE FLUXOGRAMAS**

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| Fluxograma 1 - Processo para uso do bambu..... | 39 |
|------------------------------------------------|----|

## SUMÁRIO

|                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------|------------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                 | <b>12</b>  |
| <b>1.1 Objetivos .....</b>                                | <b>13</b>  |
| 1.1.1 Objetivo geral .....                                | 13         |
| 1.1.2 Objetivos específicos.....                          | 14         |
| <b>1.2 Metodologia .....</b>                              | <b>14</b>  |
| <b>1.3 Justificativa.....</b>                             | <b>15</b>  |
| <b>1.4 Estrutura da Pesquisa.....</b>                     | <b>17</b>  |
| <b>2 O BAMBU .....</b>                                    | <b>19</b>  |
| <b>2.1 Contexto Histórico .....</b>                       | <b>19</b>  |
| <b>2.2 Cultivo .....</b>                                  | <b>22</b>  |
| <b>2.3 Espécies.....</b>                                  | <b>26</b>  |
| <b>2.4 Tratamentos.....</b>                               | <b>31</b>  |
| <b>3 O BAMBU NA CONSTRUÇÃO .....</b>                      | <b>36</b>  |
| <b>3.1 Propriedades físicas e mecânicas .....</b>         | <b>36</b>  |
| <b>3.2 Aplicações do bambu na construção civil.....</b>   | <b>38</b>  |
| <b>3.3 Vantagens do uso na construção .....</b>           | <b>39</b>  |
| <b>4 NORMA TÉCNICA BRASILEIRA .....</b>                   | <b>43</b>  |
| <b>4.1 ABNT NBR 16828:2020 - Estruturas de bambu.....</b> | <b>43</b>  |
| 4.1.1 Considerações gerais.....                           | 43         |
| 4.1.2 Qualidade e durabilidade da estrutura .....         | 44         |
| 4.1.3 Propriedades do bambu .....                         | 46         |
| 4.1.4 Tipos de ligações .....                             | 48         |
| <b>5 PROJETOS ESTRUTURAIS EXECUTADOS COM BAMBU .....</b>  | <b>55</b>  |
| <b>5.1 Projeto vietnamita .....</b>                       | <b>55</b>  |
| <b>5.2 Cabana Belchior .....</b>                          | <b>67</b>  |
| <b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                       | <b>84</b>  |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                   | <b>86</b>  |
| <b>APÊNDICE.....</b>                                      | <b>92</b>  |
| <b>ANEXOS.....</b>                                        | <b>116</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Na área da construção civil, é crescente a necessidade de se buscar alternativas mais sustentáveis no uso e consumo de recursos naturais de modo a reduzir a geração de impactos ambientais como a emissão de gases, como o CO<sub>2</sub>, e de resíduos sólidos da construção. Diante da crise ambiental, das necessidades econômicas e sociais, da carência de se gerar ações socioambientais mais conscientes e do avanço das tecnologias presentes na atualidade, é imprescindível a criação de soluções que tornem o ciclo construtivo mais saudável.

Um dos gastos mais elevados na indústria da construção civil é o custo com materiais e equipamentos (CBIC, 2023). Esse custo tem se mantido alto em relação ao custo total da construção segundo dados da Fundação Getúlio Vargas e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, publicados no relatório de Desenvolvimento Econômico da Indústria da Construção Civil (CBIC, 2023), o Índice Nacional de Custo da Construção (INCC) de materiais e equipamentos apresentou elevação e representou mais de 52% do custo total de construção no período de julho de 2020 até março de 2023. Entre os materiais utilizados, o aço representa maior peso entre o aumento de custos da construção, para uma construção de até quatro pavimentos o aço representou um aumento de até 34% do custo total da obra entre julho de 2020 e julho de 2021, o que pode tornar mais difícil o acesso de muitas famílias a casa própria (CBIC, 2022).

A utilização de matérias primas renováveis em sistemas construtivos que geram menor consumo e geração de resíduos tem sido cada vez mais estudada por profissionais da área da construção civil para atender as necessidades atuais do setor. Nesse contexto, um material que tem mostrado potencial como alternativa sustentável na construção é o bambu.

De acordo com Ostapiv e Librelotto (2019), o bambu apresenta relevante resistência à compressão paralela as suas fibras, com valores variando de 38 MPa a 75 MPa entre as espécies estudadas, e considerando a relação resistência à compressão paralela às fibras/ massa específica, o bambu supera em eficiência o aço e o concreto. Possui ainda rápido crescimento, podendo chegar no tamanho máximo do seu colmo em 180 dias; renova-se naturalmente emitindo brotos todos os anos, dispensando a necessidade de replantio; é ecologicamente sustentável e apresenta

possibilidades técnicas e estéticas. O uso do bambu vem sendo ampliado por profissionais da construção civil, podendo ser utilizado para construir casas, pontes e passarelas, coberturas leves e grandes estruturas (RADAIK, 2018).

Ao contrário do que se acredita, o bambu não é uma árvore, pertencente à família das gramíneas ele pode ser considerado um tipo de grama grande (BALLESTÉ, 2017). É encontrado em regiões tropicais e subtropicais do globo, principalmente nas regiões de clima quente e úmido, em altitudes que vão do nível do mar até a 4000 metros e apresenta grande capacidade de adaptação e diversificação nas florestas (VITOR, 2023).

Pode ser colhido anualmente sem prejudicar seu desenvolvimento e é considerado uma planta versátil já que pode ser utilizada para infinitas possibilidades, desde objetos decorativos, acessórios, artesanato, utensílios, ferramentas, papel, materiais construtivos, móveis, estruturas de arte, construções e outras variedades (RADAIK, 2018).

Apesar da versatilidade que o bambu apresenta e da clara necessidade de se utilizar novos materiais construtivos que incentivem o desenvolvimento sustentável, ainda há pouco conhecimento e estudos sobre o bambu, sobre suas características e seu processo de tratamento para uso como material estrutural (OSTAPIV E LIBRELOTTO, 2019).

Ainda que o bambu não seja uma solução exclusiva para os problemas relacionados ao meio ambiente e para a diminuição do consumo dos recursos naturais, ele pode ser explorado como material alternativo a ser considerado. A cadeia produtiva do bambu pode beneficiar o meio ambiente e contribuir com a economia local, possibilitando a geração de renda e emprego, servindo a uma gama de negócios, passando pelo artesanato local e indo até grandes empreendimentos. (PEREIRA, 2012).

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Apresentar as potencialidades do bambu como material estrutural para ser utilizado na construção civil e suas possíveis aplicações.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Apresentar aspectos históricos do uso do bambu, sua origem e cultura construtiva.

Apresentar o processo de cultivo, mostrando sua forma de plantio, colheita, manejo e ciclo produtivo.

Mostrar as variedades de espécies, suas características e as regiões em que são encontradas.

Apresentar os tipos de tratamento aplicados ao bambu para uso na construção civil.

Mostrar as propriedades físicas e mecânicas do bambu e suas potencialidades.

Apresentar as possíveis aplicações do bambu como material estrutural.

Abordar sobre as normas técnicas nacionais e suas determinações para o dimensionamento de estruturas em bambu.

Discorrer sobre as vantagens do uso do bambu e sua contribuição para um ciclo produtivo mais sustentável.

Apresentar exemplos de obras que utilizaram o bambu como material estrutural e discorrer sobre aspectos dos sistemas estruturais.

## 1.2 Metodologia

Esta pesquisa qualitativa foi desenvolvida por meio de revisão bibliográfica a partir de teses, dissertações e artigos publicados em periódicos, livros e bancos de dados virtuais sobre o uso do bambu como material estrutural e estruturas de bambu na construção civil.

No processo de pesquisa foi feito levantamento bibliográfico sobre o bambu e suas propriedades, sobre seu contexto histórico, suas espécies, o seu processo de cultivo e seus tipos de tratamentos.

Foi estudado na literatura sobre a utilização do bambu como material construtivo, suas aplicações e técnicas utilizadas, tipos de estruturas, ligações e conexões utilizadas no processo construtivo com bambu.

Foi realizada consulta à norma técnica brasileira ABNT NBR 16828:2020 sobre Estruturas de bambu para conhecimento de suas determinações.

Foi conduzido também entrevista com profissional da área, a fim de descrever e analisar com maior clareza as possibilidades de utilização do bambu para estrutura ou revestimento, de forma a contribuir no entendimento dos seus processos e técnicas construtivas, e exemplificar com projetos o uso do bambu para construção.

A partir dos projetos apresentados são exemplificados sistemas construtivos e tipos de juntas e conexões executadas em estruturas de bambu e seus detalhes.

### **1.3 Justificativa**

A construção civil, responsável por gerar grandes impactos ambientais que resultam da extração de recursos naturais, do processo de fabricação de materiais de construção e da gestão dos resíduos produzidos por sua atividade.

Para reduzir tais impactos, é fundamental estudar e implementar medidas que promovam o desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, a construção tem, ao longo dos anos, buscado adotar práticas que minimizem os efeitos negativos de suas atividades (RADAIK, 2018). Isso inclui a substituição de materiais convencionais por alternativas sustentáveis e o aprimoramento dos processos de gerenciamento e reciclagem de resíduos.

O bambu possui características físicas e mecânicas que o tornam alternativa como material estrutural. De acordo com Ostapiv e Librelotto (2019), o bambu apresenta relevante resistência à compressão paralela às suas fibras e resistência à tração paralelas as suas fibras, ambas em relação a sua massa específica, se comparado com o aço. É uma opção para a construção sustentável, contribuindo positivamente por apresentar um interessante equilíbrio entre a emissão de O<sub>2</sub> produzido e CO<sub>2</sub> consumido durante o seu crescimento, colaborando para a redução de dióxido de carbono na atmosfera (BALLESTÉ, 2017).

O bambu tem rápido crescimento, é capaz de emitir brotos anualmente após o plantio, pode ser colhido para diferentes finalidades de uso com idades que variam de 30 dias a mais de 6 anos (RADAIK, 2018), podendo ser rapidamente cultivado e explorado.

Apesar de existir mais de 1300 espécies de bambu espalhadas pelo mundo, o Brasil possui, segundo Ostapiv e Librelotto (2019), 258 espécies; o conhecimento de suas qualidades, cadeia produtiva e aplicações é pouco estudado na América ocidental (RADAİK, 2018). Os conhecimentos básicos sobre o bambu, desde o plantio e manejo de espécies nativas e exóticas, até a determinação de suas características, tratamentos e inúmeras possibilidades de uso, necessitam de investigação.

O mercado do bambu está em crescimento nas áreas de construção civil, arquitetura e design pelo mundo, oferecendo diversas possibilidades de aplicação, podendo ser utilizado para a fabricação de telhados, treliças, pontes, pilares, vigas, forros, na sua forma natural ou em forma de ripas, o que mostra toda sua versatilidade (VITOR, 2023).

Apesar de ser uma ótima opção para a construção, somente algumas espécies podem ser consideradas para uso como material estrutural, no caso, as espécies de bambus lenhosos, por apresentarem maiores diâmetros dos colmos (BALLESTÉ, 2017).

Os bambus lenhosos podem compor estruturas, paredes, telhados, revestimentos, rodapés, pisos e móveis. Sua facilidade de manipulação e propriedades de resistência fazem do bambu uma opção para diversos tipos de sistemas estruturais, ligações e conexões de estruturas como vigas e pilares.

Em áreas externas, por exemplo, o bambu pode ser utilizado como telhado e quebra-vento, além de vigas, treliças e pilares, desde que receba o tratamento adequado para essas condições. Também pode ser empregado na decoração, servindo como revestimento de paredes, divisórias de ambientes, portas, esquadrias, painéis entre outros (OSTAPIV E LIBRELOTTO, 2019).

Em 2011, juntamente com a China, o governo brasileiro assinou um acordo para cooperar com o desenvolvimento do bambu nos âmbitos da ciência e da tecnologia. Este feito teve como resultado a criação de uma lei de incentivo à produção de bambu no Brasil, onde um edital foi lançado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC - em 2012 (Embrapa, 2014), para incentivar pesquisadores brasileiros a reunirem seus conhecimentos sobre o ciclo produtivo do bambu.

Considerando a importância socioambiental e econômica do bambu, a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT - tornou pública em dezembro de

2020 duas novas normas técnicas brasileiras sobre a utilização do bambu como material estrutural, a primeira ABNT NR-16828-1/2020 – Estruturas de bambu Parte 1: Projeto, e a segunda ABNT NBR-16828-2/2020 – Estruturas de bambu Parte 2: Determinação das propriedades físicas e mecânicas do bambu (Oliveira, 2020 – BambuSC), a publicação destas normas representa grande avanço e incentivo para a cadeia produtiva de bambu no Brasil.

O desenvolvimento de normas e políticas que contribuam para o cultivo e produção do bambu em países de clima tropical, onde a planta encontra condições mais favoráveis ao seu desenvolvimento, é importante pois abre caminho para promover a industrialização do bambu para uso como material estrutural sustentável, beneficiando tanto o meio ambiente como comunidades locais que podem crescer economicamente com a produção, manejo e tratamento desse material (OSTAPIV E LIBRELOTTO, 2019).

#### **1.4 Estrutura da Pesquisa**

Para o desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso II propôs-se a seguinte estrutura:

No capítulo 1, é apresentada introdução ao tema com destaque para a necessidade de se criarem alternativas mais sustentáveis para manter o ciclo construtivo saudável no contexto ambiental. Assim como o objetivo geral e os objetivos específicos da pesquisa, metodologia e justificativa.

No capítulo 2, é apresentado o contexto histórico do bambu, seu método de cultivo, as espécies existentes e os tratamentos existentes para uso como material construtivo.

As possibilidades de aplicação do bambu como material construtivo, seus tratamentos, suas características físicas e mecânicas, os tipos de estruturas que podem ser executadas e as vantagens do seu uso são apresentados no capítulo 3.

As normas técnicas nacionais para estruturas de bambu são apresentadas no capítulo 4.

No capítulo 5, são apresentados entrevista com profissional da área e um exemplo de projeto em bambu de forma a discorrer sobre as possibilidades do uso do

material na construção, assim como os métodos utilizados e técnicas que são aplicadas para construção com bambu.

O capítulo 6 é composto pelas considerações finais e propostas para futuras pesquisas sobre o tema.

Por fim, no capítulo 7 são apresentadas as referências utilizadas na pesquisa.

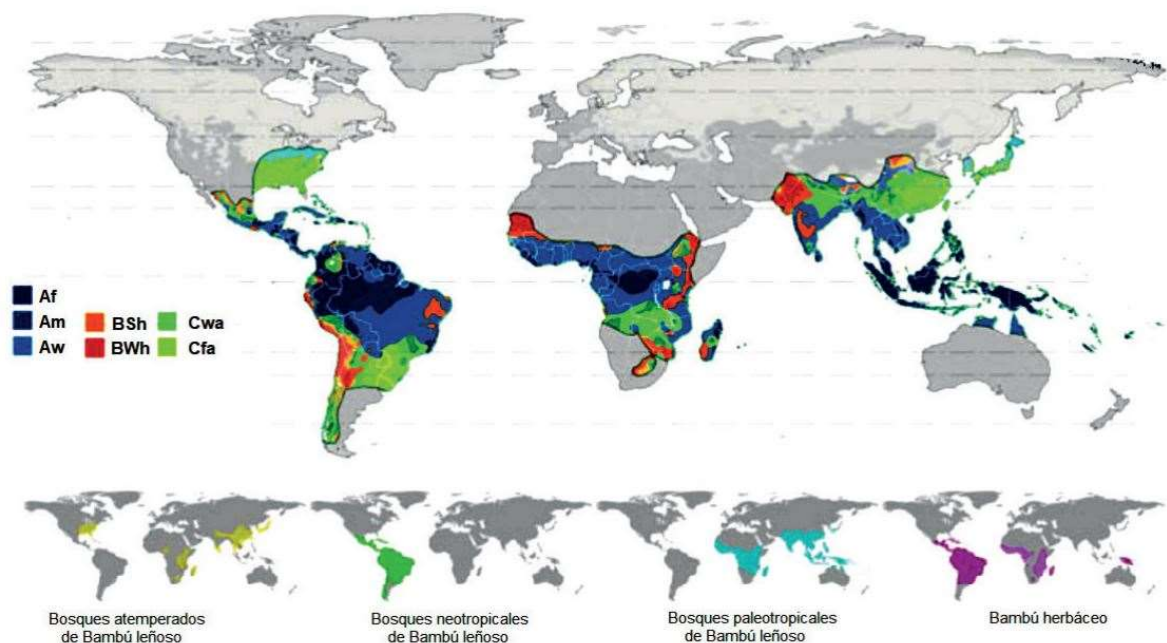
## 2 O BAMBU

### 2.1 Contexto Histórico

O bambu é uma planta, originalmente vinda dos continentes asiático, africano, americano e da Oceania (ALVES, 2019). A chegada do bambu no Brasil ocorreu por meio de imigrantes vindos de vários países, dessa forma o país apresenta aproximadamente 20% de todas as espécies existentes, possuindo a maior diversificação de espécies de bambu das américas (PAULO, 2022).

Devido as baixas temperaturas, o bambu não é encontrado em regiões como Antártica e Europa (VITOR, 2023) pois é uma planta geralmente nativa de áreas de clima quente e com alto índice de umidade, como as tropicais e subtropicais (RADAIK, 2018). Ele pode se desenvolver em áreas indo desde o nível do mar até 4300 m de altitude segundo Vitor (2023). Na Figura 1 é possível observar a incidência do bambu no mundo.

Figura 1 - Distribuição natural dos bambus no planeta.



Legenda: Af – Clima tropical úmido ou super úmido; Am – Clima tropical úmido ou sub úmido; Aw – Clima tropical, com inverno seco; BSh – Clima semiárido quente; BWh – Clima árido quente; Cwa – Clima subtropical de inverno seco; Cfa – Clima subtropical, com verão quente.

Fonte: Sociedade de Investigações Florestais: site, s.d (Huang, 2019).

Segundo Radaik (2018) existem registros sobre o bambu que são datados desde 1600 a 1100 a.C de acordo com descrições chinesas, como uma planta tradicional na China, o bambu é parte da cultura do país e é utilizado desde alimento e utensílios de cozinha até a estrutura de grandes templos (VITOR, 2023). É usado desde o início dos tempos como ingrediente na culinária, na medicina, na agricultura, como elemento decorativo ou construtivo na arquitetura, artesanato, entre muitas possibilidades (PAULO, 2022).

O bambu é uma planta que tem crescimento acelerado, suas varas podem alcançar seu maior tamanho até o fim de 180 dias, sua propagação se dá através de brotos que a própria planta emite após o plantio, permitindo sua renovação anualmente (RADAIK, 2018).

Mais de 1600 espécies de bambu já são conhecidas em todo o mundo (VITOR, 2023), e ocupam 37 milhões de hectares de terra distribuídos em sua maior parte entre a China, Índia e América Latina, podendo representar até 3% de toda a área de florestas do globo (OSTAPIV E LIBRELOTTO, 2019).

Segundo Vitor (2023), divididas em mais de 50 gêneros, as espécies de bambu podem ser classificadas como bambus lenhosos e herbáceos. Utilizados com maior frequência como planta ornamental devido ao seu menor tamanho, os bambus herbáceos representam a maior parte das espécies nativas no país. Com porte elevado os bambus lenhosos podem ser comparados as estruturas morfológicas de árvores já que possuem raízes, colmos, galhos e folhas (ALVES, 2019).

De acordo com a Tabela 1 abaixo, os bambus lenhosos podem chegar até 35 m de altura dos seus colmos, possuem ramificações complexas, maior consistência do colmo, são mais tolerantes a ação do sol, segundo Radaik (2018) os lenhosos têm colmos com grandes diâmetros e os bambus herbáceos geralmente apresentam colmos com alguns milímetros em seu diâmetro a altura máxima de 2 m.

Tabela 1 - Principais características de bambus herbáceos e lenhosos.

| Características            | Herbáceos                                                 | Lenhosos                                               |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1. Comprimento             | Geralmente , 2 m                                          | 35 m                                                   |
| 2. Ramificações            | Simples                                                   | Complexas                                              |
| 3. Consistência do colmo   | Não lignificado;<br>facilmente quebrável entre dois dedos | Lenhoso (lignificado;<br>inquebrável entre dois dedos) |
| 4. Folha do colmo          | Ausente                                                   | Presente                                               |
| 5. Lígula externa          | Ausente                                                   | Presente                                               |
| 6. Flores                  | Unissexuais                                               | Bissexuais                                             |
| 7. Florescimento           | Contínuo (Policárpico)                                    | Sazonal(monocárpico)                                   |
| 8. Exposição direta ao sol | Intolerante                                               | Tolerante                                              |

Fonte: Spolidoro, 2008, p. 7.

Na América Latina o Brasil é o país que tem maior número de espécies registradas, com 256 espécies onde 164 destas são classificados como bambus lenhosos e as outras como bambus herbáceos (VITOR, 2023), com maior concentração dessas espécies nas regiões norte e nordeste do país.

Apenas os bambus lenhosos são utilizados como material construtivo devido a sua estrutura robusta, apesar das muitas espécies existentes, os gêneros mais utilizados na construção são *Dendrocalamus*, *Bambusa*, *Guadua angustifolia* e *Phyllostachys* (VITOR, 2023).

A Tabela 2 mostra a classificação realizada pelo INBAR (1998) que observou espécies de bambus e suas aplicações como material construtivo.

Tabela 2 - Espécies de bambus lenhosos e seus possíveis usos construtivo.

| Espécie                               | Alturas dos Colmos (m) | Diâmetro dos Colmos (cm) | Espessura das Paredes (cm) | Comprimento do Entrenó (cm) | Usos                                                                               |
|---------------------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Bambusa balcooa</i>                | 20 a 24                | 8 a 15                   | 2 a 2,5                    | 30 a 45                     | Construções, casas e pontes                                                        |
| <i>Bambusa bambos</i>                 | 15 a 30                | 15 a 18                  | 1 a 1,5                    | 20 a 40                     | Estrutural, material de construção e placa de bambu (Plybamboo)                    |
| <i>Bambusa blumeana</i>               | 15 a 25                | 6 a 10                   | 0,5 a 3                    | 25 a 60                     | Construção, laminado de bambu                                                      |
| <i>Bambusa Tulda</i>                  | até 30                 | 5 a 10                   | 0,4 a 0,7                  | 40 a 70                     | Estruturas de madeira de qualidade média, construção                               |
| <i>Bambusa vulgaris</i>               | 8 a 20                 | 5 a 10                   | 0,7 a 1,5                  | 25 a 35                     | Construção, andaimes                                                               |
| <i>Dendrocalamus asper</i>            | 20 a 30                | 8 a 20                   | 1,1 a 2                    | 20 a 45                     | Estrutural, útil para construção pesada em comunidades rurais                      |
| <i>Dendrocalamus giganteus</i>        | 24 a 60                | 10 a 20                  | 2,5                        | 40 a 50                     | Bambu gigante, utilizado na indústria de laminado colado                           |
| <i>Gigantochloa apus</i>              | 8 a 30                 | 4 a 13                   | 1,5                        | 36 a 45                     | Múltiplos usos, como ripas e laminados, materiais de construção e fins estruturais |
| <i>Gigantochloa levis</i>             | até 30                 | 5 a 16                   | 1 a 1,2                    | 45                          | Estrutural                                                                         |
| <i>Gigantochloa pseudoarundinacea</i> | 7 a 30                 | 5 a 13                   | 2                          | 35 a 45                     | Estruturas de madeira, materiais de construção, tubulações de água                 |
| <i>Melocanna baccifera</i>            | 10 a 20                | 5 a 7                    | 0,5 a 1,2                  | 20 a 50                     | Coberturas em construções de casas                                                 |

Fonte: INBAR, 1998.

Na China, Índia e Colômbia o bambu é utilizado culturalmente em construções civis, em outros países ainda é pouco utilizado, assim como no Brasil, que apesar de possuir a maior quantidade de bambu nativo do planeta, ainda não tem um ciclo de consumo realmente ativo para o uso do bambu em sistemas construtivos (RADAIK, 2008).

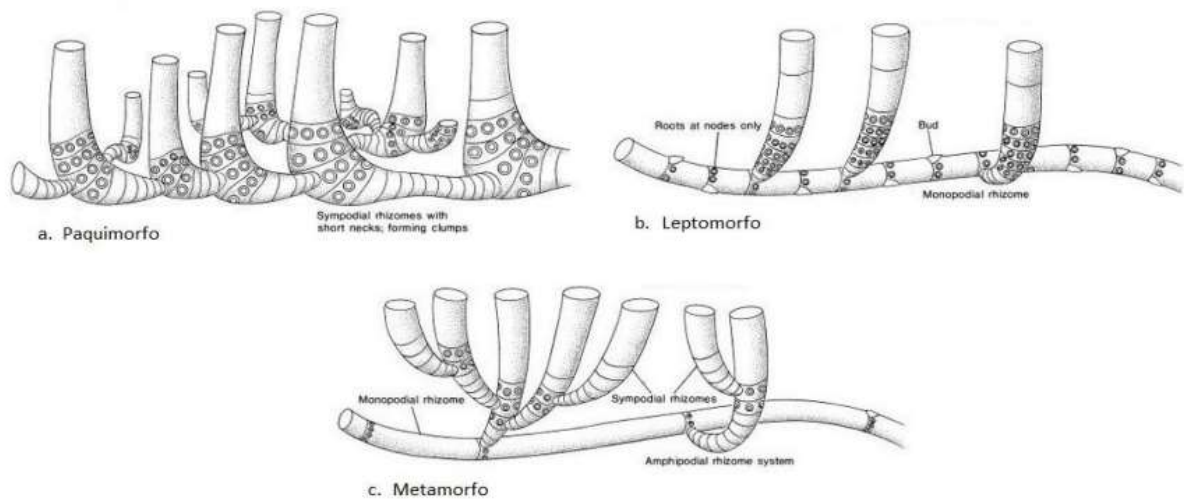
## 2.2 Cultivo

A planta bambu tem crescimento rápido e seu ciclo se renova a cada ano, gerando brotos através de seus rizomas. O bambu é formado por uma parte subterrânea e outra parte aérea (ALVES, 2019). Os rizomas e raízes ficam na parte subterrânea da planta, e o colmo, folhas e ramificações ficam na parte aérea.

Seus rizomas são classificados de acordo com seu formato e forma de propagação. Os rizomas paquimorfos são menores, mais grossos e com raízes, suas gemas reproduzem novos rizomas crescendo horizontalmente um próximo ao outro, formando touceiras, por isso também são conhecidos como entouceirantes (BALLESTÉ, 2017). Os leptomorfos, são rizomas mais cilíndricos de formato longo que vão crescendo horizontalmente com brotos distantes um do outro, também são conhecidos como alastrantes, pois ocupa uma área maior (BALLESTÉ, 2017). Ainda podem ser classificados como metamorfos, quando apresentam crescimento tanto por

touceiras como por rizomas mais alongados e brotos mais distantes, também chamados de semi-alastrantes (VITOR, 2023). Na Figura 2 são apresentados os tipos de rizomas.

Figura 2 - Tipo de rizomas.

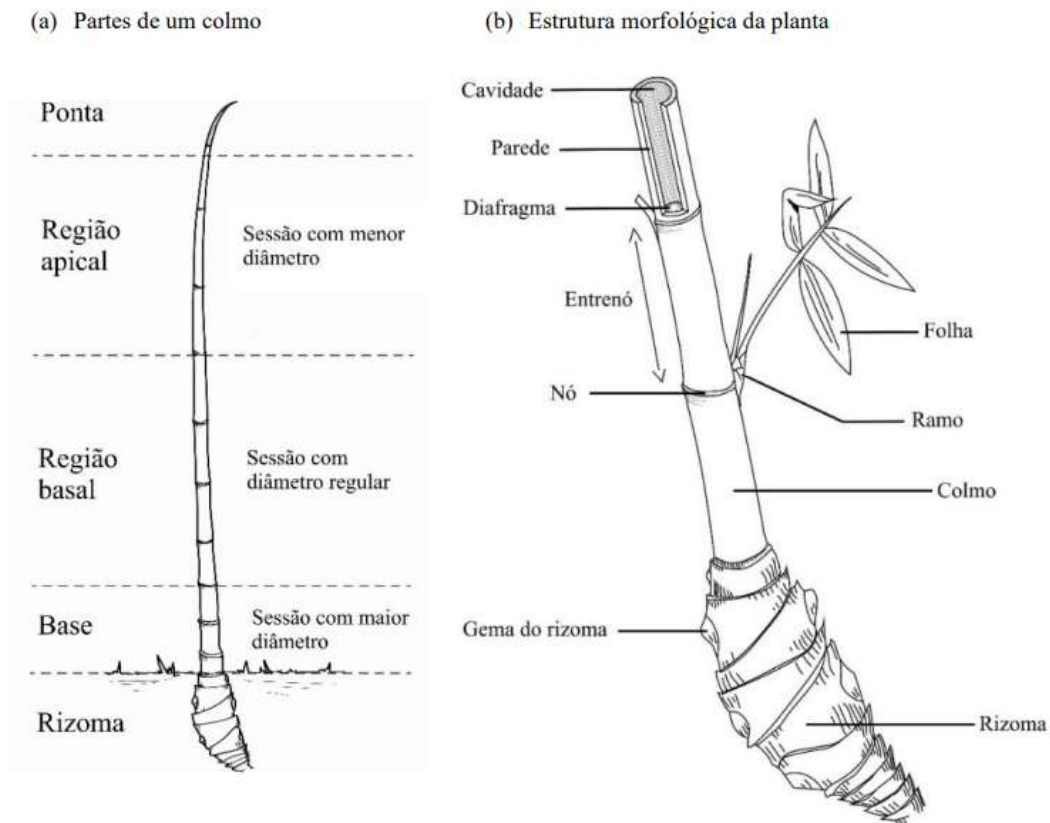


Fonte: Vitor, 2018, p. 28.

O colmo do bambu nasce no seu tamanho máximo de diâmetro pois os bambus não possuem crescimento radial, assim o colmo cresce e vai afunilando sua estrutura de forma cônica até o topo, é formado por nós e internós ao longo de sua vara (BALLESTÉ, 2017), quando chega ao seu tamanho adulto o colmo continua crescendo internamente aumentando a espessura de suas paredes (VITOR, 2023). O colmo é cilíndrico e oco, e sua dimensão e diâmetro variam de acordo com sua espécie, gênero e região em que foi plantado (ALVES, 2019). Ainda de acordo com Alves (2019), o colmo possui diafragmas internos que auxiliam na ligação dos entrenós e ajudam a evitar a flambagem da vara de bambu.

Na Figura 3 é possível ver as partes subterrâneas e aéreas do bambu e sua estrutura morfológica.

Figura 3 - Estrutura morfológica do bambu.



Fonte: Vitor, 2023, p. 24.

De acordo com Ballesté (2017), o crescimento inicial do bambu acontece de forma mais lenta e vai se tornando mais rápido conforme se desenvolve, para as espécies entouceirantes (paquimorfos) grandes podem atingir seu desenvolvimento total em até 180 dias, as pequenas conseguem chegar no seu tamanho máximo em até 80 dias; para as espécies alastrantes (leptomorfos) grandes, atingem seu tamanho final em até 130 dias, e as pequenas em 30 dias. O desenvolvimento dos bambus entouceirantes é favorecido por climas de temperaturas regulares e crescem mais no período da noite, já os alastrantes se beneficiam com climas de temperaturas mais altas (BALLESTÉ, 2017).

Para o cultivo do bambu é necessário atentar para alguns pontos importantes para garantir características geométricas, físicas e mecânicas que possam atender as necessidades do uso do bambu na construção.

Dessa maneira, o cultivo deve ser gerenciado e planejado, é preciso saber o tipo de propagação da espécie a ser cultivada, se é entouceirante ou alastrante, de forma a prever a área a ser utilizada para plantio; é preciso preparar o solo retirando

espécies de plantas locais e fazendo a limpeza do terreno eliminando possíveis pragas; fazer o plantio na época de chuvas, período que favorece o desenvolvimento da planta e verificar a fertilidade do solo; prever a logística de colheita e retirada do bambu no terreno, observando se o terreno for mais acidentado e considerar o acesso (BALLESTÉ, 2017); além de se atentar as condições climáticas como temperatura, ação dos ventos, a irradiação solar, taxa de umidade do ar e quantidade de chuvas na região (VITOR, 2023).

Cada etapa do processo de maturação do colmo de bambu apresenta uma característica morfológica, sendo possível utilizar o bambu em várias idades de seu crescimento (BALLESTÉ, 2017). Como exemplo, com um mês de idade os brotos do bambu podem ser consumidos como alimento na culinária, de seis meses a um ano pode ser utilizado para fabricar peças de artesanato, com dois anos é possível fabricar tiras de bambu e após no mínimo três anos o bambu pode ser utilizado como material construtivo (PAULO, 2022).

De acordo com a Tabela 3 é possível avaliar a idade do colmo de bambu.

Tabela 3 - Identificação dos colmos.

| Idade do colmo | Identificação                                                                                                                 | Local na moita                        | Procedimento                                    |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Até 1 ano      | Cor esverdeada, folhas brácteas cobrindo os nós, entrenós cobertos por pelagem cerosa que desprende ao ser tocada             | Parte externa da moita, circundando-a | Não colher, deixar completar maturação.         |
| De 1 a 2 anos  | Cor pouco mais amarelada, folhar brácteas podem estar presentes (secas e escuras), possuem folhas e ramos nas regiões dos nós | Mais internamente à moita             | Não colher, deixar completar maturação.         |
| De 3 a 7 anos  | Cor amarelada com presença de manchas de fungos, musgos ou líquens nos internós                                               | Interior da moita                     | Maduros, efetuar colheita para uso              |
| De 7 a 12 anos | Cor escurecida, também com manchas de fungos musgos ou líquens, ressecados e muitas vezes trincados.                          | Parte interior e central da moita     | Efetuar colheita a fim de descongestionar moita |

Fonte: Miguel: site, 2019.

Para o uso na construção, a colheita deve ser feita no quarto ano após o plantio, garantindo a maturidade do colmo e melhores propriedades mecânicas, sendo recomendado realizar o corte do colmo no período de seca, assim há menos risco de ataques biológicos por apresentarem menos água na sua estrutura interna (BALLESTÉ, 2017).

O corte do bambu deve ser realizado logo acima do segundo nó e do diafragma, para evitar que se acumule água no colmo e não apodrecer suas raízes (PAULO,

2022), após o corte pode ser realizado arremate no corte para garantir o escoamento da água (Vitor, 2018).

Após o corte, as varas de bambu devem ser armazenadas em lugar seco e protegido do solo e da chuva, permanecendo em secagem por até quatro meses, assim sua umidade conseguirá atingir o equilíbrio com o ambiente (ALVES, 2019).

Pode ser realizada a secagem ao ar, colocando as varas de bambu em local seco, coberto e aguardar sua secagem como citado anteriormente; secagem em estufa, onde o bambu é colocado em ambiente com controle de temperatura e umidade de forma a acelerar o processo de secagem dos colmos; secagem a fogo aberto, é um processo inicial de tratamento onde o colmo do bambu é colocado a uma distância de 50 centímetros do fogo e o manipulador vai girando o colmo para que toda sua estrutura seque e diminua a umidade das suas paredes (BALLESTÉ, 2017).

Com o processo de secagem concluído o bambu pode receber os tratamentos preservativos necessários para sua utilização.

## 2.3 Espécies

Há inúmeras espécies de bambu espalhadas nas mais diversas regiões, no Brasil estuda-se a existência de 34 gêneros e 256 espécies de bambu nativos, 17 gêneros são considerados herbáceos e 17 lenhosos (SILVA, 2019).

É necessário que seja realizada a melhor escolha da espécie de bambu, levando em consideração, a característica da planta e para qual fim será utilizada. Para estrutura, sabe-se que as mais utilizadas são do gênero de bambus lenhosos: *Dendrocalamus giganteus* – Bambu Gigante, *Dendrocalamus asper* – Bambu Gigante, *Guadua angustifolia* – Bambu Guadua; *Phyllostachys edulis* – Bambu Mosso e *Bambusa tuldoidea* - Bambu caipira ou Bambu taquara, todos do tipo lenhosos. Essas espécies atingem envergadura de 20 metros até 30 metros de comprimento e os colmos apresentam condições ideais para construção (MIGUEL, 2019). Estas, mencionadas serão descritas a seguir com algumas de suas características.

Segundo relatório do INBAR (2022), o *Dendrocalamus giganteus*, apresentado na Figura 4, também conhecido como bambu-gigante, destaca-se como uma das maiores espécies de bambu do mundo, sendo amplamente reconhecido por suas grandes dimensões. Apresenta altura que varia entre 24 e 30 metros, com diâmetro

de colmos de 20 a 30 centímetros. A espessura da parede dos colmos possui entre 2 e 3 centímetros, enquanto os entrenós possuem comprimento de 35 a 45 centímetros. Essa espécie é encontrada em áreas com elevações de até 1200 metros acima do nível do mar, apresentando preferência por solos aluviais ricos em nutrientes.

A propagação natural do desta espécie é limitada pelo seu ciclo de floração, que ocorre de forma gregária, a cada 30 a 60 anos. Existem técnicas de propagação clonal que também podem ser utilizadas, entre essas técnicas, destaca-se a macro proliferação de mudas, que permite o transplante para canteiros ou recipientes após cerca de seis meses (INBAR, 2022).

Seu cultivo é realizado no tipo plantação em bloco, com espaçamento de 10x10 m. São necessários 7 anos para maturação, mas o tamanho total do colmo é atingido apenas em 15 anos (Figura 4) (INBAR, 2022).

Figura 4 - *Dendrocalamus giganteus*.



Fonte: Guadua Bamboo: site, 2021.

*Dendrocalamus asper*, vide Figura 5, apresenta altura variando entre 15 e 30 metros, com diâmetro dos colmos de 6 a 20 centímetros. A espessura da parede de seus colmos vai de 1,1 a 2 centímetros e seus internódios possuem comprimento de 30 a 50 centímetros (INBAR, 2022). Essa espécie é encontrada crescendo em regiões com temperatura média de 27 °C e precipitação anual de aproximadamente 217 mm, em elevações de cerca de 600 metros. Embora seja amplamente plantada ou natural em áreas de baixas elevações, pode prosperar até altitudes de 1500 metros acima do nível do mar. Apresenta alta adaptabilidade ao tipo de solo, embora seu melhor

desempenho ocorra em solos argilosos com boa drenagem. Na Tailândia, a espécie tem mostrado crescimento satisfatório mesmo em solos arenosos e moderadamente ácidos (INBAR, 2022).

Sobre sua propagação, de forma natural a germinação das sementes é relativamente baixa, com taxa de 36,5% após 18 meses de armazenamento a 5 °C. Essa limitação natural destaca a importância de métodos artificiais de propagação. Dessa forma, a propagação clonal é amplamente utilizada, destacando-se as técnicas de macro proliferação de mudas, que podem ser realizadas em viveiros com intervalos de seis meses. Além disso, o deslocamento de rizomas apresenta uma taxa de sucesso de 70 a 80%, tornando-se uma alternativa viável para a multiplicação da espécie. Outra técnica eficiente é a propagação por meio da proliferação de brotos axilares, que permite a produção em larga escala (INBAR, 2022).

O cultivo do *Dendrocalamus Asper* é realizado em plantações em bloco, seu espaçamento recomendado varia entre 5x5 metros e 6x6 metros (Figura 5). A maturação da espécie ocorre em 3 a 5 anos, permitindo a exploração sustentável a médio prazo (INBAR, 2022).

Figura 5 - *Dendrocalamus asper*.



Fonte: Bambu Batu: site, 2022.

A espécie *Guadua angustifolia* apresenta colmos que crescem em aglomerados abertos, por ser alastrante, que podem atingir alturas de 16,7 a 30 metros, com diâmetros médios de 11,15 centímetros na base, 11,05 centímetros na região mediana e 5,84 centímetros na parte apical (INBAR, 2022). Segundo Pereira e Beraldo (2007) a espessura da parede tem em torno de 1,5 a 2 centímetros.

O desenvolvimento ideal ocorre em altitudes de 500 a 1800 metros, sob temperaturas médias entre 18 e 24 °C e precipitação anual de 1200 a 2500 mm. A espécie é nativa de zonas tropicais e subtropicais úmidas, sendo encontrada principalmente em florestas de baixa montanha. Ela se adapta a diferentes tipos de solo, mas apresenta maior crescimento em solos aluviais ricos em cinzas vulcânicas, moderadamente férteis e bem drenados (INBAR, 2022).

Os métodos de propagação incluem o desmembramento de mudas e a estaquia de ramos secundários, conforme Fonseca (2007), embora dados sobre propagação natural sejam escassos. A espécie é frequentemente cultivada em plantações em bloco, com espaçamento de 5x5 metros para produção de madeira e 3x3 metros para conservação do solo (Figura 6). A maturação dos colmos ocorre entre 3 e 4 anos, permitindo colheitas rápidas (INBAR, 2022).

Figura 6 - Bambu Guadua.



Fonte: Mundo Ecologia: site, 2019.

O *Phyllostachys edulis*, do tipo alastrante, atinge alturas entre 10 e 35 metros, com colmos que apresentam diâmetro de 19 a 20 centímetros. Os internódios possuem comprimento de até 45 centímetros e espessura de parede que varia de 1,404 centímetros na base, 1,021 centímetros no meio e 0,904 centímetros no topo. Os nós são caracterizados por cristas nodais proeminentes, e os ramos concentram-se exclusivamente na parte superior dos colmos, conferindo à espécie sua aparência distinta (INBAR, 2022).

A espécie cresce em condições climáticas que variam de -13 a 41 °C, com precipitação anual de 800 a 1800 mm, sendo encontrada entre 100 e 700 metros de altitude, embora possa ser cultivada até 1000 metros. Em seu habitat nativo, China e Ásia Oriental, é encontrado em encostas montanhosas abaixo de 1600 metros. Este bambu prefere solos bem drenados, ácidos ou neutros, como os roxos, amarelos ou amarelo avermelhados, com pH de 4,73 a 4,82 e com teor de magnésio (INBAR, 2022).

Segundo INBAR (2022), propagação natural do *P. edulis* é limitada por seu ciclo de floração gregária de 67 anos, com ocorrência esporádica em bolsões, tornando a regeneração por sementes menos viável. Métodos artificiais, como proliferação de brotos axilares e embriogênese somática, são amplamente empregados para propagação clonal, especialmente na variedade *Phyllostachys heterocycla* var. *Pubescens*. A espécie precisa de anos para maturação e sua colheita que depende da finalidade do seu uso, sendo 7 anos para uso construção e 4 anos para celulose e papel (Figura 7).

Figura 7 - *Phyllostachys Pubescens* – Bambu Mosso.



Fonte: JS Rural: site, 2024.

O *Bambusa tuldoidea* é uma espécie de bambu entouceirante de médio porte, amplamente distribuída em regiões pantropicais. Seus colmos podem atingir até 12 metros de altura, com diâmetros que variam de 3 a 6 centímetros, entrenós de até 40 centímetros (SPOLIDORO, 2008) e espessura de parede pode apresentar valores em torno 1 centímetros e 1,2 centímetros (ROSALINO, 2018).

Essas características fazem da espécie uma opção versátil para usos diversos. Um aspecto notável dessa espécie é o fenômeno do florescimento, que ocorre em intervalos variáveis de 43, 26, 23, 22 e 24 anos (Figura 8). Embora o florescimento gregário em bambus muitas vezes leve à morte das plantas, no caso do *Bambusa tuldooides*, há registros de sua sobrevivência após esse evento, conforme aponta Guerreiro (2010).

Figura 8 - *Bambusa tuldooides*



Fonte: Bambu UNESP: site, 2024.

## 2.4 Tratamentos

O bambu, por ser uma espécie natural, é suscetível a ataques de insetos, fungos, como mostra na (Figura 9), que o acham atraente por conter amido em sua composição para fonte de alimento.

Como os estudos crescem constantemente para a utilização do bambu como material estrutural na construção civil, se vê a necessidade de um tratamento físico ou químico para que aumente a sua resistência mecânica e que sua estrutura não seja comprometida ao desastre com a presença desses microrganismos indesejados. A vida útil do bambu muda conforme ele é exposto ao solo e em ambientes em exposto com a presença de chuva, pois a água penetra suas fibras, fazendo com que perca um pouco da sua capacidade e desempenho, com um tratamento adequado, esse

tempo aumenta muito mais. Para ter certeza de qual tipo de tratamento adotar, precisa-se levar em consideração questões importantes, como algumas espécies de bambu possuem alto teor de amido, o que as torna menos resistentes ao ataque de organismos xilófagos, fatores como o tempo entre o corte do colmo do bambu e seu tratamento, assim como a época em que são cortados, pode influenciar na quantidade de amido existente (BALLESTÉ, 2017, p. 81).

Figura 9 - Bambu com presença de insetos/fungos.

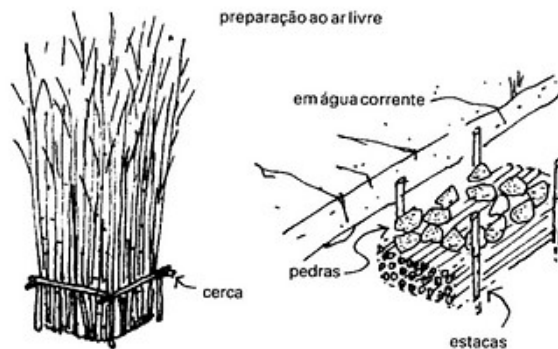


Fonte: Ballesté, 2017, p. 81.

Os tratamentos físicos não alteram as propriedades químicas do bambu, mas tem a intenção de retirar boa parte do amido de seu colmo. Sendo os mais conhecidos: Cura por imersão, fumaça e fogo.

O tratamento no mergulho em água corrente, como mostra na Figura 10, é com o intuito de extrair o amido presente nos colmos por 4 semanas. Para que assim, a água penetre e dissolva a substância para evitar ataques a caruncho (SANTOS, 2020, p.38).

Figura 10 - Tratamento por imersão a água corrente.



Fonte: Miguel: site, 2019.

O tratamento com fogo (Figura 11) deve ser realizado logo após a colheita, assim como imersão em água corrente, ela consiste em ser utilizada em espécies: *P. edulis* (Mossô) e *P. aurea*. Nesse processo, a seiva é extraída pela exsudação (etapa natural de cicatrização, onde o líquido expelido sai pelos poros da planta) e o amido é alterado, o bambu acaba se tornando mais resistente após essas modificações, lembrando que após a queima, ele ganha uma cor parda e brilhante devido a queima da cera presente no colmo do material (ALVES, 2019).

Figura 11 - Tratamento com fogo.



Fonte: Duco: site, 2019.

Com o tratamento com a fumaça (Figura 12), também deve ser realizada logo após a colheita, com a finalidade de criar substâncias tóxicas na superfície do bambu,

respeitando uma temperatura de 120° a 150° C durante 20min, passando disso, poderá criar fissuras em sua estrutura por conta da expansão de ar no interior do colmo. (ALVES, 2019. p.40).

Figura 12 - Tratamento por fumaça.



Fonte: Miguel: site, 2019.

Os tratamentos químicos, utiliza de substâncias preservativas que ajudam a conservar as propriedades mecânicas do bambu e não se deve prejudicar o meio ambiente visto que alguns deles são tóxicos e não pode conter um cheiro desagradável para quem está realizando a aplicação e ao usuário.

Existe também tratamento sob pressão que pode ser pelo método de Boucherie Modificado, como mostrado na Figura 13, é realizado a troca da seiva do bambu por uma substância química. (Revista Principia, 2021, p.156).

Figura 13 - Tratamento sob pressão.



Fonte: Ballesté, 2017, p. 81.

Um dos métodos mais eficazes é com a autoclave (Figura 14), onde consiste em deixar o bambu com furos nos diafragmas para que a substância preservativa (com base a óleo e os salinos), permitindo que penetrem nas fibras do bambu aumentando sua resistência a ataques. Com o teor de umidade baixo, são presos com em um recipiente cilíndrico que se fecha completamente com o controle de pressão e temperatura.

Figura 14 - Método da autoclave.



Fonte: Ballesté, 2017, p. 81.

### 3 O BAMBU NA CONSTRUÇÃO

#### 3.1 Propriedades físicas e mecânicas

O bambu, assim como todo material, possui algumas características que afetam os valores e resultados mecânicos, sendo os principais espécie, idade do colmo, umidade, tipo de solo, colheita, ausências de nós e outros demais que podem influenciar.

Independente disso, apesar de sua forma irregular que dificulta alguns ensaios, o resultado para a resistência à tração quando comparada com o aço é notoriamente maior, chegando a atingir seu valor 5 ou 6 vezes quando utilizado a relação com seu peso específico, como mostrado na Tabela 4 (Carbonari, 2017).

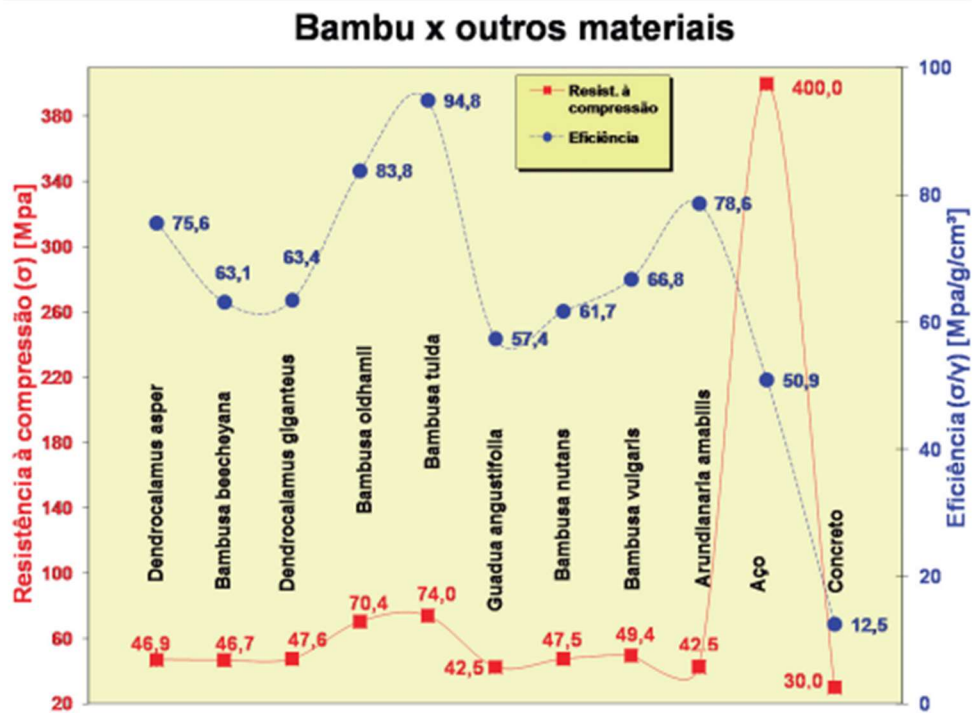
Tabela 4 - Tabela de ensaio com resistência à tração/ massa específica.

| <b>Material</b>         | <b>fT (MPa)</b> | <b><math>\rho</math> (g/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>fT / <math>\rho</math></b> |
|-------------------------|-----------------|---------------------------------------------|-------------------------------|
| Dendrocalamus Giganteus | 119             | 0,75                                        | 159                           |
| Bambusa Oldhamii        | 106             | 0,84                                        | 126                           |
| Bambusa Tulda           | 125             | 0,78                                        | 160                           |
| Bambusa Nutans          | 102             | 0,77                                        | 132                           |
| Aço                     | 250             | 7,85                                        | 32                            |

Fonte: Carbonari, 2017, p.21.

Com relação aos ensaios de compressão axial, quando comparada ao aço e ao concreto, mostrando a efetividade do material em relação aos convencionais. Na Figura 15, mostra-se os valores obtidos.

Figura 15 - Ensaio à compressão/ massa específica.



Fonte: Carbonari, 2017, p.20.

O bambu também possui boa resistência à flexão, visto que é um material que consegue tracionar suas fibras sem chegar ao rompimento total, sendo importante em alguns projetos e trabalhos experimentais. Os resultados do estudo de Marçal (2008) ??? são com base descritiva com as revisões bibliográfica já existentes, como mostrado na Tabela 5. (MARÇAL, 2008).

Tabela 5 - Resistência à flexão.

| Nome botânico        | Limite elástico(MPa) | Tensão na ruptura(MPa) | MOE (GPa) |
|----------------------|----------------------|------------------------|-----------|
| <i>B. tuldoideis</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         |

Fonte: Marçal, 2008.

Mas um dos pontos fracos do bambu, é a sua resistência ao cisalhamento ou esmagamento, pois é paralela ao sentido das fibras que agem com elementos naturais colantes, sendo um dos maiores problemas das estruturas, com o aparecimento de

fissuras facilitando a entrada de água e insetos nos seus colmos diminuindo a vida útil desse material (MARÇAL, 2008).

Em comparativo com outros materiais construtivos convencionais, o bambu apresenta boas características. Em relação à madeira, apresenta boa resistência à tração, sendo mais leve, maior flexibilidade e isolamento térmico e ainda menor custo (COSTA, 2024), conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Características do bambu, aço, madeira e concreto.

| Características    | Bambu                    | Aço                                    | Madeira                  | Concreto                               |
|--------------------|--------------------------|----------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------|
| Resistência        | Boa resistência à tração | Alta resistência à tração e compressão | Boa resistência à tração | Alta resistência à compressão          |
| Peso               | Leve                     | Pesado                                 | Moderado à pesado        | Pesado                                 |
| Sustentabilidade   | Sustentável              | Grande consumo de energia pra produção | Sustentável              | Grande consumo de energia pra produção |
| Durabilidade       | Boa                      | Alta                                   | Boa                      | Boa                                    |
| Flexibilidade      | Muito flexível           | Rígido                                 | Moderada                 | Rígido                                 |
| Isolamento térmico | Bom                      | Baixo                                  | Moderado                 | Baixo                                  |
| Custo              | Baixo                    | Caro                                   | Variável                 | Variável                               |

Fonte: Costa, 2024, p. 6.

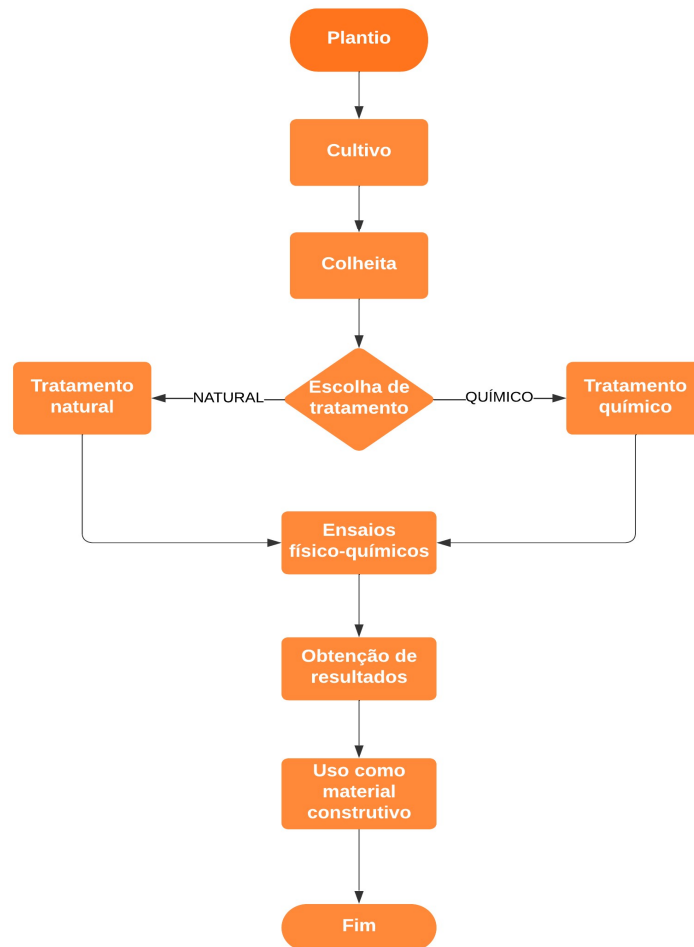
### 3.2 Aplicações do bambu na construção civil

O bambu é uma planta multifuncional que pode ser utilizada de várias formas na construção civil, integrando-se em estruturas, paredes, telhados, revestimentos, rodapés, pisos e móveis. Além disso, é um material de fácil manipulação e alta resistência, tornando-se uma excelente opção para diversos tipos de projetos.

Em áreas externas, pode ser empregado como cobertura e quebra-vento, além de vigas e pilares, desde que receba o tratamento adequado para essas condições. Nos interiores, o bambu pode ser usado na decoração, revestindo paredes formando divisórias de ambientes, e em portas e janelas.

Para melhor visualização das etapas gerais do processo que resulta no uso do bambu na construção civil, observe a seguir o Fluxograma 1.

Fluxograma 1 - Processo para uso do bambu.



Fonte: Própria, 2024.

### 3.3 Vantagens do uso na construção

O bambu tem inúmeras vantagens se pensado na questão sustentável e econômica, sendo um material leve por ser oco, principalmente se comparado com outros materiais convencionais, além disso, possui uma ótima resistência à tração e compressão.

Além de ter uma boa durabilidade se adotado o tratamento correto para evitar ataques de insetos e fungos e que não esteja em locais com muita umidade e com frequência de fortes chuvas.

Ele pode ser utilizado de várias maneiras por ser um material versátil, desde móveis, revestimentos, até pequenas construções. Além de ter um ótimo custo-benefício para alternativas de baixo capital.

O material não causa tantos danos ao meio ambiente como os demais materiais, pois o crescimento da planta não é comprometido após a extração.

Um dos principais pontos contra seria o ataque de insetos e fungos, se não for tratado de maneira adequada, além de possuir baixa força cisalhante.

### 3.2 Exemplos de aplicação estrutural do bambu

Apresentam-se dois projetos que utilizaram bambu como material em diferentes sistemas estruturais.

Um deles é uma ponte na Indonésia, como mostrado nas Figuras 16 e 17, que possui 18 metros de comprimento e com largura de 1,8 a 2,3 metros. Foram cortados grandes pedaços de bambu, reforçado com parafusos de aço galvanizado, para conseguir acrescentar mais equilíbrio. Para aumentar a vida útil da ponte, foi utilizado concreto armado no piso e alguns beirais para proteção aos males que essa planta fica sujeita (ArchDaily, 2017).

Figura 16 - Ponte na Indonésia (vista 1).



Fonte: ArchDaily: site, 2017.

Figura 17 - Ponte na Indonésia (vista 2).



Fonte: ArchDaily: site, 2017.

O *Luum Temple*, como ilustrado nas Figura 17, localizado em Tulum, no México, é uma das obras arquitetônicas mais impressionantes, pelo seu tamanho e arquitetura. Em seu projeto, a estrutura prevê resistência à ventos de 250km/h, apenas utilizando bambu.

O sistema estrutural é composto por cinco paraboloides que criam uma dependência estrutural, no qual utilizaram-se peças de bambu que foram amarrados, parafusados e envergados em grupos no local, para que, assim, fosse criado um elemento unificado. Na Figura 18, é possível observar duas camadas de treliça com arcos entrelaçados com um padrão triangular (Fonte, ano).

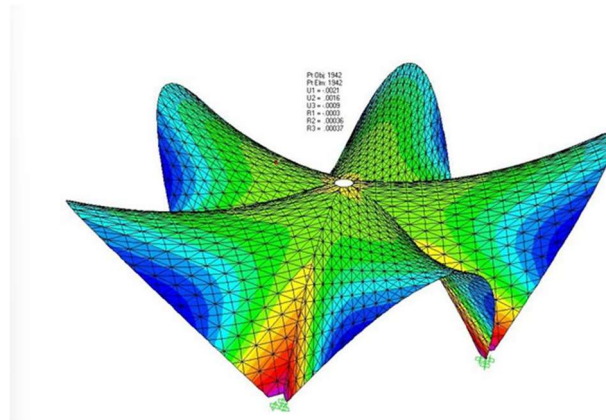
Figura 18 - Luum Temple.



Fonte: ArchDaily: site, 2023.

Os arquitetos adquiriram um software paramétrico que lhes garantiu uma estrutura eficaz e segura (Figura 19).

Figura 19 - Luum Temple esquema 3D.



Fonte: ArchDaily: site, 2023.

## **4 NORMA TÉCNICA BRASILEIRA**

A norma técnica brasileira para projetos estruturais de bambu ABNT NBR 16828:2020 – Estruturas de bambu foi publicada em dezembro de 2020, e nela encontra-se as determinações básicas necessárias para se executar projeto estrutural com bambu, aplicadas especificamente para o uso dos colmos de bambu, que são suas estruturas inteiras.

Como referências normativas a ABNT NBR 16828-1:2020 – Estruturas de bambu Parte 1: Projeto e ABNT NBR 16828-2:2020 – Estruturas de bambu Parte 2: Determinação das propriedades físicas e mecânicas do bambu, utilizou as normas brasileiras ABNT NBR 6123:2023 - Forças devido ao vento em edificações, ABNT NBR 6120:2019 - Ações para o cálculo de estruturas de edificações, ABNT NBR 8681:2004 - Ações e seguranças das estruturas – Procedimento.

Utilizou também as normas internacionais ISO 6891:1983 - Estruturas de madeira - Juntas feitas com fixadores mecânicos - Princípios gerais para a determinação das características de resistência e deformação; NSR 10:2010 - Estructuras de madera y estructuras de Guadua; NEC-SE:2016 - Guadúa: Norma Equatoriana de la Construcion: Estructuras de Guadúa; E 100:2017 - Reglamento Nacional de Edificaciones, Peru: Bambú, para sua elaboração.

A norma brasileira não se aplica a edificações construídas antes de sua publicação e nem as edificações cadastradas até 180 dias após sua publicação (ABNT NBR 16828-1:2020).

### **4.1 ABNT NBR 16828:2020 - Estruturas de bambu**

#### **4.1.1 Considerações gerais**

A norma de projetos de estruturas de bambu aborda tópicos importantes para os cálculos e verificações de resistências dos colmos de bambu baseados no método dos coeficientes parciais aos estados-limites, estados estes que são relacionados a formas de falha estrutural que podem colocar em risco a integridade das pessoas.

De acordo com a norma, são considerados para o cálculo das estruturas no ELU as perdas de resistência por tensões ou deformações excessivas nos elementos

estruturais ou conexões, perda de equilíbrio da estrutura por flambagens e/ou por hipostaticidade, e no ELS as deformações, deflexões ou vibrações que podem causar danos a elementos estruturais ou uso da estrutura, sua aparência ou sua durabilidade.

Para as combinações normais de ações no projeto e na construção pode-se considerar a combinação de ações da ABNT NBR 8681:2004, o peso próprio do bambu pode ser obtido a partir do peso específico experimental de seus colmos e para o peso próprio da estrutura deve-se levar em consideração pesos de materiais de preenchimento e suas ligações. As demais ações permanentes e acidentais, assim como as ações do vento na estrutura são as definidas na ABNT NBR 6120:2019 e ABNT NBR 6123:1988 (Corrigida em 1990), respectivamente.

Todas as variáveis devem ser calculadas a partir de modelo de projeto, que pode ter ensaio experimental, os colmos de bambu podem ser considerados como tubos retilíneos não perfeitos com forma tronco cônica e espessura de parede variável, as conexões consideram a espessura local das paredes, e as juntas dos colmos e destes com os apoios devem ser consideradas do tipo rotação livre (ABNT NBR 16828-1:2020).

Quanto a segurança, esta é satisfeita quando a tensão de cálculo majorada de uma seção crítica é menor ou igual a tensão de resistência de cálculo minorada.

A norma ainda permite a utilização de métodos de projeto alternativos desde que estes atendam aos critérios estruturais mais importantes levando em consideração a resistência e durabilidade da estrutura, e ainda que esta condição seja atestada por profissional habilitado (ABNT NBR 16828-1:2020).

#### 4.1.2 Qualidade e durabilidade da estrutura

Para o projeto e construção é necessário que a estrutura de bambu atenda a capacidade resistente quanto aos estados-limites e estabilidade, desempenho em serviço sem apresentar deformações e vibrações excessivas, e durabilidade, resistindo a ataques biológicos e influências do ambiente ao longo do tempo de vida projetado da estrutura.

As estruturas devem ser projetadas para resistir as ações normais e especiais causadas pelo uso da estrutura. Para ações excepcionais como terremotos, grandes

impactos, explosões e incêndio deve-se recorrer as normas específicas existentes para outros materiais como a madeira (ABNT NBR 16828-1:2020).

Para garantir a durabilidade da estrutura, a norma ABNT NBR 16828-1:2020 determina que para as etapas de preparo do bambu para sua utilização, como seleção dos colmos, corte, tratamentos preservativos e secagem, sejam considerados apenas colmos maduros, de idades entre 3 e 7 anos a depender de sua espécie, caso contrário os colmos podem apresentar pouca durabilidade e menor resistência, a sua colheita deve ser feita sem choques para evitar a fissuração dos colmos, somente colmos maduros e secos podem ser utilizados para projeto estrutural, o colmo é considerado seco quando se encontra na mesma umidade que o ambiente, após o corte é descartada a parte inferior (base) do colmo por apresentar forma diferente do restante, assim como descarta-se parte da extremidade superior obtendo desta forma as varas de bambu, logo após a colheita deve ser realizado tratamento imunizante para evitar a infestação de insetos (ABNT NBR 16828-2:2020).

Durante o processo de secagem também pode aparecer fissuras, colmos que apresentem fissuras que ultrapassem dois nós consecutivos ou que o tamanho da fissura atinja 20% do comprimento da peça devem ser descartados, os colmos não podem apresentar partes que estejam apodrecidas ou trechos com presença de perfurações causadas pela presença de insetos, para tanto é preciso realizar processo de tratamento preservativo para garantir a qualidade e durabilidade do projeto (ABNT NBR 16828-1:2020).

A norma indica a necessidade de se considerar alguns fatores para um projeto de estrutura em bambu, como a sua vida útil de serviço, qual utilização da estrutura, qual o seu desempenho necessário, a previsão de condições ambientais prováveis, quais as formas e detalhes dos elementos construtivos, o controle de material e mão de obra, possíveis formas de proteção da estrutura, futuras manutenções necessárias na estrutura durante sua vida útil.

É ainda importante ressaltar que nenhuma estrutura de bambu deve ser submetida a temperaturas superiores a 65 °C, quando da utilização de conexões metálicas na juntas esse material deve ser resistente à corrosão, as conexões e detalhes devem evitar acúmulo de água ou contato do colmo direto com o solo, assim o colmo deve ser elevado do piso para construções permanentes, é preciso prevenir

falhas nas ligações e vedar as extremidades dos colmos para evitar exposição a umidade e ataque por insetos (ABNT NBR 16828-1:2020).

#### 4.1.3 Propriedades do bambu

Para a realização de projetos são utilizadas propriedades mecânicas do bambu como a seguir, resistência à compressão paralela às fibras ( $f_{c0}$ ), resistência à tração paralela às fibras ( $f_{t0}$ ) e resistência ao cisalhamento paralelo às fibras ( $f_{v0}$ ) paralelos às fibras, resistência à compressão do colmo perpendicular às fibras ( $f_{c90}$ ), resistência à flexão do colmo ( $f_{M0}$ ), módulo de elasticidades à compressão ( $E_{c0}$ ) e à tração ( $E_{t0}$ ) paralela às fibras e módulo de elasticidade do colmo em flexão ( $E_{M0}$ ). Todas essas propriedades são calculadas conforme a ABNT NBR 16828-2:2020.

A resistência característica à compressão paralela às fibras ( $f_{c0,k}$ ) é um parâmetro que permite calcular outras propriedades, na ausência de ensaios para as outras resistências, conforme Tabela 7.

Tabela 7 - Resistência característica do bambu a partir da resistência característica à compressão paralela às fibras

| Propriedade | $f_{t0,k}$     | $f_{v0,k}$      | $f_{c90,k}$    | $f_{M0,k}$     | $E_b = E_{c0}$ |
|-------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| Valor       | $1,3 f_{c0,k}$ | $0,15 f_{c0,k}$ | $0,1 f_{c0,k}$ | $1,1 f_{c0,k}$ | $300 f_{c0,k}$ |

Fonte: ABNT NBR 16828-1:2020, p.10.

O cálculo das propriedades mecânicas é dado por  $f_d = k_{mod} \cdot f_k / \gamma_m$ , onde  $k_{mod} = k_{mod,1} \cdot k_{mod,2} \cdot k_{mod,3} \cdot k_{mod,4}$  é dado pelos coeficientes de modificação da resistência.

O valor de  $k_{mod,1}$  depende do tipo de carregamento conforme Tabela 8,  $k_{mod,2}$  depende da umidade relativa do ambiente conforme Tabela 9,  $k_{mod,3}$  depende da qualidade do colmo, caso não tenha esse controle de qualidade pode ser adotado como  $k_{mod,3} = 0,8$ ,  $\gamma_m$  é o coeficiente de minoração das resistências características, adotado conforme Tabela 10, como mostrado a seguir. Para o valor de  $k_{mod,4}$  não foi encontrado na norma brasileira ABNT NBR 16828:2020 referência de valores.

Tabela 8 - Valores de  $k_{mod,1}$ .

| Tipo de carregamento                    | $K_{mod,1}$ |
|-----------------------------------------|-------------|
| Permanente                              | 0,7         |
| Longa duração (mais de seis meses)      | 0,8         |
| Média duração (uma semana a seis meses) | 0,9         |
| Curta duração (até uma semana)          | 1,0         |
| Instantânea                             | 1,1         |

Fonte: ABNT NBR 16828-1:2020, p.11.

Tabela 9 - Valores de  $k_{mod,2}$ .

| Condição ambiental | $K_{mod,2}$ |
|--------------------|-------------|
| UR < 75 %          | 1,0         |
| 75 % < UR < 85 %   | 0,8         |
| Bambu saturado     | 0,6         |

Fonte: ABNT NBR 16828-1:2020, p.11.

Tabela 10 - Coeficiente de minoração das resistências características do bambu,  $\gamma_m$ .

| Propriedade                                                              | $f_{c0,k}$ | $f_{t0,k}$ | $f_{v0,k}$ | $f_{t90,k}$ | $f_{M,k}$ |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|
| $\gamma_m$                                                               | 2,0        | 1,8        | 2,0        | 2,0         | 1,8       |
| NOTA Para verificações nos estados-limite de serviço, $\gamma_m = 1,0$ . |            |            |            |             |           |

Fonte: ABNT NBR 16828-1:2020, p.11.

Para a relação tensão-deformação é admitida uma relação linear até a ruptura, e pode também ser considerado um comportamento elástico. As propriedades físicas são obtidas conforme ABNT NBR 16828-2:2020 (ABNT NBR 16828-1/2020).

A norma ainda determina as especificações para cálculo das propriedades geométricas, cálculo de vigas e pilares com colmos de bambu e suas verificações de resistência, as considerações para estruturas reticuladas e treliças, controle de qualidade e seu manual.

Os pontos mais suscetíveis a falhas em uma estrutura são as ligações entre seus diferentes componentes e estas precisam ser bem projetadas e executadas garantindo que a estrutura se mantenha contínua ao transmitir as ações de acordo com o projetado e que seja possível manter as deflexões dentro do limite aceitável. Essas ligações são baseadas pelo cálculo fundamentado em alternativa de ligação completa, onde são descritas todas as dimensões e posição das fixações, na capacidade dos componentes das ligações, em que a articulação é projetada a partir da capacidade de cada um de seus componentes, e em princípios de projetos alternativos, onde a resistência de materiais deve ser utilizada para projetar articulações mais eficientes (ABNT NBR 16828-1:2020).

Os ensaios relacionados as ligações e seus componentes devem seguir as diretrizes da norma ISO 6891 (ABNT NBR 16828-1:2020).

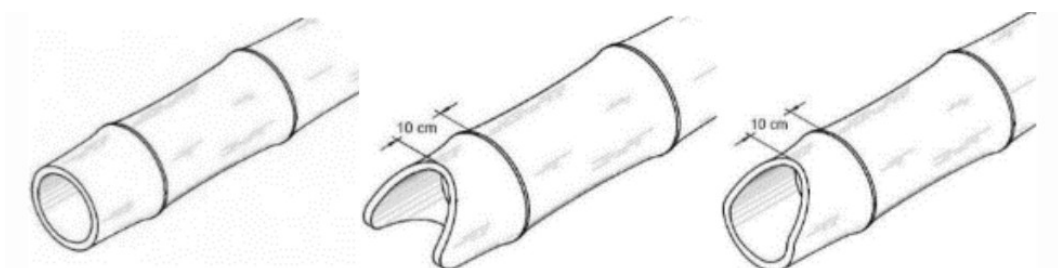
A norma ABNT NBR 16828-2:2020 determina todo o processo de cálculo de resistências e procedimentos de ensaios do colmo do bambu para utilização em estrutura.

#### 4.1.4 Tipos de ligações

Sobre as conexões em colmos de bambu a norma ABNT NBR 16828-1/2020 apresenta as seguintes definições adotadas de acordo com as normas internacionais anteriormente citadas,

Os tipos de corte nos colmos de bambu mais utilizados nas conexões são o corte, reto, corte em boca de peixe e corte em bico de flauta, como mostra a Figura 20 a seguir.

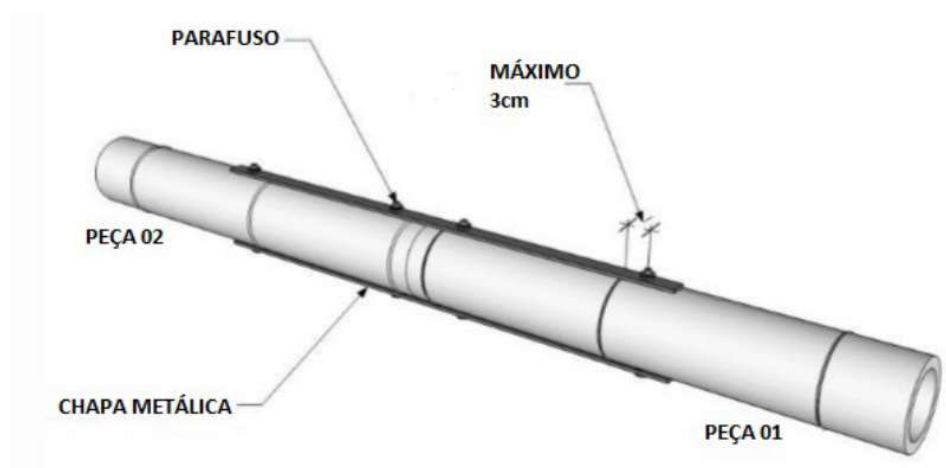
Figura 20 - Tipos de cortes conectivos em bambu conforme NSR 10:2010.



Fonte: ABNT NBR 16828-1:2020, p.25.

Quando as ações sobre uma conexão são elevadas, para executar a união entre os colmos geralmente são utilizadas ligações com auxílio de chapas ou parafusos metálicos. É necessário que as chapas sejam de aço-carbono com espessura mínima de 5mm e que as barras roscadas e os parafusos tenham no mínimo 10mm de diâmetro, como mostra a Figura 21.

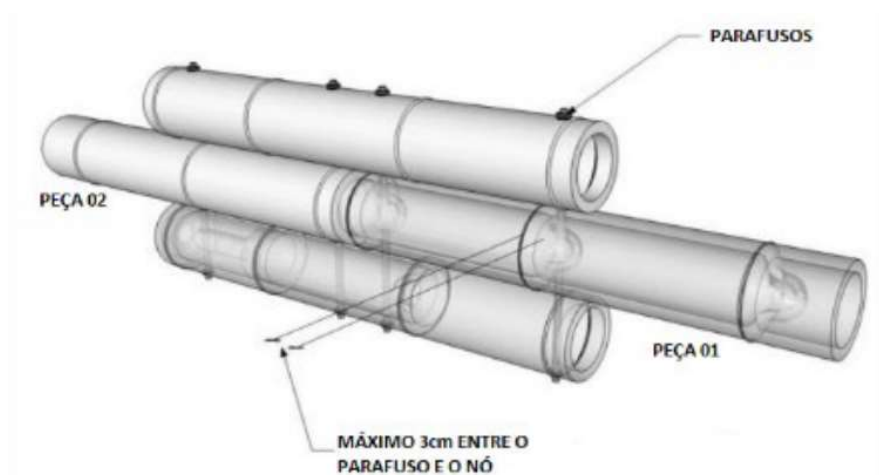
Figura 21 - Ligação longitudinal de duas peças de bambu com chapas metálicas (conforme NEC-SE-Guadua).



Fonte: ABNT NBR 16828-1:2020, p.26.

Esta união também pode ser executada utilizando dois bambus paralelos às peças a serem conectadas fixados com parafusos e utilizando arruelas entre a porca e o bambu, como apresenta a Figura 22.

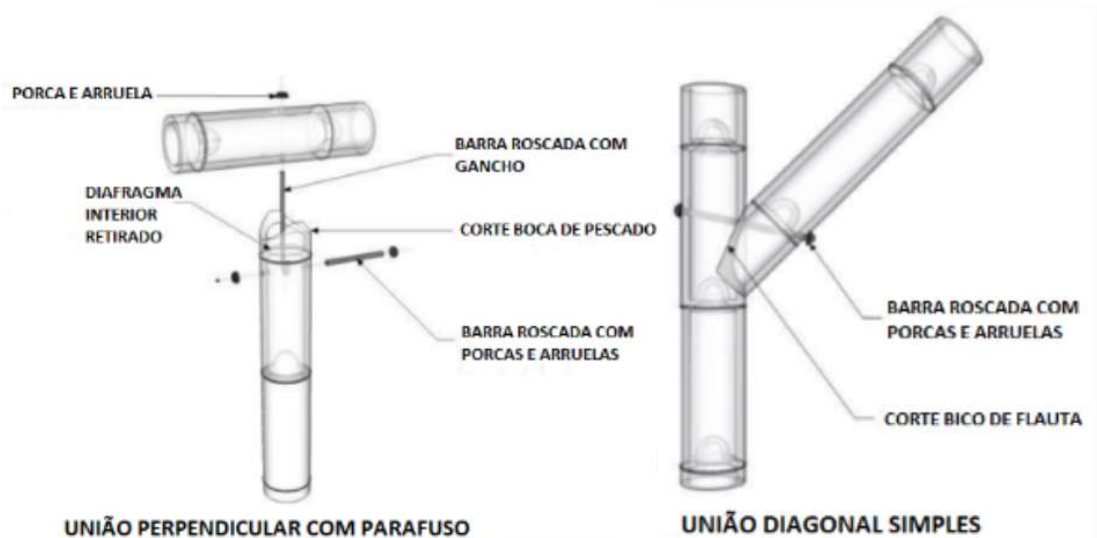
Figura 22 - Ligação longitudinal de duas peças de bambu com dois pedaços de bambus externos (conforme NEC-SE-Guadua).



Fonte: ABNT NBR 16828-1:2020, p.26.

Para as ligações perpendiculares e diagonais, é necessário proporcionar o maior contato entre as partes e executar os cortes das peças de forma correta, assim como garantir a rigidez da conexão com os reforços que forem solicitados, conforme ilustrado nas Figuras 23 e 24.

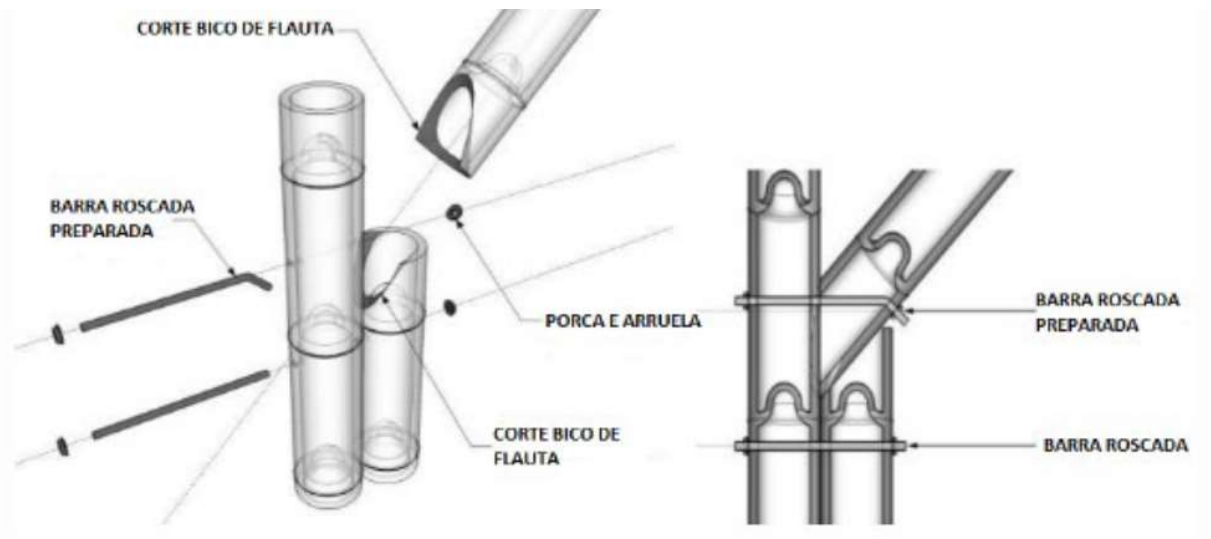
Figura 23 – Exemplos de ligações conforme NSR 10:2010.



- a) Ligação perpendicular com parafuso      b) Ligação diagonal com duas peças de bambu

Fonte: ABNT NBR 16828-1: 2020, p.27.

Figura 24 - União diagonal com bambu de apoio (conforme E100).

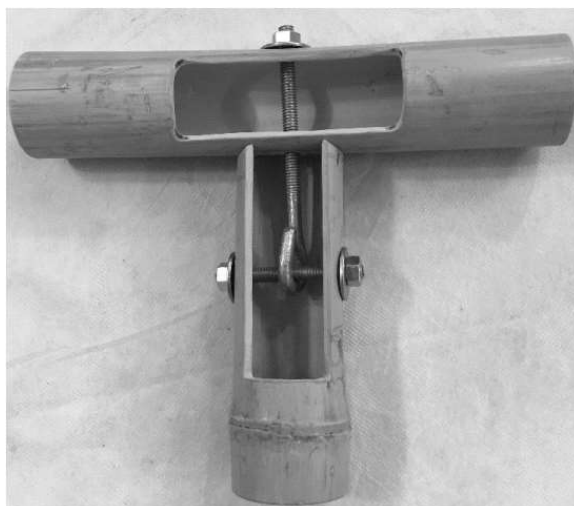


Fonte: ABNT NBR 16828-1: 2020, p.27.

Todos os elementos metálicos das ligações expostos devem ser tratados contra corrosão.

Também é possível executar conexões com ganchos e parafusos, como mostrado na Figura 25; caso as ações sejam elevadas, é recomendado o preenchimento dos entrenós com material de resistência compatível.

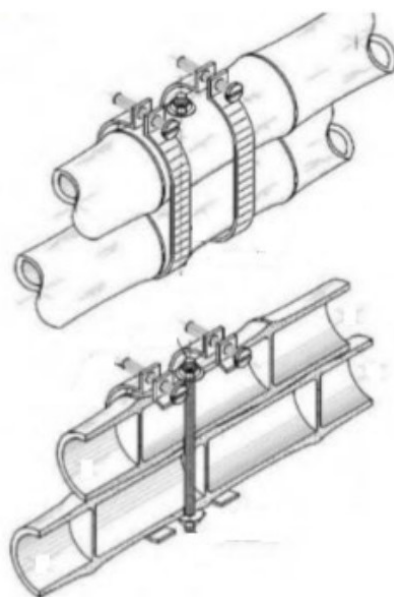
Figura 25 - Ligação com gancho e parafusos.



Fonte: ABNT NBR 16828-1: 2020, p.28.

O uso de abraçadeiras metálicas é permitido apenas caso for considerado o esmagamento e compressão perpendicular às fibras, a Figura 26 exemplifica a conexão.

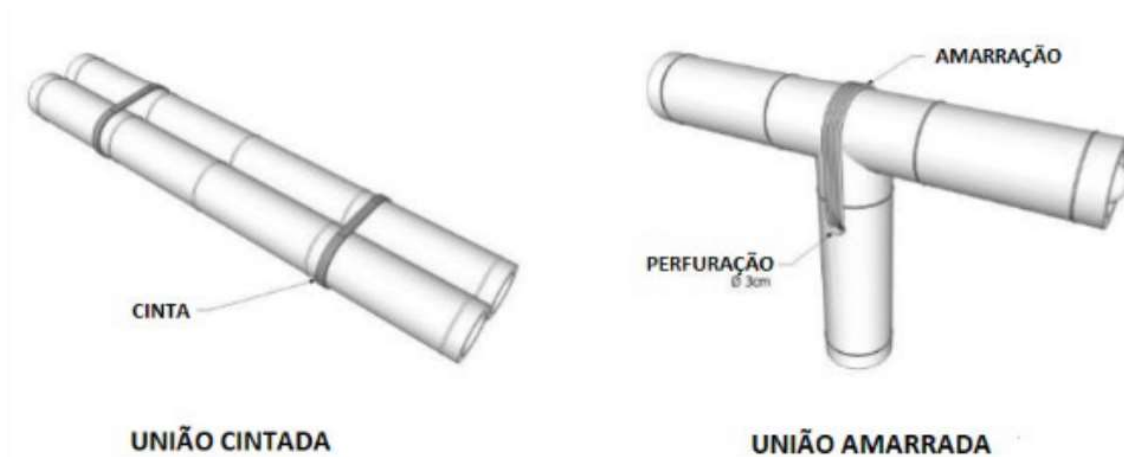
Figura 26 - Ligação com abraçadeiras metálicas (conforme NSR-10:2010).



Fonte: ABNT NBR 16828-1: 2020, p.28.

Segundo a norma ABNT NBR 16828-2:2020, as ligações podem ser amarradas utilizando materiais como cordas, couros, materiais metálicos, plásticos ou similares desde que impeçam a movimentação das peças, conforme Figura 27.

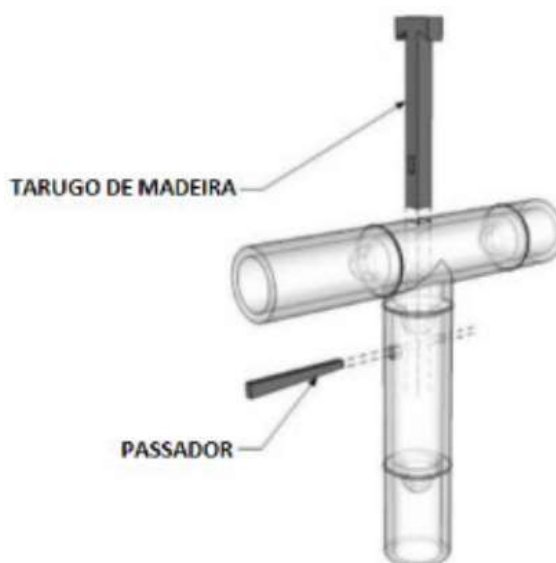
Figura 27 - Uniões cintadas e amarradas para bambu (conforme NEC-SE-Guadua).



Fonte: ABNT NBR 16828-1: 2020, p.29.

Podem ser realizadas conexões com tarugos de madeira estrutural, de bambu ou de outro material resistente, também é possível utilizar peças roliças de madeira dentro das peças de bambu que serão unidas, fixando-as com parafusos conforme ilustrado nas Figuras 28 e 29.

Figura 28 - Ligação com tarugo (conforme NEC-SE-Guadua).



Fonte: ABNT NBR 16828-1: 2020, p.30.

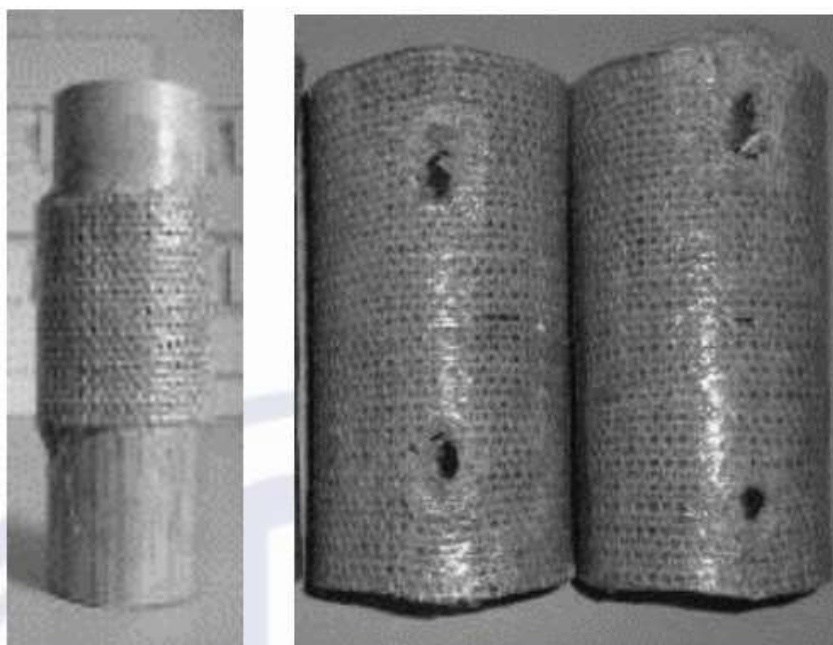
Figura 29 - Ligação com peça roliça de madeira (conforme NEC-SE-Guadua).



Fonte: ABNT NBR 16828-1: 2020, p.30.

A Figura 30 apresenta a utilização de conexões feitas com luvas, que também são permitidas.

Figura 30 - Ligação com luvas.

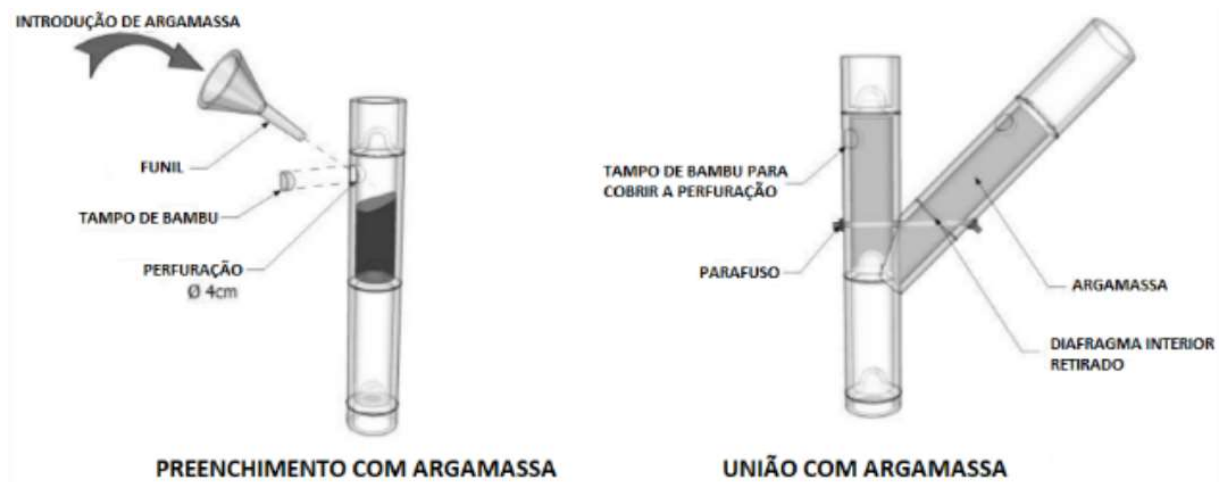


Fonte: ABNT NBR 16828-1: 2020, p.31.

Para conexões submetidas a elevada compressão, pode-se fazer necessário o preenchimento das cavidades com argamassa para se aumentar a resistência da

ligação. A argamassa deve ter fluidez suficiente para preencher completamente a região do entrenó. A Figura 31 ilustra o processo.

Figura 31 - Preenchimento entrenó de ligação com argamassa (conforme E100).



Fonte: ABNT NBR 16828-1: 2020, p.31.

## 5 PROJETOS ESTRUTURAIS EXECUTADOS COM BAMBU

Como comentado no capítulo 2, o bambu é uma planta de rápido crescimento, renovável e altamente versátil, utilizada tanto na construção civil quanto em objetos de design e artesanato. Sua resistência à tração se compara ao aço (MURAD, 2007), tornando-o uma alternativa ecológica a materiais convencionais, como concreto e madeira. Além de ser leve e flexível, o bambu também absorve CO<sub>2</sub> da atmosfera, contribuindo para a sustentabilidade ambiental. Projetos que utilizam bambu podem abranger desde estruturas arquitetônicas, como pontes e edifícios, até móveis e utensílios domésticos, promovendo inovação e sustentabilidade.

No Brasil, o uso do bambu em projetos de *design* e construção vem crescendo, especialmente devido ao seu potencial sustentável e à abundância de espécies no país. Um dos grandes atrativos do bambu no Brasil é sua capacidade de ser cultivado rapidamente, adaptando-se bem ao clima tropical e se regenerando de maneira sustentável. Algumas iniciativas buscam explorar seu potencial em sistemas de construção, como casas de baixo custo, por ser resistente, flexível e de fácil manejo. Além disso, projetos arquitetônicos contemporâneos com bambu no Brasil têm se destacado pela integração com o meio ambiente, promovendo soluções inovadoras e ecológicas (RUGGIERO, 2015).

Exemplos de projetos incluem a construção de pavilhões, domicílios, pousadas, centros comunitários e obras artísticas, com o bambu sendo tratado e estruturado de forma a suportar condições climáticas adversas.

### 5.1 Projeto vietnamita

Para esta pesquisa, foi realizada uma entrevista, disponível no Apêndice A, com engenheiro civil e coordenador no escritório de arquitetura e engenharia Bioestrutura Engenharia Me. Frederico Rosalino, no intuito de obter informações relativas à sua experiência na área, sua tese de mestrado e uma obra realizada, que enriqueceram a compreensão do tema abordado.

Foram fornecidos detalhes sobre seu objeto de estudo de caso no mestrado intitulado Sistema De Cobertura Com Feixe De *Bambusa Tuldoidea*, que teve como objetivo verificar a viabilidade de execução de um sistema de cobertura composto por

treliças para pequenos e médios vãos, com a espécie de bambu *Bambusa tuldooides*, que é pouco utilizada em estruturas robustas, por terem diâmetro inferior à espécie *Dendrocalamus asper*, por exemplo (GRAÇA,1988), onde apresentou outra proposta de projeto e mantendo fiel a parte da cobertura.

A estrutura do estudo de caso do mestrado em questão, é o Naman Retreat Beach Bar (vide Figuras 32, 33 e 34), foi executado na cidade de Ho Chi Minh City, no Vietnã, utilizando o sistema estrutural treliçado, projetado e executado pelos escritórios de arquitetura Vo Trong Nghia Architects, e Bambuild.

Figura 32 - Naman Retreat Beach Bar projetado por Vo Trong Nghia Architects.



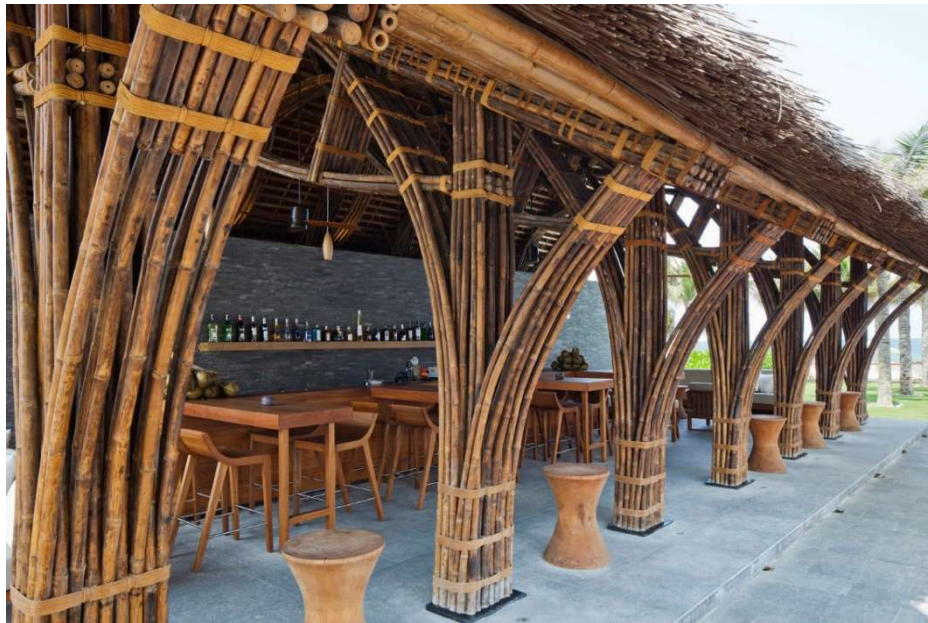
Fonte: Hiroyuki Oki. ArchDaily: site, 2015.

Figura 33 - Naman Retreat Beach Bar projetado por Vo Trong Nghia Architects.



Fonte: Hiroyuki Oki. ArchDaily: site, 2015.

Figura 34 - Naman Retreat Beach Bar projetado por Vo Trong Nghia Architects.



Fonte: Hiroyuki Oki. ArchDaily: site, 2015.

Em suas junções originais, foram utilizados tipos de amarras com as cordas de poliéster e pinos de madeira conforme a Figura 35 a seguir.

Figura 35 - Naman Retreat Beach Bar projetado por Vo Trong Nghia Architects. Detalhe das amarras e junções.



Fonte: Hiroyuki Oki. ArchDaily: site, 2015.

Segundo Rosalino (2019), para a realização dos ensaios, foi estudada a utilização de pinos de madeira de alta densidade, da espécie *Eucalyptus dunnii*. Foram realizados testes a fim de determinar sua capacidade à resistência à compressão, flexão e elasticidade. Foram feitas amostras de bambu em dois modelos

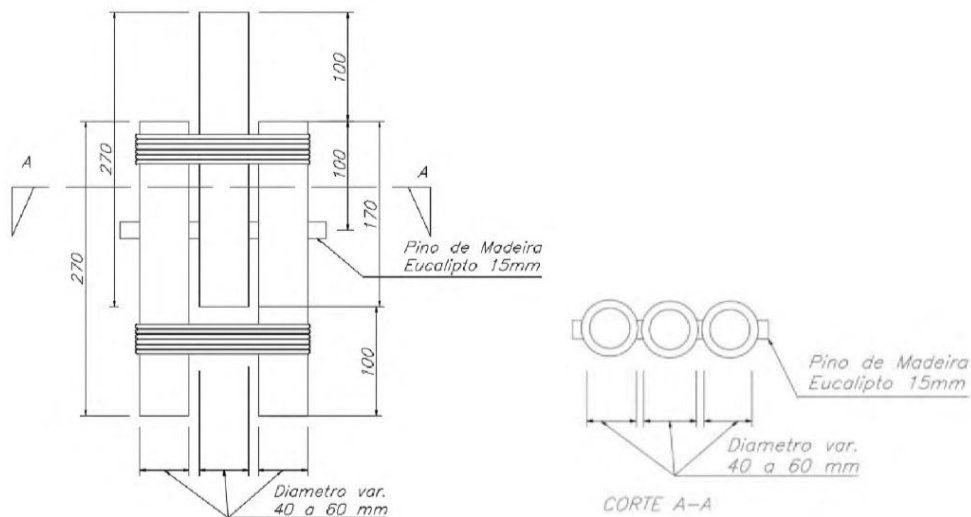
de junções, em paralelo (conforme Figura 36 e Figura 37) e perpendicular (conforme Figura 37 e Figura 38).

Figura 36 - Detalhe das amarras na ligação em paralelo.



Fonte: Rosalino, 2019, p.60.

Figura 37 - Dimensões dos corpos de prova em ligação paralela.



Fonte: Rosalino, 2019, p.61.

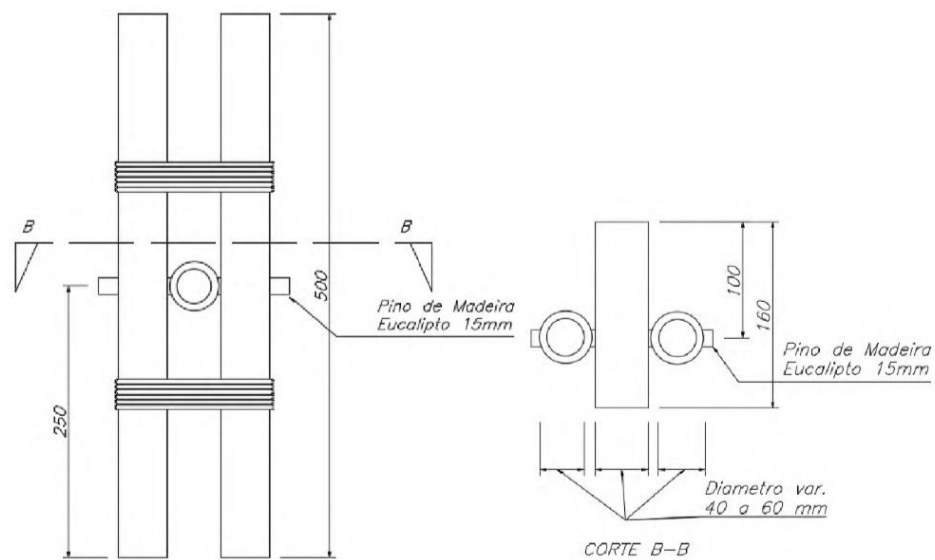
Na sequência, na Figura 38, o modelo de exemplo de ligação da seção do bambu central na perpendicular, e seu detalhamento de dimensões posteriormente na Figura 39.

Figura 38 - Detalhe das amarras em ligação perpendicular.



Fonte: Rosalino, 2019, p.60.

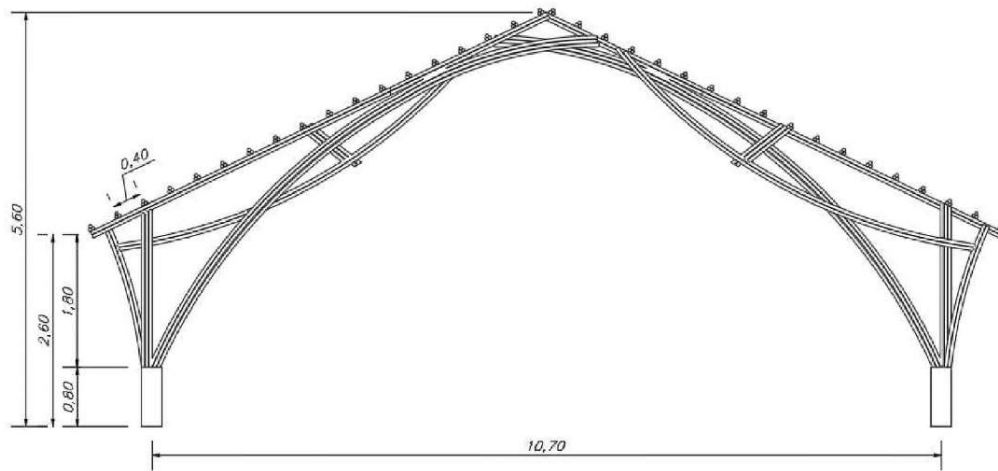
Figura 39 - Dimensões do corpo de prova em ligação perpendicular.



Fonte: Rosalino, 2019, p.61.

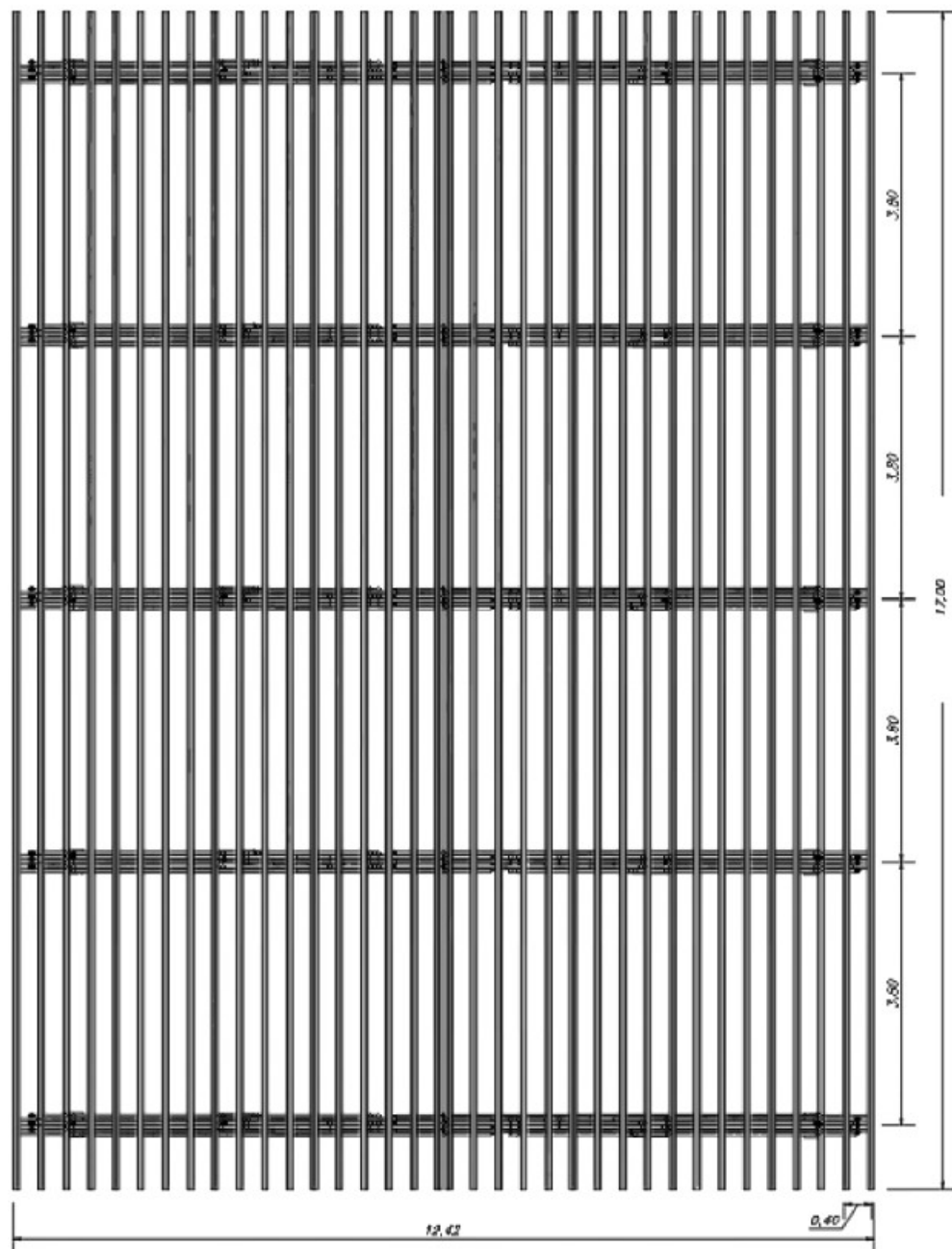
A proposta de projeto é um galpão composto por duas águas, com vão livre de 10,7 metros frontalmente conforme Figura 40, possuindo 12,42 metros em sua totalidade (Figura 41).

Figura 40 - Vista frontal.



Fonte: Rosalino, 2019, p.65.

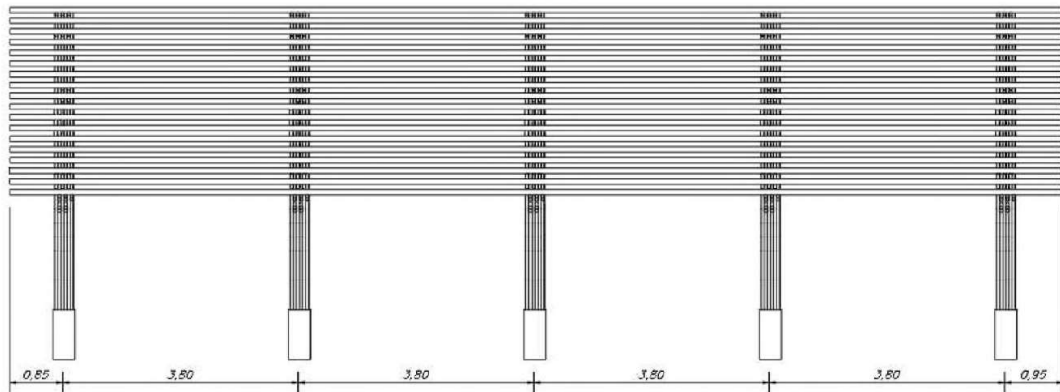
Figura 41 - Vista superior da cobertura.



Fonte: Rosalino, 2019, p.67.

Os apoios são espaçados a cada 3,8 metros como na Figura 42, contendo beirais de 0,95 e 0,85 metros, possuindo 17 metros de comprimento longitudinal.

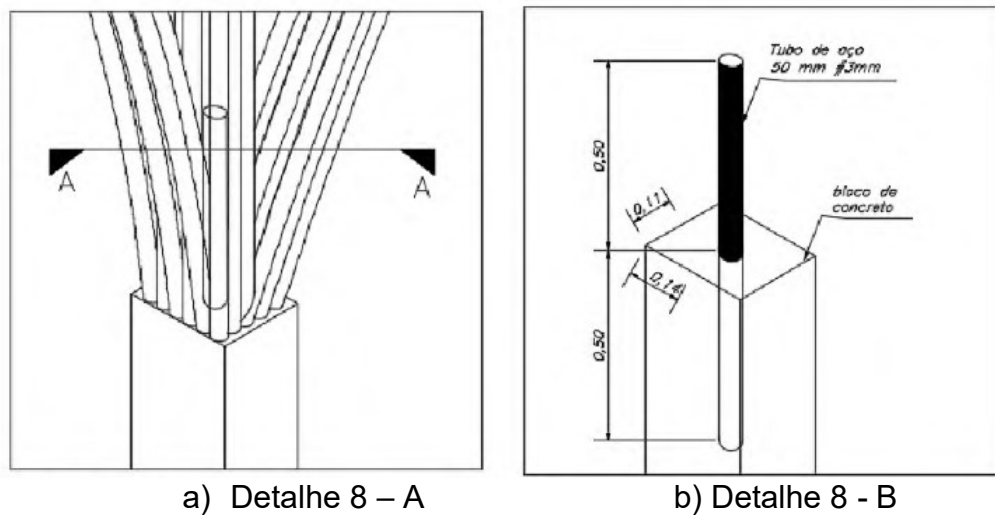
Figura 42 - Vista lateral.



Fonte: Rosalino, 2019, p.67.

As bases dos pórticos são de concreto armado de 80 centímetros de altura evitando o contato do bambu com o solo, vide Figura 43 de detalhes da base dos pórticos em concreto armado com suporte central de tubo de aço.

Figura 43 - Detalhes de fixação do pórtico na fundação



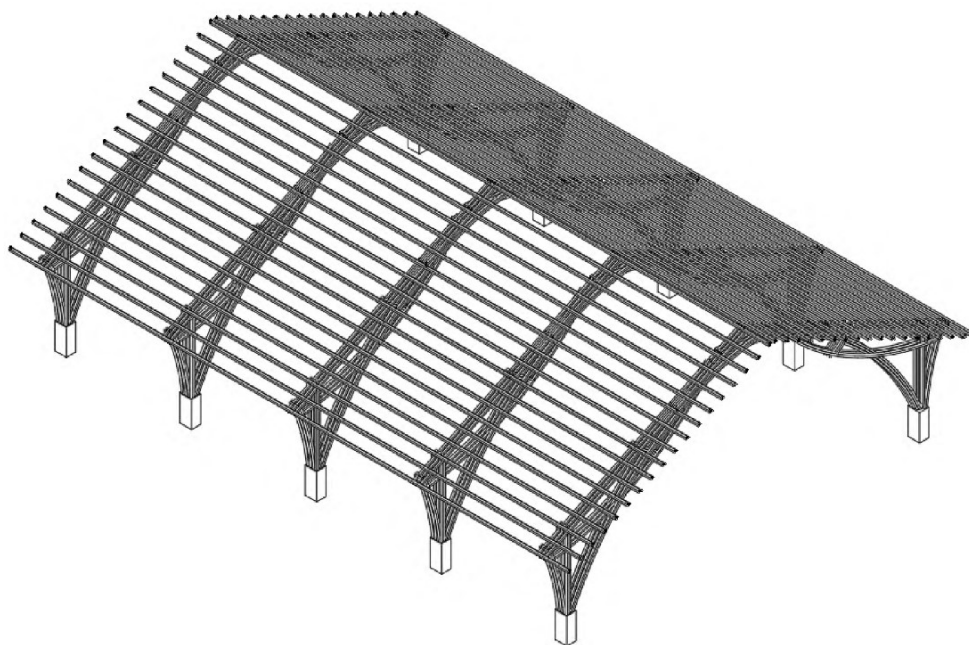
a) Detalhe 8 – A

b) Detalhe 8 - B

Fonte: Rosalino, 2019, p.128.

A figura a seguir (Figura 44) se trata da vista em perspectiva para melhor visualização do projeto proposto.

Figura 44 - Vista em perspectiva da estrutura.

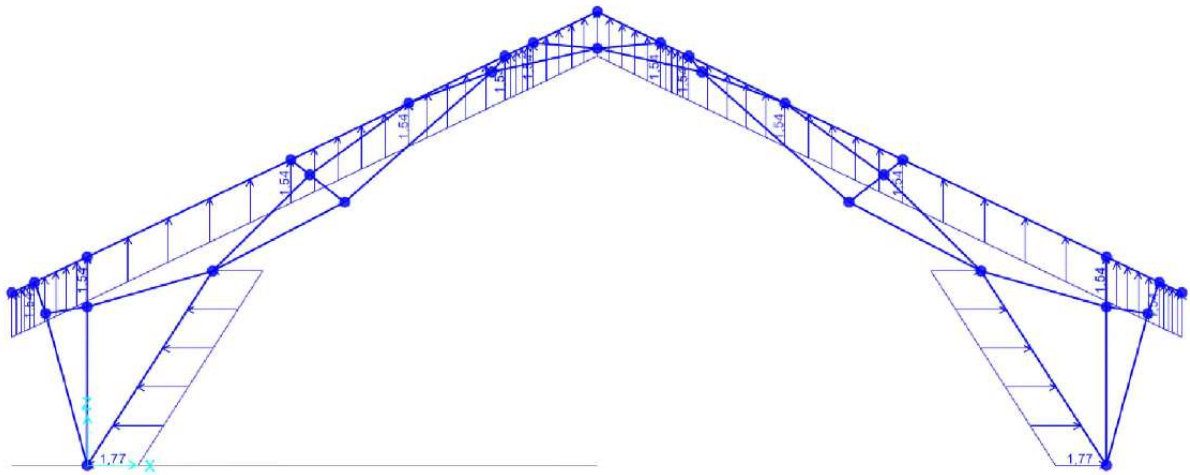


Fonte: Rosalino, 2019, p.66.

Para realização das análises da estrutura, o sistema de cobertura foi modelado considerando os feixes de bambu como elementos estruturais interligados, simulando seu comportamento sob aplicação de cargas permanentes (peso próprio) e variáveis (vento), que simulam situações reais de uso da cobertura (ROSALINO,2019), conforme exemplo de simulação gerado no *software* SAP 2000, nas Figuras 45 e 46.



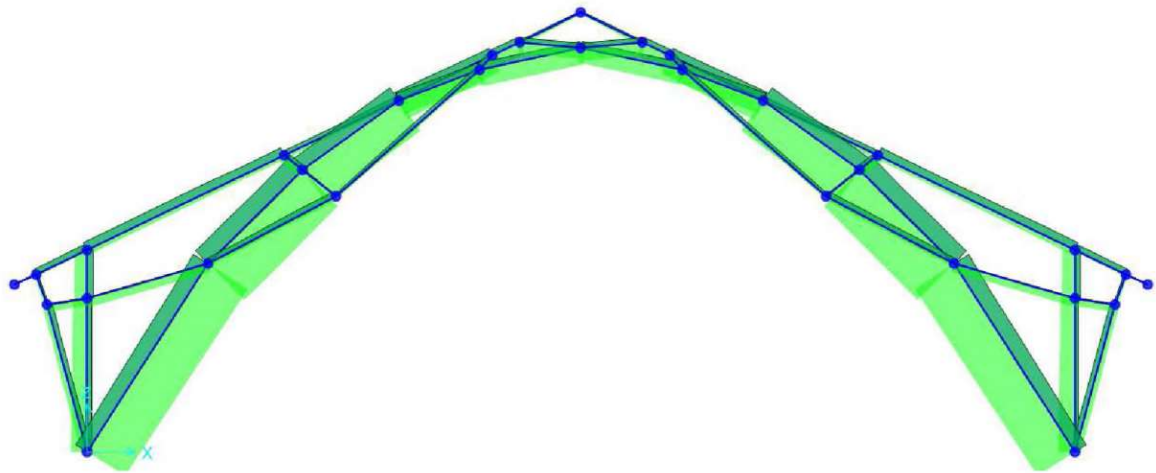
Figura 47 - Lançamentos de carga de vento de subpressão – Vista frontal.



Fonte: Rosalino, 2019, p.123.

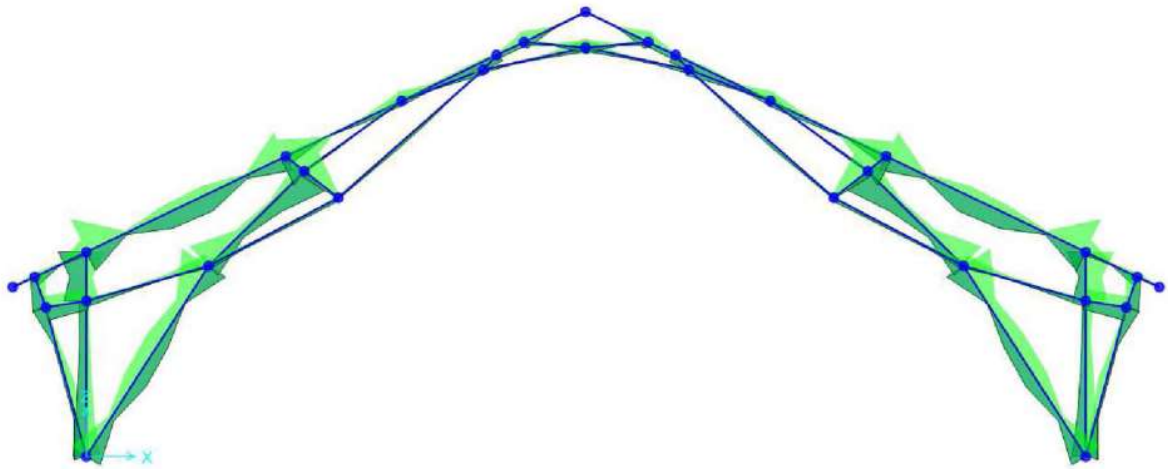
Os diagramas de esforços resultantes serão apresentados nas Figuras 48, 49 e 50 na sequência.

Figura 48 - Diagrama de esforços axiais - Vista frontal.



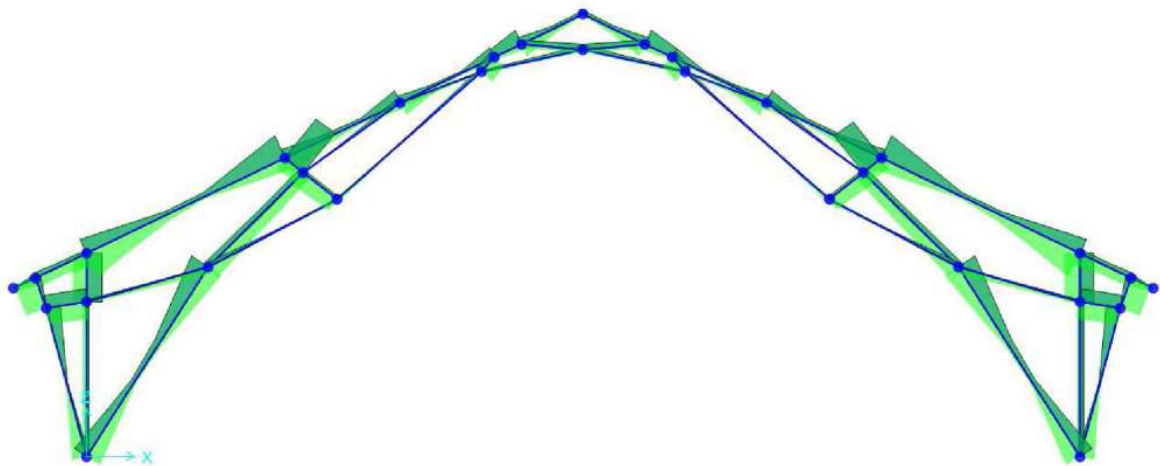
Fonte: Rosalino, 2019, p.124.

Figura 49 - Diagrama de momento fletor - Vista frontal



Fonte: Rosalino, 2019, p.125.

Figura 50 - Diagrama de esforços cortantes - Vista frontal.



Fonte: Rosalino, 2019, p.126.

O método utilizado mostrou que o sistema de cobertura com feixes de *Bambusa tuldooides* é estruturalmente viável, desde que sejam respeitadas limitações quanto à resistência do material e implementados tratamentos para aumentar sua durabilidade. Os resultados apontaram bom desempenho do sistema, especialmente em termos de resistência a cargas distribuídas e eficiência na aplicação em coberturas leves:

O uso do *Bambusa tuldooides* na produção de estruturas para a construção civil se mostrou viável do ponto de vista técnico. O material apresenta características físico-mecânicas que possibilitam sua utilização de acordo com as normas técnicas internacionais de projeto de estrutura em bambu

disponíveis. O sistema de ligação proposto neste estudo para as estruturas em feixes de *Bambusa tuldoidea*, composta por pinos de *Eucalyptus dunnii* e cordas de polipropileno, apresentou resultados de resistência mecânica que viabilizam tecnicamente o seu uso na produção de treliças. [...] apresentou resultados satisfatórios para esforços de compressão axial e tração axial, assim como para momento fletor e cortante, portanto, é possível sua utilização para a produção destes elementos de cobertura atendendo aos requisitos das normas técnicas internacionais de projeto de estrutura em bambu disponíveis. (Rosalino, 2019, p.113).

## 5.2 Cabana Belchior

Localizada na cidade de Cavalcante, ao norte da Chapada dos Veadeiros, no Distrito Federal, a Cabana Belchior foi construída em bambu entre 2023 e 2024. O projeto e a execução foram realizados pela Bioestrutura Engenharia. A construção de 100 m<sup>2</sup> possui dois pavimentos estão apresentadas nas Figuras 51 e 52 respectivamente. O projeto estrutural pode ser encontrado no Anexo A e B deste trabalho.

Figura 51 - Cabana Belchior (Varanda).



Fonte: Bioestrutura: site, 2024.

Figura 52 - Cabana Belchior (fundos).



Fonte: Bioestrutura: site, 2024.

Para este projeto, foi empregada a espécie de bambu *Dendrocalamus asper*, conhecida como bambu gigante, sendo preferida para construções por causa de sua maior resistência à compressão, tração e cisalhamento, em comparação a outras espécies existentes devido as suas grandes dimensões, sendo utilizada uma ou duas varas para suportaçoão como pilar (ROSALINO,2024).

Foram utilizadas peças de bambu com diâmetros mínimos de 16 centímetros para vigas e pilares, e diâmetro mínimo de 14 centímetros para caibros; as peças tiveram os diafragmas perfurados em todo seu comprimento com vergalhão, para então receber tratamento por imersão com solução de água e octaborato de sódio, e acabamento com *stain*, que é uma resina impregnante que penetra no material fazendo com que ele fique impermeabilizado e hidratado, evitando que trinque (ArchDaily, 2020), a mesma penetra e impermeabiliza o colmo do bambu (ROSALINO, 2024).

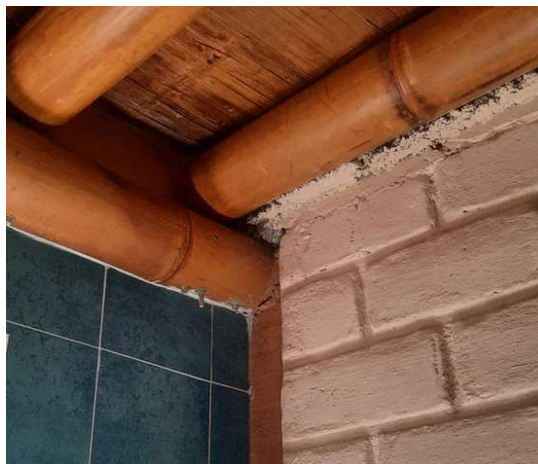
Além do bambu, suas paredes são feitas de tijolos de adobe (Figura 53 e 54) confeccionadas, *in loco*, por membros da comunidade quilombola Kalunga.

Figura 53 - Produção dos tijolos de adobe in loco



Fonte: Rosalino, 2023.

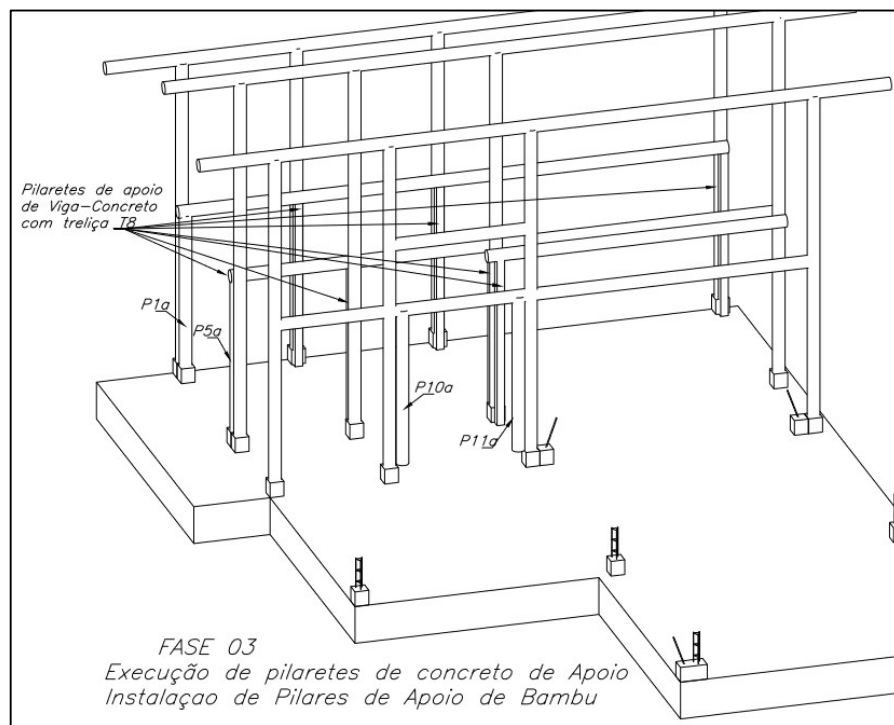
Figura 54 - Cabana Belchior (Detalhe adobe e bambu).



Fonte: Rosalino, 2024.

O concreto foi utilizado em pilares estratégicos para reforço conforme Figuras 55 e 56 (vide Anexo B), além de ser utilizado como apoio na base de todos os pilares de bambu na fundação e nas esperas de treliça de aço (Figura 57), tendo ao todo sete áreas, sendo elas: uma sala, uma cozinha, dois quartos, um banheiro, um lounge no mezanino e uma varanda no térreo.

Figura 55 - Detalhe de projeto estrutural fase 03 (Execução de pilaretes de apoio de concreto).



Fonte: Rosalino, 2023, fl.02 – adaptado.

Figura 56 - Cabana Belchior (Pilares de concreto expostos).



Fonte: Rosalino, 2023.

Figura 57 - Fundação e esperas de treliça da Cabana Belchior.

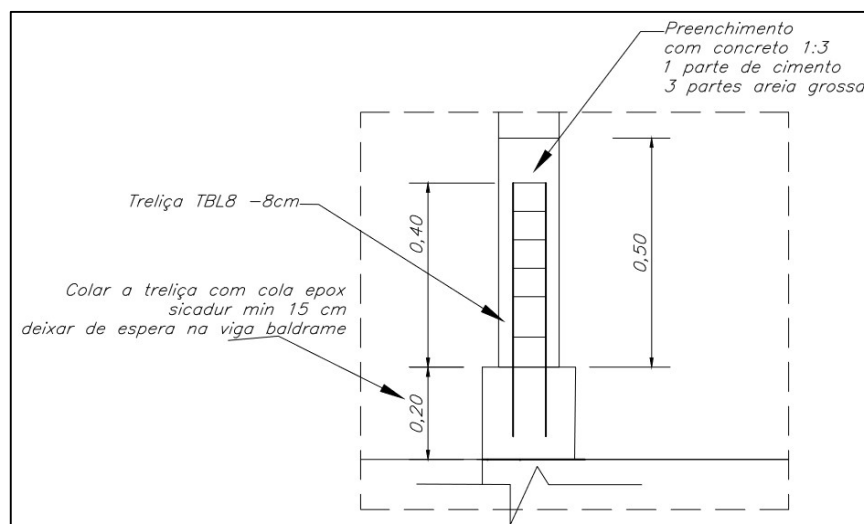


Fonte: Rosalino, 2023.

Depois de realizado contrapiso, foram posicionados os pilares em cima dos apoios elevados de concreto de 20 centímetros e concretados por dentro do colmo, na base.

Nas Figuras 58 e 59, tem-se o detalhe da ancoragem em pilares e a execução.

Figura 58 - Ancoragem de pilar regular. Detalhe 01 - típico.



Fonte: Rosalino, 2023, fl.01.

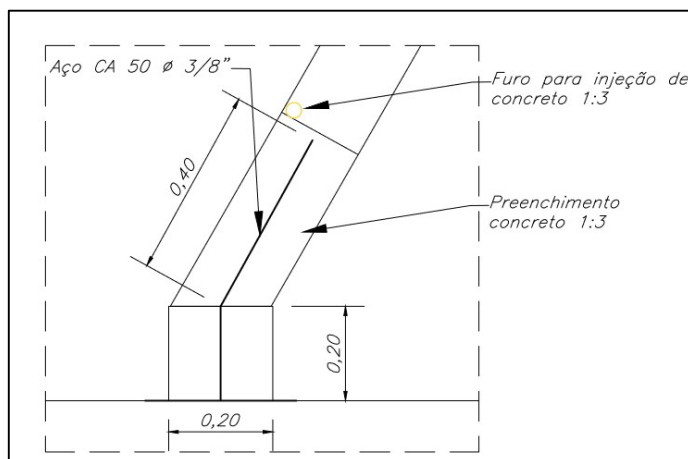
Figura 59 - Execução de ancoragem de pilar regular.



Fonte: Rosalino, 2023.

Também foram executados pilares inclinados, conforme detalhe apresentado na Figura 60 e vista do pilar executado na Figura 61.

Figura 60 -Ancoragem de pilar inclinado. Detalhe 07.



Fonte: Rosalino, 2023, fl.01 - adaptado.

Figura 61 - Execução de ancoragem de pilar inclinado.



Fonte: Rosalino, 2023.

O forro da cabana é feito de esteira de bambu (Figura 62), posteriormente, foram colocadas a manta térmica e as telhas cerâmicas (Figura 63).

Figura 62 - Forro de esteira de bambu.



Fonte: Rosalino, 2023.

Figura 63 - Telha cerâmica.



Fonte: Rosalino, 2023.

A esteira de bambu, além de ser utilizada no forro, também foi empregada na composição da laje, juntamente com o reforço de malha de aço e uma mistura de argamassa reforçada. (Figura 64).

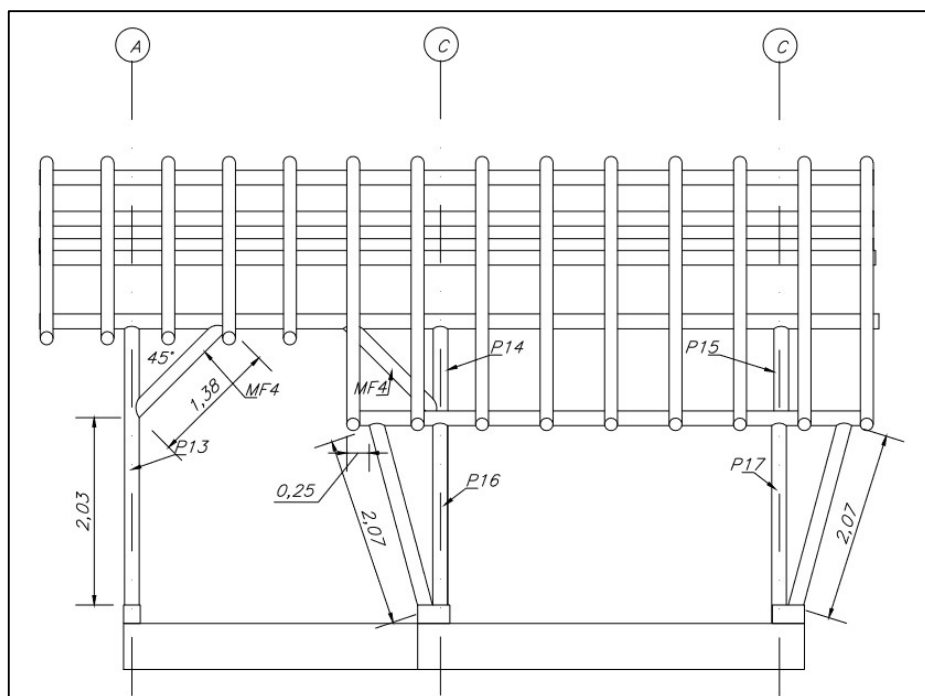
Figura 64 - Detalhe da laje.



Fonte: Rosalino, 2024.

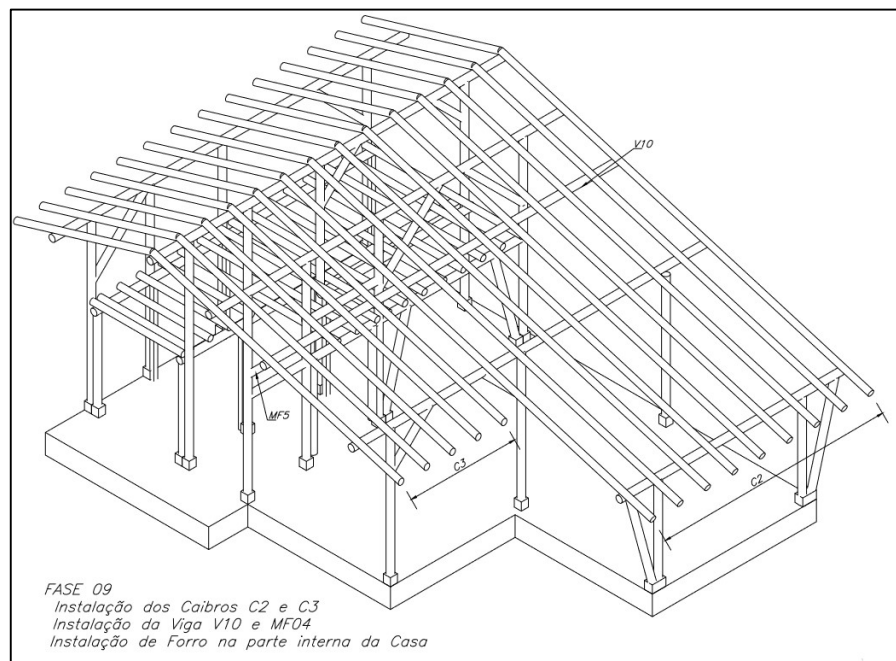
Na cabana, o uso de treliças e mão-francesas foram evidentes em projeto, vide Figuras 65 e 66.

Figura 65 - Vista 01 (apoios treliçados).



Fonte: Rosalino, 2023, fl.01.

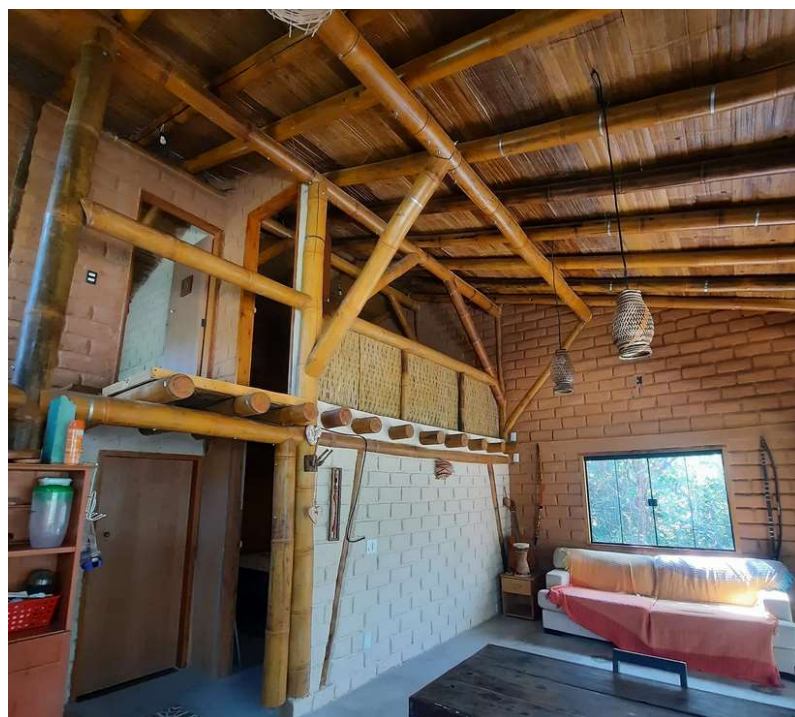
Figura 66 – Instalação de caibros C2 e C3. Detalhe de projeto estrutural fase 09.



Fonte: Rosalino, 2023, fl.02.

Consequentemente, na execução, onde é possível ver nas Figuras 67, 68 e 69.

Figura 67 - Cabana Belchior (vista ampla do interior).



Fonte: Bioestrutura: site, 2024.

Exemplificação do uso de treliças nas Figuras 67 e 68:

Figura 68 - Cabana Belchior (treliças).



Fonte: Bioestrutura: site, 2024 - adaptado.

Figura 69 - Cabana Belchior (mezanino).



Fonte: Bioestrutura: site, 2024.

Dessa forma tem-se a alta exposição do bambu, sendo utilizado como pilares, vigas e caibros, sendo esse o principal intuito do uso desse material nobre.

Como medida de redução de abertura de fendas, tendência natural do bambu, foram utilizadas braçadeiras metálicas como exemplo nas Figuras 70 e 71, em pilares e caibros.

Figura 70 - Braçadeiras em pilar de bambu na Cabana Belchior.



Fonte: Rosalino, 2023 – adaptado.

Figura 71 - Braçadeiras nos caibros em bambu na Cabana Belchior.



Fonte: Rosalino, 2023 - adaptado

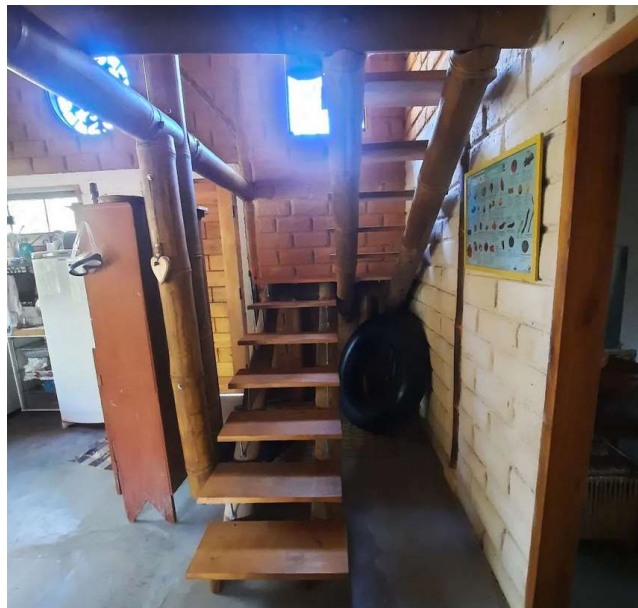
Na escada, em formato U, também foram utilizadas peças de bambu com corte boca de peixe para o encaixe e apoio (Figura 72), utilizando como fixação barras metálicas roscadas; e utilização de tábuas de madeira como degraus (Figuras 73 e 74).

Figura 72 - Cabana Belchior (detalhe escada).



Fonte: Bioestrutura: site, 2024.

Figura 73 - Cabana Belchior (vista frontal da escada).



Fonte: Rosalino, 2024.

Figura 74 - Cabana Belchior (vista lateral da escada).



Fonte: Rosalino, 2024.

Nesta obra, foram observados os três tipos de cortes no bambu, conforme ABNT NBR 16828-1:2020; A seguir são destacados os cortes e fixações utilizados na Cabana Belchior.

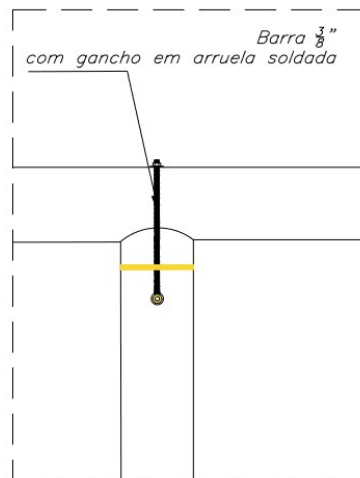
A execução de uma conexão perpendicular com barra roscada e gancho pode ser observada na Figura 75, e a exemplificação em desenho incluso no projeto deste mesmo esquema, na Figura 76.

Figura 75 - Detalhe de conexão perpendicular com barra roscada e gancho, corte boca de peixe.



Fonte: Rosalino, 2024 – adaptado.

Figura 76 - Fixação de barra com gancho, detalhe 02.



Fonte: Rosalino, 2023, fl.01 - adaptado

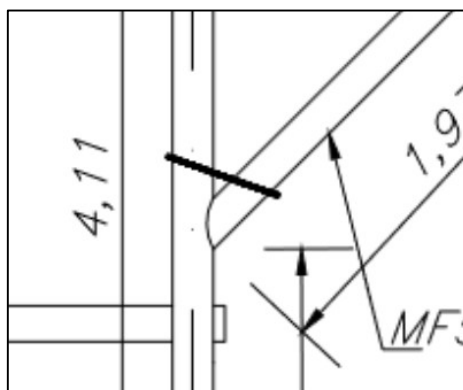
Já a execução de uma união na diagonal com barra rosca com o corte bico de flauta está na Figura 77, e, na Figura 78, ampliação da vista, em que se vê o detalhe projetual.

Figura 77 - Detalhe de união diagonal simples com parafuso, corte bico de flauta.



Fonte: Rosalino, 2024 – adaptado.

Figura 78- Detalhe de união diagonal simples com parafuso, corte bico de flauta. Ampliação da vista 03.



Fonte: Rosalino, 2023, fl.01.

Seguindo a sequência, há também ligação longitudinal entre duas peças de bambu com peça roliça de madeira, sendo utilizada neste o tipo de corte reto para o encaixe, apresentada na Figura 79 e em seus detalhes de desenho e execução destacadas nas Figuras 80 e 81.

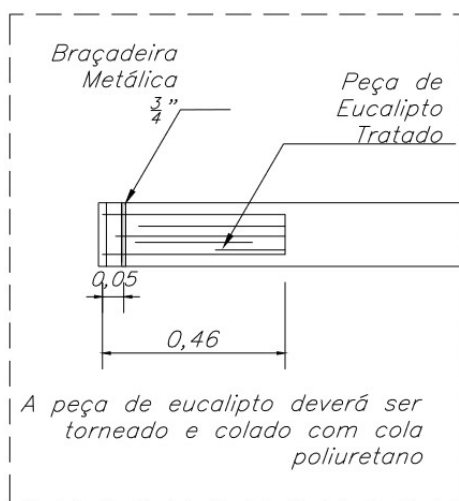
Figura 79 - Detalhe de ligação com peça de madeira roliça, com corte reto.



Fonte: Rosalino, 2024 – adaptado.

Conforme mencionado anteriormente, os detalhes de execução apresentados incluem explicações que facilitam a compreensão plena do processo, como o entufamento, etapa nomeada por Rosalino (2019). Esse processo envolve o encaixe e a colagem da peça roliça de madeira de eucalipto tratado com cola de poliuretano - PU, seguido da colocação de braçadeiras, como ilustrado na Figura 80.

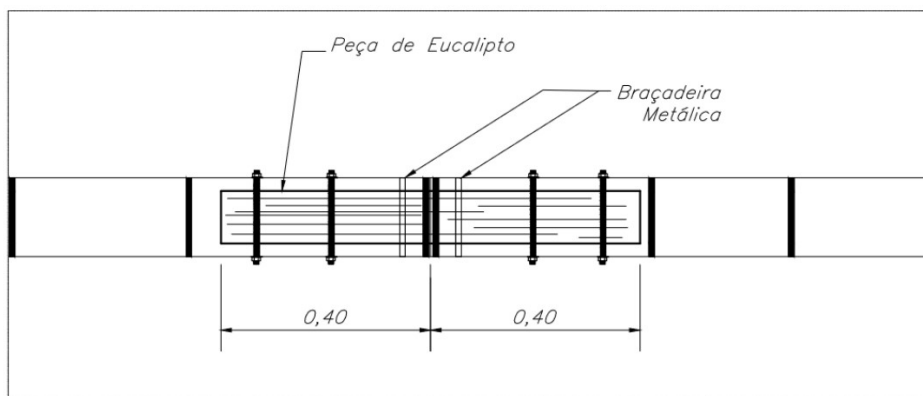
Figura 80 - Detalhe do entufamento.



Fonte: Rosalino, 2023, fl.01.

A representação da seção onde há o encontro longitudinal das duas peças de bambu, assim como a fixação das braçadeiras e posicionamentos das barras roscadas com arruelas e porcas para fixação e estabilização da emenda, ilustrado na Figura 81.

Figura 81 – Detalhe da união longitudinal das vigas de topo.



Fonte: Rosalino, 2023, fl.01.

Segundo Rosalino (2024), o custo total da construção da cabana foi estimado em R\$ 2.700,00 por metro quadrado, valor que inclui os honorários de administração, o qual este valor reflete o orçamento final, ajustado para despesas administrativas e operacionais.

Ao conhecer este projeto e suas particularidades, foi notado que o processo de execução pode ser desmistificado pela sua fácil compreensão; desde que sigam sequências executivas e técnicas acompanhando o comportamento da estrutura no decorrer da execução. Apesar de ter sido iniciada em 2023 e finalizada em 2024, esse exemplo traz esclarecimentos e melhor visualização de uma estrutura executada em sua maioria, por bambu, mesmo assim, necessita-se de maiores aprofundamentos de estudos acerca desses métodos construtivos e observar seu comportamento ao longo dos anos (ROSALINO, 2024).

A principal vantagem é o baixo impacto por redução de resíduos, o emprego de mão de obra local, lembrando que o bambu é uma fonte renovável de matéria prima, além de seu cultivo ser favorável ao meio ambiente, à medida que contribui para a captura de carbono; sendo ainda biodegradável, resistente, flexível e versátil em sua utilização.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O bambu apresenta usabilidade construtiva satisfatória comparada com outros materiais e atende as especificações necessárias para uma construção segura desde que seguidas as determinações normativas de desempenho e resistências das estruturas. Suas características físicas e mecânicas de resistência devem ser verificadas e validadas de acordo com normas nacionais, elaboradas para garantir a segurança e durabilidade das estruturas.

Com a publicação da norma ABNT NBR 16828:2020 para Estruturas de bambu, o Brasil abriu caminho não só para a ampliação do uso do bambu, mas também o validou como uma alternativa sustentável e eficiente para a construção, que possui características e técnicas construtivas a serem seguidas de acordo com suas diretrizes e trouxe ainda a possibilidade de financiamento para construções com estrutura em bambu.

A normatização das conexões de colmos de bambu garante a estabilidade das estruturas que o utilizam, assim como permite maiores possibilidades de adaptações para projetos de novos tipos de estruturas, sempre realizando verificações quanto as normas.

O avanço na pesquisa e interesse para a construção sustentável e utilização de materiais renováveis é importante e precisa continuar evoluindo. Contudo, ainda é necessário maior incentivo para que estes recursos cheguem à população que realmente pode se beneficiar da utilização desses materiais, como as que residem próximo as regiões de plantio, cultivo e tratamento do bambu, oferecendo a elas maior possibilidade de trabalho e renda.

O cultivo e tratamento de espécies de bambu gigantes no Brasil pode ser ampliado e divulgado para aumentar o interesse e engajamento da população para a valorização do uso de recursos mais sustentáveis para a construção.

Há ainda um grande campo a ser explorado para se encontrar melhores soluções no uso do bambu como material estrutural.

Para futuras pesquisas, sugere-se o estudo e análise das regiões brasileiras onde há maior incidência ou probabilidade do cultivo das espécies de bambu gigante a fim de verificar a viabilidade de se incentivar o uso do bambu nessas regiões. O

estudo da resistência física e características mecânicas de outras espécies para ampliar a variedade de bambu para uso na construção.

Também pode ser estudada análise do comportamento dos colmos de bambu com tipos de materiais de fixação diferentes utilizados para realizar as conexões e junções, assim como os tipos de argamassa e outros materiais de preenchimento dos entrenós do bambu e suas reações de dilatação e contração após secagem na geração de fissuras nos colmos de bambu.

Sugere-se ainda, o estudo da durabilidade e resistência de estruturas de bambu expostas as intempéries.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Lucas Ferreira; PALERMO, Gilmara Pires de Moura; PEREIRA, Keiti Roseani Mendes. **Cultivo e manejo de bambuzais: um referencial teórico**. In: SILVA, Luiza Fernanda; SOUZA, Rafael Donizeti de (orgs). Produtos florestais não madeireiros: tecnologia, mercado, pesquisas e atualidades. Goiânia: Editora Científica, 2021. Disponível em: <<https://www.editoracientifica.com.br/books/chapter/210604902>>. Acesso em: 27 nov. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16828-1**: Estruturas de bambu. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16828-2**: Estruturas de bambu. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Ações para o cálculo de estruturas e edificações. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO 6891**: Timber structures — Joints made with mechanical fasteners — General principles for the determination of strength and deformation characteristics. 1983.

ARCHDAILY. **Bar Vietnam: Naman Retreat Beach Bar / Vo Trong Nghia Architects**. Disponível em: <<https://www.archdaily.com/774459/naman-retreat-beach-bar-vo-trong-nghia-architects>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

ARCHDAILY. **Empurrando os limites com bambu**: um estudo de caso de engenharia estrutural. Out. 2022. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/1007665/empurrando-os-limites-com-bambu-um-estudo-de-caso-de-engenharia-estrutural>>. Acesso em 18 abr. 2024.

ARCHDAILY. **Ponte de bambu na Indonésia demonstra alternativas sustentáveis para infraestruturas**. Jun. 2017. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/874064/ponte-de-bambu-na-indonesia-demonstra-alternativas-sustentaveis-para-infraestruturas>>. Acesso em: 18 abr. 2024.

ARCHDAILY. **Vernizes, stains, óleos, ceras**: quais são os acabamentos mais adequados para madeira? Fev. 2020. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/934190/quais-os-acabamentos-mais-adequados-para-madeira>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

BALLESTÈ, Joan Font. **Desempenho construtivo de estruturas de cobertura com colmos de bambu**. 2017. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. doi:10.11606/D.16.2018.tde-21122017-103248. Acesso em: 03 mai. 2024.

BAMBOO BIODIVERSITY. **Mapas**. Disponível em: <<https://www.eeob.iastate.edu/research/bamboo/maps.html>>. Acesso em: 02 mai. 2024.

BERALDO, Antonio Ludovico. **Norma brasileira para estruturas de bambu**. 2017. APUAMA. Disponível em: <<http://apuama.org/norma-brasileira-para-estruturas-debambu/>>. Acesso em: 04 jun. 2024.

BIOESTRUTURA. **Projetos e Obras**. Disponível em: <<https://www.bioestrutura.com.br/projects-8?lightbox=datatem-m1tc8oqv2>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

CABANA BELCHIOR CHAPADA. **Perfil no Instagram sobre turismo sustentável na Chapada Diamantina**. Disponível em: [https://www.instagram.com/cabana\\_belchior\\_chapada/?igsh=MWE3andocHp5NjlkYQ%3D%3D](https://www.instagram.com/cabana_belchior_chapada/?igsh=MWE3andocHp5NjlkYQ%3D%3D). Acesso em: 21 nov. 2024.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Aço representa maior peso entre aumento de custos da construção, diz estudo**. 2022. Disponível em: <<https://cbic.org.br/aco-representa-maior-peso-entre-aumento-de-custos-da-construcao-diz-estudo/>>. Acesso em: 20 mai.2024.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho econômico da indústria da construção civil**. 2023. Disponível em: <<https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2023/04/apresentacao-coletiva-enic-abril-2023.pdf>>. Acesso em: 20 mai.2024.

CARBONARI, Gilberto et al. **Bambu – O aço vegetal**. 2017. Mix Sustentável, v. 3, n. 1, p. 17-25, 2017.

COSTA, Livia Simões Maia. **A utilização do bambu como elemento estrutural sustentável na construção civil**. abr. 2024. Mossoró – RN. Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA. Disponível em: <<https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/11896>>. Acesso em: 15 nov. 2024.

DRUMOND, P. M.; WIEDMAN, G. (org.). **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2017. 655 p.

EMBRAPA ACRE. **Projetos**. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/210588/execucao-das-atividades-previstas-no-memorando-de-entendimento-entre-o-mctic---ministerio-da-ciencia-tecnologia-inovacoes-e-comunicacoes-e-o-most---ministerio-de-ciencia-e-tecnologia-da-republica-popular-da-china-para-cooperacao-bilateral-em-ciencia-e-tecnologia-na-area-de-desenvolvimento-em-bambu-probambu>>. Acesso em: 20 abr. 2024.

FONSECA, Fernanda Karina Pereira da. **Produção de mudas de bambu *Guadua angustifolia* Kunth (Poaceae) por propagação vegetativa**. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) - Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2007. Disponível em: <<https://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/198>>. Acesso em: 01 dez. 2024.

GRAÇA, Vera Lúcia. **Bambu: Técnicas para o cultivo e suas aplicações**. 2 ed. São Paulo: Ícone, 1988.

GUADUA BAMBOO. ***Dendrocalamus giganteus***: características e aplicações do maior bambu do mundo. Guadua Bamboo, 2024. Disponível em: <<https://www.guaduabamboo.com/blog/dendrocalamus-giganteus>>. Acesso em: 21 nov. 2024.

GUERREIRO, C. I. & M. A. Lizarazu. 2010. **Flowering of *Bambusa tuldoidea* (Poaceae, Bambusoideae, Bambuseae) in southern South America**. Darwiniana 48(1): 25-31. 2010. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/49598297\\_Flowering\\_of\\_Bambusa\\_tuldoidea\\_Poaceae\\_Bambusoideae\\_Bambuseae\\_in\\_southern\\_South\\_America](https://www.researchgate.net/publication/49598297_Flowering_of_Bambusa_tuldoidea_Poaceae_Bambusoideae_Bambuseae_in_southern_South_America)>. Acesso em: 01 dez. 2024.

JS RURAL. **Bambu Mosso**. 8 mai 2019. Disponível em: <<https://jsrural.com.br/anuncios/bambu-mosso-phyllostachys-pubescens/>>. Acesso em: 05 nov 2024.

KLEINE, Hans J. Associação Catarinense do Bambu (BambuSC). **Um pouco da história do bambu no Brasil**. 2020. Disponível em: < <https://bambusc.org.br/um-pouco-da-historia-do-bambu-no-brasil/>>. Acesso em: 06 jun. 2024.

MANTILLA CARRASCO, E.V., MOREIRA, L.V., XAVIER, P.V. **Bambu Laminado Colado. In: Encontro Brasileiro em Madeira e Estruturas de Madeira**, 5, 1995, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: EEUFMG; CEFET; EBRAMEM, p. 411-424, 1995.

MARÇAL, Vitor H. S. **Uso do bambu na construção civil**. 2008. Monografia (Faculdade de Tecnologia – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008. Acesso em: 22 abr. 2024.

MIGUEL, Eduardo. DUCO CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS. **Como plantar bambu: cultivo, manejo e colheita**. Jul. 2019. Disponível em: <<https://ducosustentavel.com.br/como-plantar-bambu/>>. Acesso em: 06 mai. 2024.

MORESCHI, João Carlos. **Propriedades da madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR - 2014 Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasmoreschi/PROPRIEDADES%20DA%20MADEIRA.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2024.

MURAD, José Roberto de. **As propriedades físicas, mecânicas e meso-estrutural do bambu *Guadua weberbaueri* do Acre**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2007. Acesso em: 11 nov. 2024.

NACCACHE, Anna Carolina Aiex. **Tratamentos do bambu como reforço em concreto**. 2014. Departamento de Engenharia Civil – Puc-Rio. 2014. Disponível em: <[https://www.puc-rio.br/ensinopesq/ccpg/pibic/relatorio\\_resumo2014/relatorios\\_pdf/ctc/CIV/CIV-Anna%20Carolina%20Aiex%20Naccache.pdf](https://www.puc-rio.br/ensinopesq/ccpg/pibic/relatorio_resumo2014/relatorios_pdf/ctc/CIV/CIV-Anna%20Carolina%20Aiex%20Naccache.pdf)>. Acesso em: 22 nov. 2024.

NOGUEIRA, Claudia de Lima. **Painel de bambu laminado colado estrutural**. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura - Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-30052008-143617/publico/claudianogueira.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2024.

NUNES, Gabrielly M.; JÚNIOR, Antônio S. S.; Pastor, Jaiane S. O uso do bambu como material estrutural na construção civil. **Revista Princípi**a. João Pessoa. Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/viewFile/4366/1725>>. Acesso em: 20 abr. 2024.

OLIVEIRA, Alexandre. Associação Catarinense do Bambu (BambuSC). **Webinário – Normas técnicas para o aproveitamento estrutural do bambu**. 2020. Disponível em: <<https://bambusc.org.br/primeira-norma-brasileira-de-estruturas-de-bambu/>>. Acesso em: 06 jun. 2024.

OSTAPIV, F.; LIBRELOTTO, L. **Bambu: caminhos para o desenvolvimento sustentável no Brasil**. 1. ed. Florianópolis: Grupo de Pesquisa Virtuhab/UFSC, 2019. 204 p.: ils. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/197060>>. Acesso em: 20 abr. 2024.

PAULO, Jade Dagmar da Silva. **O bambu: Estado da arte com vistas à habitação de interesse social**. 2022. Monografia (Iniciação Científica em Arquitetura e Urbanismo) - Centro Universitário Sagrado Coração – UNISAGRADO, Bauru, São Paulo. 2022. Acesso em: 03 jun. 2024.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. 1ª ed. Bauru: Canal6, 2008. 240p. ISBN 978-85-9972828-4.

PEREIRA, Marco Antonio dos Reis. **Projeto bambu: introdução de espécies, manejo, caracterização e aplicações**. 2012. 200 f. Tese (livre-docência) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, 2012. Acesso em: 11 mai. 2024.

PINHEIRO, Mariel Melo. **Análise de propriedades físicas e mecânicas do bambu Dendrocalamus asper utilizado como reforço em compósitos poliméricos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2020. Disponível em: <[https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/13932/2/Mariel\\_Melo\\_Pinheiro.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/13932/2/Mariel_Melo_Pinheiro.pdf)>. Acesso em: 28 nov. 2024

RADAIK, Carlos Eduardo. **Cadeia produtiva do bambu como material construtivo e sua aplicação: estudos de caso no estado de São Paulo**. 2018. Dissertação

(Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018. doi:10.11606/D.102.2018.tde-31082018-150821. Acesso em: 12 abril. 2024.

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, PERU. **Norma Técnica E. 100 Para el uso do bambú**. Jul. 2017. Disponível em: <<https://sheltercluster.org/peru-floods-2017/documents/norma-tecnica-e100-para-el-uso-de-bambu>>. Acesso em: 09 nov. 2024.

RUGGIERO, Mirella Nass. **O bambu e a construção da arquitetura contemporânea**: um olhar às obras no Brasil. 2015. Dissertação (Mestrado em Projeto de Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. doi:10.11606/D.16.2016.tde-03102015-113132. Acesso em: 25 nov. 2024

SANTOS, Nathalia Moreira; MADALOSSO, Vytor Matsuura. **Comparativo de diferentes tipos de tratamento de bambu para uso na construção civil**. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 53p. 2020. Disponível em: <<http://repositorio.aee.edu.br/jspui/handle/aee/18891>>. Acesso em: 27 nov. 2024

SILVA, Frederico Rosalino da; TEIXEIRA, Divino; VALLE, Ivan do. **Determinação de propriedades físico-mecânicas do bambu da espécie Bambusa tuldooides para uso na produção de estruturas**. 2010. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/339415653\\_Caracterizacao\\_Bambusa\\_tuldooides\\_Frederico\\_Rosalino](https://www.researchgate.net/publication/339415653_Caracterizacao_Bambusa_tuldooides_Frederico_Rosalino)>. Acesso em: 01 dez. 2024.

SILVA, Frederico Rosalino da. **Sistema de cobertura com feixe de Bambusa tuldooides**. 2019. 129 f., il. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) — Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: <<http://icts.unb.br/jspui/handle/10482/35760>>. Acesso em: 09 nov. 2024.

SOCIEDADE DE INVESTIGAÇÕES FLORESTAIS. **Distribuição geográfica do bambu**. S.d. Departamento de Engenharia Florestal. Disponível em: <<https://sif.org.br/2023/05/distribuicao-geografica-do-bambu/#:~:text=A%20%C3%81sia%20e%20a%20Am%C3%A9rica,abrigoando%20a%20maioria%20dessas%20esp%C3%A9cies.>>. Acesso em: 26 nov. 2024.

SOUZA, Adriene. **Bambu na habitação de interesse social no Brasil**. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, Belo Horizonte, v. 11, n. 12, p. 217-245, dez. 2004. Acesso em: 15 abr. 2024.

SPOLIDORO, Pedro Varajão. **Características dendrométricas e propriedades físicas dos colmos de Bambusa vulgaris e Bambusa tuldooides**. Monografia (Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 68 p. 2008.

TATIBANA, Ronaldo Massaharu; REIS, Marcel Pereira dos; BIANCHI, Gislaine. Bambu como matéria-prima para construções sustentáveis. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, [S. l.], v. 4, n. 10, 2016. DOI:

10.17271/2317860441020161394. Disponível em:  
<<https://doi.org/10.17271/2317860441020161394>>. Acesso em: 15 nov. 2024.

TRINH, Thang Long; LI, Yanxia; JAYARAMAN, Durai (eds.). **Global Priority Species of Economically Important Bamboo**. INBAR Technical Report no. 44. Beijing: International Bamboo and Rattan Organization, 2022. Disponível em:<[https://www.inbar.int/resources/inbar\\_publications/global-priority-species-economically-important-bamboo/](https://www.inbar.int/resources/inbar_publications/global-priority-species-economically-important-bamboo/)>. Acesso em: 30 nov. 2024

UNESP. **Espécies de bambu**. Disponível em:<<https://bambu-unesp-bauru.github.io/especies>>. Acesso em: 1 dez. 2024.

VITOR, Alexandre Oliveira. **Guia para projeto e construção de elementos estruturais em bambu**. 2023. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2023. Acesso em: 22 nov. 2024.

## APÊNDICE

### APÊNDICE A – Entrevista virtual transcrita com o especialista Me. Frederico Rosalino.

Arquivo: A 1 – Tempo de gravação: 1 h, 54 min e 45 segs.

Realizada em 9 de novembro de 2024.

Obs.: Entrevista via Microsoft Teams, online.

51 anos.

Frederico Rosalino possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Minas Gerais (1998); Mestre em Tecnologia pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília -UNB (2019); Especialista em Fontes de Energia Alternativa - Universidade Federal de Lavras (2005); Especialista em Gestão Ambiental - Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR (2005); MBA em Gestão de Projetos - Escola de Administração de Brasília/DF (2010); Especialista em Gestão das Águas e dos Resíduos nas Cidades - Ministério das Cidades / Hydroaid (2008); MBA em Construções Sustentáveis - UNICID/INBEC (2016). Engenheiro coordenador da empresa de engenharia Bioestrutura Engenharia (2010 – até o momento).

**Jullianna:** Achei muito interessante, porque realmente você executa, acompanha e dá muitas dicas (no YouTube), principalmente do tratamento ou de como fazer ou de alguns melhoramentos que eu achei muito interessante e não é tão fácil assim de encontrar didaticamente.

**Frederico Rosalino:** Legal.

**Jullianna:** Quando e como foi que a empresa (Bioestrutura Engenharia) foi fundada? Se foi pensada já para esse lado dos bio componentes, ou se foi mais no geral da construção civil.

**Frederico Rosalino:** Então eu me formei e trabalhei durante um tempo com assentamento e comunidades quilombolas. E aí eu observei uma carência de matéria prima, né? Para construir em algumas regiões do Brasil. E aí fui começar a pesquisar isso foi em meados de 2004, mais ou menos. Eu fui pesquisar, materiais e encontrei o bambu que estava acontecendo na Colômbia muito forte. E aí tinha uma pessoa aqui no Rio de Janeiro, que trouxe essa tecnologia da Colômbia. E aí eu fui conhecer essa pessoa, a Celina, e depois fui para a Colômbia. Aí fiquei Encantado, né? Com as possibilidades. E desde então fui buscar esse conhecimento aí. Não tinha, tinha pouco, não tinha no Google, né? Google era muito pouco e tinham poucas pesquisas,

então fui fazendo, fazendo, fazendo, fazendo. E 2010, mais ou menos, eu resolvi fundar essa empresa. Já tinha uma pegada da construção sustentável e abrir essa empresa já começou com essa proposta. Tanto que o nome é Bio estrutura engenharia, naquela época eu era chamado de doido. Engenheiro doido, né? E aí foi, foi seguindo. Estamos até hoje, né? Já fizemos muitas obras. Fiz muita pesquisa, também trabalhei com muita pesquisa, muito o desenvolvimento, muita, muita aula, muita oficina de capacitação, então já se passaram aí comigo muita gente. Ainda não fiz essa conta, mas sei lá, mas mais de 500 pessoas já fizeram o curso comigo. E hoje o meu foco é, quer dizer, aí continua ainda trabalhando com bambu, mas eu busco trazer a concessão de baixo impacto, então eu faço muito projeto, muita, muita casa. E assim, sempre tento colocar o bambu na história, mas trabalho muito com madeira também, com terra, então sempre trazendo uma engenharia mais técnica, né? Mesmo a execução sendo muito empírica e até as normas. É, vamos dizer assim, começamos com uma norma técnica bastante completa, mas falta muita coisa ainda. Então já é lançar. Eu participei da elaboração da norma técnica, né? E o objetivo era lançar com o mínimo possível para a gente já poder trabalhar dentro das normas e ao longo do tempo, gente ia fazendo as revisões e acrescentando. Então é isso. Então já estamos aí com é desde 2004, né? Já nessa pesquisa do bambu e a história do YouTube é porque assim eu gravava muito, sempre gostei de audiovisual, fui gravando, gravando. E quando eu vi, já tinha um monte de vídeo lá, resolvi sistematizar, né? E gosto de compartilhar conhecimento, acho bem legal.

**Jullianna:** Acho importante também porque, para mim o conhecimento ele tem que ser de todos. Eu acho que a gente tem uma grande dificuldade, por exemplo, até de achar livro para estudar, tem que pagar uma fortuna ou achar alguém, uma benção, uma pessoa abençoada que escaneou livro e compartilhou livremente para galera, tudo bem que tem que cobrar, não é?

**Frederico Rosalino:** Sim.

**Jullianna:** Escritores, tem que se manter. Só que a educação ainda se, apesar de ser de todos, há uma falta de conhecimento público, ainda é um pouquinho difícil, então até a faculdade a gente tem dificuldade de encontrar algumas coisas pela Faculdade mesmo, apesar de eles terem obrigação de fornecer materiais e estudos etc., é até normal.

**Flavia:** As normas, né? São difíceis de a gente ter acesso mesmo pela faculdade.

**Frederico Rosalino:** Sim.

**Jullianna:** É ruim de achar isso muito difícil, então, querendo ou não, quem trabalha de fato na área tem um pouquinho mais de facilidade de nos passar informação, a gente tira muitas dúvidas com professores mesmo.

**Frederico Rosalino:** Mas só pra você ficar um pouco mais animadas, né? Está cada vez melhor, né? Então antigamente você não tinha.

**Jullianna:** Com certeza. Antes era muito mais difícil.

**Frederico Rosalino:** É, eu tenho uma primeira casa que eu fiz, eu fiz além, foi em 2000... 2006, 2005. A gente não sabia como tratar direito, então essa casa aí eu passei durante muito tempo aplicando inseticida nela, porque eu não, não tratei direito, entendeu? Não tinha informação, então hoje você tem informação pra caramba. Acho que a dificuldade hoje é você.

**Flavia:** Ela acabou sendo um teste, não é?

**Frederico Rosalino:** É, inclusive, essa casa é minha, ainda até hoje. Então é um laboratório, né? E então, assim, tem muita informação difusa, não é? Esse é o lance, então você saber o que que procede, o que que não? Eu vejo diversas, diversas vezes. Eu pesquiso num chat Gpt algumas perguntas, e vem umas coisas assim, meio absurdas, né?

**Flavia:** É também, não dá pra confiar 100% no que a gente pesquisa, né? Assim, com acesso rápido.

**Frederico Rosalino:** É, com certeza.

**Jullianna:** A sobre essa sua casa, eu cheguei a ver um vídeo e realmente, no vídeo, você fala que ela virou, mas também seria um experimento, né? De investigação, lembro de intempéries e depois a gente vai falar um pouquinho sobre o que foi analisado, como foi construído antes, porque assim. Como foi a construção dessa casa, por exemplo. Foi um estudo que você fez, tirou de algum está conhecimento da do da pessoa de região nessa de fazer viagem com ele para em contato com o pessoal da Colômbia. Então, se lá já existia muito forte essa e se usa a utilização desse método construtivo com o seu tratamento e tal, porque assim a gente estava procurando um pouco, ainda dentro das esferas do Brasil, não é? E assim, pelo que eu vejo, é muito do realmente, do da execução e do teste, tanto para materiais normais. Assim que é comum de tijolo de Barro, por exemplo, ou construção de pau a pique, ou seja, de madeira, que é muito mais acessível para muitas pessoas. Aquele conhecimento passado por geração em geração. Não tanto aquilo técnico de vamos lá tem que fazer assim, assim, assim, por que conta de cálculo é desse jeito? Deu certo, então como que foi? É essa implantação, por exemplo.

**Frederico Rosalino:** A então é essa casa. É, eu estava muito pilhado com bambu, né? Fiquei muito pilhado e comecei a arrumar uns amigos doidos. Né? Assim como eu disse que tivessem a fim de experimentar o bambu. Então, antes de fazer essa minha casa, eu fiz uma cerca grande, fiz uma casa de cachorro, fiz uma outra casinha. Essa, infelizmente, venderam o terreno e uma pessoa que comprou, quis fazer uma casa dessas, modernas e demoliu a casinha. Maravilha, então eu fui experimentando e essa casinha que eu fiz primeiro, era uma só, uma cobertura, uma oficina que tinha um tanque de tratamento ali também, então eu já fiz o tratamento ali, já construir e aos poucos eu fui meio que fazendo um puxadinho. Ela virou uma casa de 2 quartos hoje. É a informação que tinha, era muito pouco, né? Tinha alguns materiais da

Colômbia e tinha a Celina que tinha ido para a Colômbia, que trouxe essa tecnologia. Então, assim, a informação era pouca, mas já dava para fazer, entendeu? Porque já tinha experiência com outras construções, então eu busquei inicialmente, eu fui fazendo mesmo, só que eu não tinha muita habilidade, não tinha habilidade na construção, né? Não tinha familiaridade, tinha estudado engenharia e na engenharia você vê ali Monte de cálculo, estrutura, mas na hora de fazer esse está perdido, né?

**Flavia:** Uma prática, a gente não sabe nada, não é? Se não trabalhar na área, não tem como.

**Frederico Rosalino:** Não sabe nada, nada, nada, nada, nada. Você fica suando, como diz, né? Porque uma coisa é o como é, você falou uma coisa, é o que está escrito na norma. Outra coisa que está que o pedreiro está fazendo ali, quando você tem uma construção, por exemplo, um prédio, você tem vários procedimentos que estão alinhados para ter eficiência, qualidade e produtividade.

**Flavia:** Aham.

**Frederico Rosalino:** Numa obra pequena, numa casa, já é um pouco mais. Zoneado como diz assim, entendeu, por mais que você organize. Então, assim, quanto maior a escala, mais você consegue organizar os processos e repetições, né? Quando você tem uma coisa pequena, você está fazendo ali com pedreiro. Então assim é naturalmente que eu chamo, né? Por mais que você traga uma técnica, o pedreiro, quando você sai de perto, ele vai fazer de uma forma diferente, então.

**Flavia:** E vai descobrindo as necessidades também conforme vai executando, né? Não tem como prever muito.

**Frederico Rosalino:** É, vai. Vai descobrir exatamente, então o bambu principal dele. O principal é saber colher e tratar. Esse é o principal. Assim, sem ele nem pensa. As pessoas me falam assim, ai vou colher um bambu, vai tratar já, se não, deixa ele lá, que lá é a geladeira dele, inclusive um amigo meu agora, Marcelo, ele fez uma estrutura, os bambus expostos, né? Isso eu não faço nunca. Só que os bambus expostos que ele fez, ele escolheu. Ele colheu a vara inteira, arrancou a raiz, o rizoma e fez a estrutura do bambu vivo. É ele, ele próprio, tem mecanismos de não apodrecer, né? Então assim, voltando lá, né? Então, eu fiz da forma que eu tinha com o material que eu consegui, do que eu aprendi na Colômbia, do que eu aprendi com a Celina e fui desenvolvendo minhas próprias formas de construir, né? Nas próprias ligações, algumas adaptadas, algumas é, inventei mesmo. Desenvolvi muitas vezes, buscava. Eram poucos artigos que tinha de estruturas muito poucos. Então saía vasculhava todos eles e era tudo impresso, PDF quando achava e fui.

**Flavia:** Livro também os livros mais antigos têm muita pouca coisa, não é?

**Frederico Rosalino:** É, tem muito pouca coisa. Mas assim, o legal do bambu é você inventar. Só que o inventar, ele custa dinheiro, então assim, se você quer empreender, você não pode ficar inventando.

**Flavia:** Sim.

**Frederico Rosalino:** Há não ser que o que você tenha muita experiência e você sabe que você está inventando, né? Hoje eu sei, hoje eu sei o que que eu posso inventar? O que que vai dar certo? Mas a galerinha que está vindo aí agora ainda tá, entendeu? Então fala, eu falo pra galera, fala assim, vocês querem empreender, pagar dinheiro? Então, conversa comigo, antes eu vou botar defeito, Monte de coisa. Vou te mostrar os caminhos que que vão funcionar, entendeu? Porque eu já passei por tudo que você imaginar, então não que eu tenha razão, né? A fórmula do sucesso, mas eu sei que por aquele caminho vai ser mais complicado. Então, se você fizer as ligações dessa forma, você vai ter problema ali. Talvez tenha problemas que eu não tenha previsto e que eu não passei. Mas o que eu passei, eu posso te falar da ali, você vai pra frente.

**Flavia:** Isso. Assim como a construção comum também, né? É, antigamente a gente chegou até aqui hoje com esse modelo construtivo tradicional, né? Alvenaria, concreto, é aço, mas é lá no começo quando eles começaram a construir. Também não tinha como saber assim há vai dar certo construir hoje é daqui 100 anos, vai estar aqui ainda. Não sei, não vi ainda não esperei para ver se realmente daqui 100 anos vai estar hoje. A gente sabe que as estruturas duram muitos anos aí, né? Tem, claro, a manutenção, tudo até para a estrutura de concreto, assim como com certeza tem para a estrutura de bombo, né? Para as edificações que forem feitas com bambu, mas só esperando também. Além do da sua ousadia em experimentar coisas novas, né? E em arriscar tudo tem e vai. Você ainda vai passar por esse processo também assim como a gente, né? Ou quem for é trabalhar com o bambu ou qualquer material natural, né, vai ter que esperar esse processo esse tempo, esse período passar para ver como que a estrutura se comporta como material se comporta.

**Frederico Rosalino:**

Você tem hoje é assim, você tem muitos equipamentos que você consegue acelerar os processos, né? Só que é tudo muito caro, então é difícil você, né? Por exemplo, eu vira e mexe, eu desenvolvo uma ligação diferente, vocês tiveram acesso ao meu mestrado. Eu investiguei uma ligação que o pessoal estava usando lá no Vietnã, foi para lá passando o tempo lá. Investiguei essa ligação. Investiguei um bambu que tem em grande quantidade aqui no Brasil, investiguei fazer os ensaios técnicos dele e aí fui investigar a utilização dessa ligação que eles usavam no Vietnã, nesse bambu e muito bom, mesmo, funciona para caramba. Só que eu tive que fazer vários ensaios, eu, né? Foram 2 anos de pesquisa para chegar num resultado que ainda pode avançar bastante, né?

**Jullianna:** Em quais estados vocês atuam? O escritório atua ou já atuou?

**Frederico Rosalino:** Então assim é eu, projeto para qualquer lugar do Brasil, já fiz projeto pra Bahia, pra Santa Catarina, São Paulo, Minas, Goiás, Mato Grosso, Pará. Já fiz muitos projetos, faço muito projeto, né? Tipo, geralmente, projetos vindos de arquitetos, arquitetas e aí eu o coloco exequível, né? Passo a adaptação da

arquitetura porque o bambu é estrutura e arquitetura, é uma coisa só, né? Não tem como você desassociar, né?

**Jullianna:** Sim.

**Frederico Rosalino:** Principalmente porque o bambu é um material muito nobre para gente. Então, assim, ninguém quer fazer uma estrutura de bambu, e esconder ele. Então, arquitetura é estrutura, então eu recebo esses projetos, uma grande maioria das vezes tenho que fazer várias adaptações, né? Calculo, detalho e dou orientações remotas. Mesmo hoje, sobre execução, dúvidas e também durante 10 anos eu fui eu, eu fundei, eu fui sócio da Dome Bambu Estruturas, não sei se vocês já viram. Então, eu desenvolvi os domos da Udesc, todos. Pesquisei e desenvolvi esse também. A gente executou em vários locais no Brasil.

**Flavia:** Então você projeta, mas você também vai até o local para acompanhar ou não ou depende?

**Frederico Rosalino:** Hoje eu opero aqui em Brasília, né, e na Chapada dos veadeiros. Ali, basicamente, esses 2 locais que eu construo, projetar, eu projeto pra qualquer lugar, mas construir de levar minha equipe, por aqui próximo de mim, atualmente eu tenho muita demanda. Moro numa região aqui em Brasília que tem condomínios horizontais, assim muito, muitas casas para construir. Então o meu foco é em função de casas, não é o físico, é executar, faço casa. Mas projetei hoje mesmo. Acabei de terminar uma cobertura de um resort na região ali de Porto Seguro. Terminei um outro projeto na Chapada, então vou fazendo um projeto, mas executar eu tento executar aqui perto, porque é minha equipe, mora aqui. E a sustentabilidade ela tá também atrelado a isso, a você trabalhar com o pessoal local. Poucos deslocamentos, principalmente de pessoal, porque não tem coisa pior do que você se deslocar 12 horas de ônibus, entendeu? É você pegar trânsito o tempo inteiro, gasta um combustível lascado, então eu às vezes eu priorizo mais que meus funcionários estejam perto da casa deles, possam voltar todo dia do que os próprios materiais, entendeu? Então, se eu tenho um conceito de construção sustentável muito diferente do que se prega na mídia, muito diferente.

**Flavia:** Você já vê o global, né? Você não vê só ponto específico, só o material.

**Frederico Rosalino:** É. Não, não é nem só o global. Se você pensar assim, qual que é o padrão de descarte de resíduo hoje, uma casa de 100 m<sup>2</sup> vai descartar no mínimo 6 caçambas de entulho no mínimo, entendeu? Então, se eu conseguir chegar a isso para uma caçamba, eu já sou sustentabilíssimo, já estou fazendo uma contribuição enorme, então o meu foco é reduzir desperdício.

**Flavia:** Sim.

**Frederico Rosalino:** Nada melhor do que um projeto bem resolvido de arquitetura, mas também materiais naturais, porque materiais naturais não são lixo, não são resíduos.

**Flavia:** Porque você não tira os recursos também, né? É a construção civil, ela tira

muito recurso natural, da natureza. Então, se a gente conseguir reaproveitar principalmente o bambu, que a gente sabe da nossa pesquisa, que ele tem uma reprodução rápida, considerada rápida, né? Uma reposição, já começa daí. Hoje em dia, quando fala em construção sustentável, pessoal, foca mais nesse ponto de material que você reduziu a retirada de recurso natural do meio ambiente você reciclar, né? Ou reutilizar materiais é que que consigam se repor rapidamente na natureza. Mas como você falou, eu acho que quando a gente pensa em construção sustentável, a gente tem que pensar um pouquinho além, tanto nessa questão de transporte de material próximo à região. Recursos que tenham próximo a região se for possível usar melhor, porque aí você não gasta, não emite gás carbônico no transporte, você não retira de outra região mais longe, consegue aproveitar um recurso que tem próximo de você. Tem um ponto que você trouxe aqui para mim também, que eu não tinha pensado se a gente consegue usar a mão de obra própria ali, que está próximo, também indiretamente, a gente também reduz essa poluição, não é? Vamos dizer assim, e também, qualidade de vida, né, dos trabalhadores, esse é o principal a gente que mora aqui em São Paulo sabe que é uma hora e meia e pouco para ficar no trânsito.

**Frederico Rosalino:** É aqui em Brasília, está começando a ficar assim.

**Jullianna:** É o pessoal de obra, costuma vim de mais longe, até de outros municípios (cidades) chegam de van na obra.

**Flavia:** Sim.

**Jullianna:** É um transtorno, né? Geram transtornos, aí tem que sair 3, 4 horas da manhã para chegar 6, 7 horas na obra, então realmente.

**Frederico Rosalino:** Por isso que a maioria da galera de São Paulo é que quer trabalhar com construção sustentável ou vai para grande empresa ou sai de São Paulo, né? Porque primeiro, porque São Paulo é mais reforma, não é tipo demolição e construção nova, e aí, assim, no interior você tem muita demanda de casa, então onde se aplica mais a construção natural é, não é zona rural, é condomínio eco, eco resort, não essas coisas, então o nosso, o nosso foco é esse. E é muitas vezes assim você tem escalas diferentes de clientes. Você tem um cliente que está zero de grana que acha que o bambu é barato e não é, um bambu é caro. A não ser que você tenha quem faça todo o processo. Por exemplo, eu consulto para mim, eu faço, não sei se vocês viram nessas pesquisas no Instagram, chama cabana Belchior, fica lá em Cavalcante. Eu acabei de construir, então ela é uma casa, uma construção. São de estrutura de bambu e parede, Adobe e trabalho com um bambu para mim é um bom material barato, né? Eu tenho. Eu sei como projetar uma estrutura que seja barata, e aí eu tenho uns Kalunga, que são os remanescentes quilombolas na região de Cavalcante, que são expert em tijolos de Adobe que vão lá e fazem as paredes. Então eu consigo, porque eu faço todo o processo, eu entendo todo o processo. Consigo baratear bastante, mas muitas pessoas, muitos clientes, vêm achando que

vai gastar pouco com bambu. Eu já descarto na hora eu falo, se o objetivo que você tem hoje, uma demanda de alto padrão, que são os resorts estão acontecendo na Bahia, estão acontecendo no Ceará, em Sergipe, mas, mais na Bahia e Ceará.

**Flavia:** E essas estruturas desses resorts é, na verdade, eu avaliar 2 perguntas a uma, só que nem está aqui na nossa listinha, mas é, essas estruturas geralmente são mais. É tipo, telhado, cobertura ou tem partes mesmo de estrutura, mesmo quando de usar internamente na estrutura concreto, fazer uma combinação.

**Frederico Rosalino:** Não, O que acontece você como eu te falei, o bambu é nobre. Então, assim você usar o bambu como armadura, não é? E se usa muito como taipa de mão, você monta a trama e faz o Barramento. Você faz a trama, bota, bota, a esteira de bambu, a histeria aí e bota uma tela de suporte de estuque. E você, reboca, faz uma argamassa armada dos 2 lados, com recheio ali de esteira de bambu.

**Flavia:** Mas arquitetônico mesmo.

**Frederico Rosalino:** Eles não querem, é 99% das construções de bambu hoje são assim o máximo que você esconde o bambu é justamente isso. São paredes, você faz com trama, é trama de taipa ou com trama para fazer um ferro-cimento, mas armada. Mas estrutura principal aparente pilar e viga 100%. Eu Acredito que hoje no Brasil que a gente não tem, a gente não tem bambu em abundância, então a gente tem que usar ele é na melhor, da melhor forma possível, né? Mas otimizar e botar a cara dele mesmo, que é o que as pessoas querem, é a cara do bambu, não querem na Colômbia, se faz muita casa que esconde completamente. Então, é pela abundância do material nos países que têm essa abundância aí às vezes faz uma casa que você não vê o bambu em lugar nenhum, entendeu? Está todo ali, principalmente locais onde você tem terremotos, porque aí você faz uma casa de baixa renda ou de média renda, ou o que for, reboca ele todinho, né? Pronto e tá resolvido.

**Flavia:** Fácil de reconstruir, né? E, se for o caso, depois de manter também.

**Frederico Rosalino:** Fácil de manter, principalmente manter, porque acontece baixa renda. Teve uma experiência na Colômbia em que teve um grande terremoto. Observaram que as casas que eram feitas com bambu não ruíram, né? As pessoas puderam escapar, muitas, muitas na saíram, muitas puderam ser recuperadas, então é houve uma pesquisa muito massiva de engenharia na Colômbia, de bambu é fortíssima. Tanto que vários colombianos foram para diversas partes do mundo transferir essa tecnologia. Então construíram muitas casas populares com bambu roliço, né? Telhado, só que as pessoas, poxa, como você falou, pegam 2 horas de ônibus. Chega em casa, tá morto, então não consegue dar manutenção na casa. O bambu estragando, as casas foram estragando, então eles, a partir dessa constatação, eles só fazem casas de baixa renda, totalmente rebocadas, justamente para ter baixa manutenção.

**Flavia:** E você já chegou a fazer? É estruturas com mais de um pavimento ou sempre térrea?

**Frederico Rosalino:** Já fiz. Eu fiz uma torre agora de 3 pavimentos. Uma torre ainda está em construção e geralmente eu faço 2 pavimentos, só assim, térreo e primeiro pavimento, tá? Não gosto de passar disso, porque se não fica a estrutura começa a ficar muito exposta. É uma coisa que eu ia falar aqui, assim eu trabalhei com patologia muitos anos, estudei muito patologia pessoalmente, patologia de concreto e madeira e aí depois com bambu, estudei muito bambu, né? Então, assim, uma coisa que eu que eu já bato num olho num projeto assim, eu já falo, “ó, isso aqui não, aqui vai dar problema”. Já falo pro cliente, falo isso aqui, “você vai ter problema com manutenção, essa manutenção vai ser mais constante”. Dificilmente a gente vai conseguir vedar totalmente. Vai entrar água, vai dar problema ali. Então, ó, essa casa vai ter que subir um pouco mais, porque esse solo é muito úmido, então vamos subir ela. Para então você observar as patologias, é visitar as casas que você construiu anos depois. Vê o que deu certo, o que deu errado, porque muitas coisas são empíricas, muitas coisas. Vai fazer um cimento queimado cada um tem 1000 jeitos de fazer um cimento queimado. Beleza, eu desenvolver uma forma de fazer cimento queimado agora eu vou ter que voltar lá daqui a 5 anos, depois que passar várias estações chuvosas e secas para ver o comportamento dele, né? E o uso, então, é essa observação da patologia duas coisas que eu falo, bambu que é importante é se você quer aprender, é observar. A estrutura é entendê-la completamente, entendeu? Então é chegar numa casa de bambu, e você não pode ter dúvida de nada, nem por que que aquela peça está ali? Nem por que é que foi feita aquela ligação, como que aquela peça chegou ali? Como é que foi o processo construtivo? Então você tem que foi assim que eu aprendi é dá um fazer um raio-x da estrutura, tem que entender, desenha, se vira, mas entenda 100% outra coisa, quais são as patologias que acontecem estruturas de bambu. Então, qual para os problemas que vão dar esmagamento, conexão ali para soltar é o beiral está pouco, vai pegar sol aqui no cerrado tem um vento muito seco, né? Na seca, se você construir depois assim, a galera sempre fala quais são as medidas básicas do bambu. Então, é o tratamento, bons beirais e boas botas pra subir a casa, eu coloco mais um que é proteção do vento seco, que o vento seco vai rachar o bambu todinho. Então, se você está num lugar onde, você tem uma fachada exposta a um vento predominante no período seco que é o vento de leste você tem que botar ali alguma coisa, fazer alguma barreira com folhas largas, com boa umidade, pra que a casa não receba essa, insolação também. Você está com uma fachada para o norte para oeste cheio de bambu exposto não funciona, entendeu? Então quer durabilidade? Então, para isso, eu montei um curso para arquiteto para aprender a projetar, entendeu? Tem um curso uma vez por ano, eu o solto que eu acompanho e trago todas essas informações para que essa casa vá durar, né? São 50 anos que a gente sabe que hoje em dia, é uma casa com 30 anos já está sendo demolida e feito

praticamente tudo, né? Mas mesmo assim, as pessoas querem durabilidade de 50 anos.

**Jullianna:** Sobre técnicas específicas, se utilizam, se usam alguma que seja ainda empírica, que vocês trabalham ou utilizam bastante na empresa, por exemplo, conexões com suporte metálico, ou só com amarras ou com parafusos?

**Frederico Rosalino:** Eu sempre que acontece a gente antes das normas, a gente ficava mais livre, só que corria mais riscos também, né? Só que eu sempre busquei, né? Pela essa pegada de engenharia, eu sempre busquei coisas que já tinham, já tinham sido consolidados, então eu sempre usei as técnicas Colombianas de ligação de gancho sempre usei as técnicas que já estavam, inclusive a norma colombiana. Ela já traz lá a resistência de cada ligação, então, para calcular, sempre usei isso aí. Só que paralelamente, desenvolvi várias ligações diferentes, mas todas essas ligações que eu desenvolvi que desenvolvia, eu testava, então eu fazia aí pelo menos um ensaio, tem um método, o meu mestrado, se você for, vê lá fiz 12, que é o mínimo do mínimo 12 de cada, entendeu? De cada ligação para você poder fazer uma média e algumas ligações, eu fiz um teste só. É, mas sempre assim, e hoje, depois que passa um tempo que você entende o material e já está tão acostumado a pegar nele e sentir ele que você, quando você desenvolve alguma coisa, você tem uma certeza de que aquilo ali vai funcionar. Só aqui o ideal é você fazer ensaios para você ter o parâmetro, né? A informação para você poder calcular, tá? Então é esse são 2 coberturas bem orgânicas que eu projetei agora, um resort lá na Bahia e são técnicas é de observação faz muito lá em Bali, então eu saio catando uma porrada de foto lá e vejo. Aí eu faço um estudo, eu não tenho como ensaiar, eu não tenho como investir em ensaio até deixa pouco cara pro cliente, ó, nós vamos ser conservadores aqui nos cálculos, nós vamos calcular, nós vamos botar um coeficiente de segurança maior ainda, por exemplo, vou trabalhar com Arcos com bambu roliço. Na norma brasileira, ela não permite que você seccione o bambu, e o arco, você precisa fazer várias seções. É, então você faz vários cortes assim ao longo dele, para ele poder curvar. Então, beleza, mas você está saiu da noma, tudo bem, sai da noma, mas a responsabilidade é minha, né? Que que eu vou fazer, então para isso aí funcionar, primeiro, eu vou colar essas rachaduras que eu fiz, colar com a cola estrutural e muito resistente, o vou sempre trabalhar com 2 ou 3 juntas pra eles desencontrarem, e ainda vou trabalhar com uma ripa na parte que foi cortada parafusada, então eu tô colocando vários elementos, é, mas isso aí.

**Flavia:** Está se protegendo de várias formas, estruturalmente.

**Frederico Rosalino:** Experiência, né? E mesmo assim, se você não tem como ensaiar um negócio desse, por exemplo, em Bali tem bambu para caramba. A mão de obra é barata, entendeu? Então você tem condições de fazer os ensaios destrutivos em grande escala aqui, como é que eu vou fazer um ensaio de um arco gigante?

**Jullianna:** É, realmente.

**Frederico Rosalino:** Vou gastar uma Fortuna.

**Flavia:** Sim.

**Frederico Rosalino:** Entendeu? Mesmo se eu, se não for na universidade, vou fazê-lo, num galpão, pô, vou precisar do galpão, vou precisar de gente pra caramba pra fazer, vou precisar arrumar um jeito de colocar, e colocar peso. Então, mesmo assim vai ser um custo alto. O cliente está de pagar? Não. Então vamos pecar pelo excesso. E vamos acompanhar a estrutura, entendeu? Então, baseado na minha experiência baseada em estudo, eu vou propor uma solução que já é utilizada, mas eu assim tô ainda assim, superestimando, vamos executar durante a execução, a gente pode adicionar alguma peça. Se a gente sentir que é, e aí vai, vai acompanhando uma obra e a partir dali você tem os parâmetros para fazer outras, não é? Então o legal do bambu é isso. Tem 2 coisas que movem o bambu assim, essa galera que gosta muito de bambu, e uma querer salvar o mundo.

**Flavia:** Eu acho que isso é o principal, né? Porque, como você disse, as pessoas se iludem achando que fazer uma estrutura sustentável é barato, e na verdade, a primeiro momento, ela sai às vezes mais cara. E o custo que a gente economiza é o da preservação mesmo, né? Não exatamente o financeiro.

**Frederico Rosalino:** É, mas assim, por exemplo, se você “ah eu quero construir uma casa de bambu”, eu já desmotivei várias pessoas. Falei, cara, olha só, se é a grana da tua vida, vai pegar financiamento? Vai fazer uma casa de bambu, cê é doido? Eu mesmo falo. Porque, poxa, você precisa de liquidez. Cara, você está novo, entendeu? Você pode se separar da sua esposa, ou você pode querer mudar de cidade, porque precisa vender. Quem vai querer comprar uma casa de bambu hoje? Aí a pessoa lá na Chapada dos veadeiros, “eu quero fazer uma casa bambu massa” mano, porque você vai criar um ambiente luxuoso que é totalmente diferente, uma experiência para a pessoa. Então essa cabana Belchior, por exemplo, é uma experiência. Eu chego ali, dá vontade nem de sair, porque você fica viajando na parada. Então primeiro é isso, né? É pragmatismo, sabe? Eu não viajo, eu já viajei muito, mas hoje não. Hoje eu sou pé no chão porque eu já estou com 51 anos. Eu não quero correr riscos mais, por que eu corri muitos riscos, né?

**Flavia:** Sim.

**Frederico Rosalino:** É, corre muitos riscos, mas todos os riscos que eu corri foram compartilhados, entendeu? As pessoas sabiam que era uma experimentação. As pessoas sabiam que tinha um caráter empírico ainda. E aí, né Graças a Deus sempre funcionou, sempre deu certo, quando não deu certo, arrumamos e ficou beleza. Então é, mas é que eu estava falando 2 coisas, ou a pessoa quer salvar o mundo ou é um pessoal que gosta muito de bambu, né, ou a pessoa gosta muito de inventar. Tendeu? Porque é isso. É inovação o tempo inteiro, é você inventando o tempo inteiro. É interessante.

**Flavia:** É perguntar aqui, que a Ju perguntou das técnicas de conexão, e aí você diz

que é mais experimental assim, pelos seus conhecimentos técnicos, né? Então, de estrutura, ligações, resistência, aí você vai adaptando conforme você vê a necessidade, não é? Após a execução do projeto e aí na nossa sequência, aqui tem uma pergunta, é sobre se tem algum tipo específico de bambu, alguma espécie, né, que você usa específico para usar em estruturas tipo viga ou pilar, se sim, por quê? É mais acessível, tem na região, ou por que é mais resistente?

**Frederico Rosalino:** Vamos falar do sistema pilar e viga, que é o eu defendo bastante. O sistema pilar e viga, porque é um sistema que ele todos os carpinteiros conhecem. Então você não. Você não precisa ensinar um sistema, você só precisa ensinar como que faz as ligações e quais são as limitações do material. Então a gente tem basicamente o asper dendrocalamus asper como gigante, a gente tem o guadua e a gente tem o bambu mossô, então a gente tem esses 3, essas 3 peças que são espécies gigante de grande porte.

**Frederico Rosalino:** O que eu mais uso é o gigante e o asper. Por quê? Porque ele é uma dimensão grande, então ali ele já funciona de Pilar e viga, né? Ele é grosso, ele é grossão. Ele está bem adaptado aqui na minha região. Então, assim, uma coisa que é legal, é você usar o bambu da tua região. Primeiro, por causa do transporte. Segundo, porque a gente tem uma variação de umidade muito grande, então bambu que vêm de outros cantos, eles racham muito mais. A única questão do bambu, ainda que não foi resolvida, é a questão do bambu rachar. Então esse aí é uma questão, ainda que é determinante para a escolha do bambu para muita gente. Que o bambu, dependendo, por exemplo, São Paulo, eu fui fazer uma casa, eu sempre tratei aqui, só que eu, por um tempo, eu comecei a trazer bambu de São Paulo. Aí o que aconteceu? O cara colhe na mata, aí já derruba o bambu, já começa a ter a microfissuras, aí ele bota no caminhão, pá! aí, tira do caminhão, pá! Aí bota no tanque, pa! tira do tanque, pá! aí bota no caminhão de novo, aí transporta a chega aqui, tira do caminhão pá!

**Jullianna:** Entendi.

**Frederico Rosalino:** Entendeu? Então, assim, esse estresse todo e é tudo muito rústico. O processo não é um processo, não tem uma mecanização de colheita, de transporte. O tanque não tá do lado ali que fica mais fácil de transportar, né? Não tem critérios ainda, tem a norma aí.

**Flavia:** Essas normas antigas já não são tão respeitadas, mas nas que são normas nos processos, né, de execução?

**Frederico Rosalino:** A norma só é exigida se o contratante for público ou privado e exigir que esteja tudo dentro das normas. Eu uso a norma, mas assim não sei mais quem usa. Tem alguns aí que usam, mas conto na mão, numa mão. Engenheiro que calcula bambu aqui no Brasil, né? Mas aí voltando, então eu comecei a usar bambu de São Paulo, só que começou a rachar demais os bambus. Qual que é o problema? A estética é um incômodo para as pessoas, entendeu? Você chegar aí até lá, o

material fica rachado ainda mais, o bambu que né, acho que já é frágil. Ainda tem uma rachadura ali, então isso foi um problema. Aí eu comecei a perceber que as obras que tinham sido feitos com bambus daqui rachava um pouco. E, sabe, eu só construo agora se for ou de um fornecedor que me garanta o processo, pode ser de São Paulo. Eu quero bambus que não rachem, ou daqui eu trato aqui mesmo, então é um processo muito complexo ainda. Eu estava vendo um amigo meu lá no México, falando que não tinha avançado muito bambu, mas lá eles têm 5000 fornecedores. Aqui a gente tem 3, 4 no Brasil, o resto é tudo, bem, bem caseira, bem artesanal. Então a cadeia produtiva do fornecimento aqui no Brasil ainda é muito incipiente, entendeu?

**Flavia:** Aham. E esse bambu asper, né? Que você falou que usa a espécie, ele é mais resistente ou é só por causa da disponibilidade mesmo, e do tamanho, da estrutura dele?

**Frederico Rosalino:** Então é disponibilidade, tamanho e ele rachar menos, porque os *phyllostachys bambu phyllostachys o phyllostachys edulis* mosso, ele é um bambu que acha muito nas nossas condições. E ele não é um bambu que ele cresce aqui por causa da altitude, ele cresce até 900 m do nível do mar que a gente está 1000 m mais de 1000 m. Então não consegue crescer aqui também. Ele precisa de uma precipitação maior, o *guadua* também precisa de uma precipitação mais equilibrada, então o bambu que cresceu muito bem aqui, principalmente, é o asper (*Dendrocalamus asper*). Você pode perguntar para todos, os bambuzeiros, aí todo mundo vai falar que o asper é melhor porque ele é um bambu muito bruto, um pilar, uma peça só resolvem muitas vezes. Maioria das minhas casas é um pilar só. É uma peça só. Você tem peça de 18 centímetros, né? De diâmetro não precisa mais que isso, você fazer um Pilar.

**Flavia:** Nossa, realmente é 18 centímetros. É bastante, né? Pensando nos pilares de concreto aqui, que é a nossa referência, né?

**Jullianna:** Mas aí, vendo pela estrutura dele também de suportar bastante resistência. Eu achei um pouquinho semelhante também, a forma dele, quando, pelas espessuras, dele utilizada, né? Tem alguns projetos que utilizavam um bambu asper mas é o mesmo, só que um conjunto, por exemplo, usava 3 assim para dar uma resistência um pouquinho maior. Para dar segurança mesmo. Mas é pelo que eu vi mesmo e a maioria dos projetos que eu cheguei a pesquisar, utilizava um só um colmo, uma ripa para fazer parte estrutural, então realmente tem um potencial enorme de suportaçã de cargas em si.

**Flavia:** Para fazer uma estrutura, né?

**Frederico Rosalino:** Por isso que eu defendo muito as vezes as pessoas olham os projetos lá da Ásia, de Bali, coisa e tal. Fica encantada que é aquela coisa toda. Eu falei, gente, não é? Primeiro, a gente tem que resolver o nosso sistema clássico, que é pilar, viga e com sistema pilar e viga, a gente consegue pré-fabricar, a gente consegue modular, a gente consegue baratear, pra que possa fazer um monte de

coisa, entendeu? Esses sistemas mais orgânicos é para quem quer falar uma coisa diferenciada ou mascara o nosso foco, tem assim para a universalização. É pela vida, porque qualquer carpinteiro que tenha um conhecimento, vai se adaptar, entendeu? Porque eu construo muito com madeira, não construo com concreto, não mais, mas com madeira, um pilar de eucalipto de 18 centímetros a 20 centímetros, né? Vai pesar aí 150 kg, 100 kg. Do lado de 3 m de bambu, vai pesar 20 kg. O de concreto vai pesar 100 kg, 150 kg, 160 kg.

**Flavia:** E a resistência?

**Frederico Rosalino:** Todos vão fazer a mesma função se for uma casa Térrea, principalmente, né, porque não tem a flambagem ou se for 2 pavimentos você travar bem. Então assim, é muito, muito \*\*\*\*. O bambu, ele é um material assim, muito incrível mesmo, muito incrível mesmo, às vezes.

**Flavia:** É pesquisando, dá vontade aqui, né? Da vontade de, quando sair da faculdade e fazer alguma coisa na área mesmo.

**Frederico Rosalino:** Né? Dava vontade total. Aí eu dei muita sorte, porque assim vários colegas é pararam de trabalhar com bambu, né? Vários, vários, a maioria na verdade, eu dei sorte porque toda vez que eu ia parar, vinha alguma coisa muito legal. Agora eu já não tenho mais como desanimar. O que eu já faço parte desse universo e eu vou ser chamada de Fred bambu o resto da vida, então. Ou eu continuo, ou eu continuo, né? Mas como eu te falei assim, tem, agora estou fazendo uma casa para um amigo meu. Agora ele queria fazer de boa, eu falei pro cara, não faça de bambu porque você ainda jovem, você tem liquidez. Essa casa é sua, não é para turismo, então vamos fazer de eucalipto. Eu o convenci de fazer de eucalipto, entendeu? Então, pé no chão total, não tenho nenhum hoje em dia, não tenho nenhum romantismo, nenhuma pretensão de fazer qualquer coisa que não seja pragmatismo, entendeu? Porque senão, não avança.

**Flavia:** Você que faz o tratamento do bambu, você contrata esse tratamento e qual o tratamento que vocês utilizam aí para, no seu caso, você falou que usa para estruturas expostas, né?

**Frederico Rosalino:** É o básico, entendeu? Tirou o bambu ali, vai usar a estrutura, tratamento. Eu não trabalho com estruturas expostas. Não trabalho, porque eu acho que é muita energia que você coloca num negócio e pra durar 5 anos, então eu só trabalho com bambu, a não ser que seja resto. Por exemplo, fazer uma cerca. Fiz uma casa, aí sobrou bambu, beleza, racha ele no meio e bota, ele fica lindo, vai durar 10 anos, 15 anos e aí você não tem que acumular água dentro, não apodrece, mas não trata. É, colheu, tratou, tratamento que a gente faz quando a obra é muito grande, eu trago de São Paulo, quando é maior, pra pequena eu pego aqui mesmo, porque tem alguns fornecedores que não tratam, então eu tenho que fazer um tratamento quando é uma obra pequena, que eu tenho um acesso fácil, eu trato por injeção, sempre utilizando sais de boro.

**Flavia:** Aham.

**Frederico Rosalino:** Eu utilizo sempre o borato, pode utilizar ácido bórico, mas bórax. Mas eu utilizo octaborato, porque é mais rápido, mais simples, então faz por injeção. Tem vídeo aí no canal que vocês podem acessar se vocês quiserem, e aí quando eu compro, eu exijo um tratamento por imersão no tanque, né? Que é o mais eficiente. Eu desenvolvi um curso que se compra, online sobre o tratamento, então eu mostro as técnicas de tratamento.

**Frederico Rosalino:** O como que faz? Inclusive, tem um ensaio que você faz, se chama ensaio de penetração para você ver se o produto penetrou né, que é feita a base de açafrão, cúrcuma. É, então eu ensino como que deve tratar com as suas procedimento tamanho de tanque, tipo de tanque, cálculo pra para você fazer diluição e a questão de aquecimento da água, se for o caso para acelerar o processo. Então assim, não, não tem como construir se não tratar o bambu, porque vai ser um pesadelo. Entendeu? É muito suscetível a degradação por inseto.

**Frederico Rosalino:** Os insetos xilófagos, comem o amido, então tem que tratar. Não tem jeito.

**Jullianna:** Quais tipos de construção são mais comuns? Dá para fazer pavilhão, temporários, por exemplo, vocês fazem mais para pousadas que vão ser fixas para um bom tempo, algumas residências também?

**Frederico Rosalino:** Então, eu, durante muito tempo eu fiz estruturas para montar e desmontar, também estruturas pré-fabricadas. Então, faço muito isso. Ultimamente não tenho feito mais que eu estou sem galpão, entendeu? Estou sem área, então quando dá, eu tenho uns parceiros que podem pré-fabricar para mim. Então, quando eu recebo uma demanda, eu converso com esse meu parceiro falo, “ó, quer executar?” Aí o projeto acompanho, executa lá no galpão dele e aí a gente monta. Então são estruturas. Eu faço estruturas desde casas que que ali, totalmente consolidada, né? Pra durar 50 anos, faço estruturas pré-fabricadas, faço estruturas temporárias. Vamos ter que estar ficar bem claro, né? É temporário, né? É fácil, assim, o se viabilizar do ponto de vista econômico eu faço qualquer coisa, entendeu? Qualquer estrutura de galpão. Ponte, o que for.

**Flavia:** Aham.

**Flavia:** Aí vai depender do cliente, não é da viabilidade financeira do cliente.

**Frederico Rosalino:** Só vai depender do cliente, do orçamento. Vai depender do orçamento e vai depender de seguir as minhas recomendações. Por exemplo, uma ponte tem que ter cobertura, entendeu? Um galpão tem um limite de vão. Não é ele, não. Eu não estou lembrado, se vocês visitaram a norma, se se tem um limite de vão ou não, acho que não tem não. Mas assim, o limite é financeiro, é preciso você fazer um eu o máximo que eu já fiz de vão foram. 20 m de vão. Vão livre, né, de tesoura. Mas eu já projetei um Domo que aí sim, que tinha 30 m de vão.

**Flavia:** Bastante.

**Frederico Rosalino:** Eu conheci uma estrutura lá em lá na Bahia, com 22 m de vão livre só na marra, só amarrado. Então assim, como eu falei, mais uma vez, não é o mais democrático que vai, o que vai realmente é universalizar no sentido de qualquer pessoa poder acessar esse sistema pilar, viga. Eu gosto muito de fazer. Também é pré-fabricado, monta pré-fabricado os esqueletos, depois, o aparelho vem por dentro ou por fora, mas sempre já monta a estrutura cobre e depois vem as paredes.

**Flavia:** Na estrutura, você preenche o bambu ou você faz por fora e ele fica com a cavidade oca.

**Frederico Rosalino:** Então, é a norma colombiana pelo fato de lá ter terremoto, as ligações, elas precisam estar muito mais rígidas possível, mais resistentes possível. Então quando você faz uma ligação de boca de peixe com gancho, se você preenche os 2 bambus, o que vem, o que conecta ali é só aquele primeiro entrenó, naquele primeiro vazio ali onde tá a ligação. Ele às vezes fortalece 3 vezes em regesse fica, ela fica 3 vezes mais resistente. Só que você precisa furar você precisa é todo um trabalho, então como a gente não tem sismos aqui, eu tento não preencher nada de concreto.

**Frederico Rosalino:** Eu só preencho de concreto na base do Pilar. E alguns pontos que está esmagando, entendeu? A norma recomenda preencher todas onde você tem ligação. Você vai preencher ali nos 2, só ali na não precisa fechar o bambu inteiro, é isso. Só preencho de o mínimo possível, porque aumenta o peso da estrutura, aumenta a mão de obra. Custa em mão de obra, entendeu? Então, eu tento calcular a estrutura. Tento projetar ela para quem não precisa de preciso de pouco concreto e aí eu monto a estrutura e depois vem as paredes fechando os vãos, né? Faço laje também.

**Flavia:** A Laje também é com bambu inteiro ou você faz as ripas como você tinha falado?

**Frederico Rosalino:** Eu faço os barroteamentos, né? A estrutura, aí ponho a esteira. Aí em cima da esteira foi uma lona só para o concreto não vazar. Ponho uma malha e faço uma argamassa, 5 centímetros mais ou menos 4 centímetros. Essa cabana, Belchior eu explico bem esse processo aí é, já é consagrado, desenvolvido na Colômbia se faz muito, né? E eu tenho feito bastante, funciona muito bem, vamos resistir bem. Muito bom, é muito legal no uso lá de pré-fabricada, né? Aquelas lajes pré-fabricadas no uso que aí já é mais peso. A interface ali bambu com laje e já começa a ficar um negócio meio... então, assim como falei, né? A experiência ela me trouxe uma compreensão do sistema de que eu consigo projetar uma estrutura que ela vai ser. Eu projetei um de altos de 3 pavimentos agora, o que a gente construiu em 5 dias.

**Jullianna:** Caramba!

**Frederico Rosalino:** É 5 dias! Foi durante um curso, né? Mas o curso às vezes até atrapalha, né? Porque muita gente, mas eu fiz a torre para esse povo imensa. É um.

Vai ser um banheiro embaixo, no meio uma caixa d'água em cima o mirante, são 2 pavimentos, né, térreo e mais 2.

**Flavia:** Aham.

**Frederico Rosalino:** Então é dependendo como se você pega esse jeito de projetar você consegue projetar estruturas vão ser muito eficientes, muito rápidas, entendeu?

**Frederico Rosalino:** É utilização do material, por isso que eu falo, quer ganhar dinheiro? Vamos, beleza, ou você vai trabalhar para milionário, ou você vai montar um sistema que seja otimizado. Com um nicho de mercado, um nicho de mercado bem definido, né?

**Flavia:** Sim.

**Frederico Rosalino:** Quem que você vai alcançar? Vai sair pegando qualquer coisinha ali, você vai ficar louco, então eu vou atacar. Por exemplo, eu desenvolvi agora um ponto de entrega voluntária, uma estrutura de bambu gigante, uma cobertura metálica em baixo, os tonéis de eletrônicos, brinquedos, roupas. Não sei o quê, de entrega voluntária de resíduos, o aquele ali é pré-fabricado chega em 2 dias, monta, pré-monta, 2 dias pra montar, então meu público vai ser os condomínios vão ser onde tem beleza, entendeu? Tipo que se não, você perde. Então é muito importante. Assim, pra pessoa não morrer na praia, como dizem, num todo, todo o processo é válido porque tem um aprendizado em cima disso aí, né? Então, uma pessoa às vezes eu fico falando assim, cada um tem seu caminho, mas se você conseguir buscar o que já foi feito, melhorar, a gente vai a caminha mais pra frente, né? Avança.

**Flavia:** Sobre a questão de o bambu resistir ao fogo, ao incêndio, essas coisas por causa de ele ter vãos, tem a parte oca dele, que pode gerar, aí é pressão e combustão, e aí eles pediram para a gente tentar, de alguma forma ver qual, e se tem, se existe algum estudo de resistência, alguma coisa assim. Você já passou por alguma coisa assim, de resistir ao fogo? Não resistir a algum tratamento ou pensou no seu projeto sobre alguma saída de pressão de ar, alguma coisa assim?

**Frederico Rosalino:** Algum, alguns pontos, né primeiro. O que pega fogo são os outros materiais. Né? Não é o bambu, então sim, lógico, igual essa minha, essa cabana que eu fiz, Cabana Belchior. Ela está no meio de uma mata, se essa mata pega fogo, vai ser uma chama muito intensa em cima. É possível isso gerar uma combustão no bambu? é possível. É um risco que eu corria, que eu corro, entendeu? É a norma peruana, ela tem uma parte lá que fala sobre incêndio, né? Então, por exemplo, não permite você construir você, usar o bambu roliço, exposto na cozinha, na área onde tem um fogão. Outras pesquisas, que eu já tive acesso que mostram que o bambu impregnado com sais de boro, ele tem uma resistência maior ao fogo. Outra questão, você pode aplicar retardador de chamas.

**Jullianna:** Entendi.

**Frederico Rosalino:** Então existe uns produtos que você aplica, principalmente, é muito usado em palha, né? Coberturas de palha, mas você pode aplicar no bambu também é outra questão. Eu tenho 20, desde 2004, 20 anos vai fazer agora que eu estou trabalhando com bambu e eu tive uma obra minha que queimou, nunca mais nem vi nenhuma outra. Por que que ela queimou? Porque todas eram várias barracas, todas com cobertura de piaçava. Eu sempre aviso uma piaçava é altamente combustível, né? E se começar a pegar fogo, algum lugar vai dar a liga. E o fogo não pega, só que a mangueira, que vinha para alimentar esses, o fogo pegou lá e queimou a mangueira. Então a mangueira tinha que estar enterrada, aí tudo pegou fogo aqui, mas quem foi que provocou o fogo foi a palha, né? Então, estou falando alguma ter é o material que está ali que vai criar uma chama, que aí o bambu, se você pegar um bambu e botar fogo, aí não vai queimar. Vai demorar, se vai queimar seu dedo, mas não vai queimar, entendeu? Então não é assim, principalmente o bambu gigante. O aspecto ele é grosso, uma parede grossa, você aplicou ali o verniz, ele tem proteção. Você falou de uma coisa que nunca ninguém tinha falado. É a primeira vez que alguém fala isso, gerar uma pressão interna, ele querer estourar, né? Para ser tratado ele precisa ser perfurado, ou longitudinalmente, se for por injeção entre os nós, faz um furo, então ali você já não tem pressão mais, entendeu?

**Flavia:** Já esvaziou, não é para estourar.

**Frederico Rosalino:** É, e assim é difícil um bambu não rachar ou não ter nenhum ponto ali que ele que teve rachadura, um parafuso ou um preguinho durante a obra, entendeu? Então a gente sempre vai ter um então, e esse negócio da pressão, isso não existe, entendeu? Existe, assim, se você pegar um bambu novinho, acabar de colher e enfiar ele no fogo, aí ele vai estourar. Por quê? Porque ele vai gerar uma pressão, principalmente porque tem muita umidade.

**Flavia:** Sim.

**Frederico Rosalino:** Tá, então é isso. A norma brasileira não fala nada de fogo, mas eu acho que tem que ter um cuidado. Assim como outras construções, agora cobertura de palha, aí você tem que ter uma atenção maior.

**Flavia:** E o impacto nos custos. Você já meio que respondeu que não é barato. É, tem o tratamento, tudo depende de vários fatores, né?

**Frederico Rosalino:** Mas é, mas não é barato, principalmente porque a gente não tem uma cadeia produtiva de fornecimento. Esse é a principal questão do custo. Ainda é alto.

**Flavia:** E aí tem uma pergunta aqui que da sua experiência, né, que você teve? Quais os maiores desafios? Assim, para utilizar o bambu como método construtivo, não é estrutura ou aos tipos de estrutura que você já fez.

**Flavia:** Além da disponibilidade do material mesmo, né?

**Frederico Rosalino:** É cada um vai ter a sua o seu desafio. Né? Por quê? Porque às vezes o cara mora do lado de um bambuzal. Então, desafio dele vai ser colheita e

tratar, né? O meu desafio é tornar coisa viável. E para você, é financeiramente viável? Para mim, esse é o meu desafio. Hoje, porque eu tenho acesso ao material, eu tenho acesso ao conhecimento, né? Então assim, eu só vou fazer esse se tiver um retorno financeiro para mim. Então essa é o meu desafio hoje. Agora, dependendo para quem está começando agora, qual que é o desafio, é você saber onde tem bambu e como que você faz o tratamento. Como é que a estrutura? Porque ninguém entende de estrutura, é muito difícil, cara. Para quem está caindo, Puff de paraquedas. Caraca estrutura, o que que é isso? Que que é Pilar? Em quem que está descarregando? Aí é muito difícil.

**Flavia:** É.

**Frederico Rosalino:** Então, o primeiro entender que o bambu é um material nobre, que arquitetura é a estrutura, a estrutura é arquitetura, então você tem que entender de estrutura um tempo, onde correr e quanto mais você projetar arquitetura fiel ao que você executar. Mas o melhor vai ser o mais barato, vai ser mais otimizado, vai ser mais tudo. Então, hoje eu acho que o desafio hoje, realmente assim, tudo bem, tem fornecimento, mas felizmente você consegue, você compra, você tem vários fornecedores no Brasil que você pede, ele vai te entregar. Um sistema, Pilar, viga... você capacita, eu tenho um vídeo assim “como treinar o seu carpinteiro” com aquele negócio do dragão, né? Como treinar seu dragão, vamos treinar.

**Flavia:** Hã, rã.

**Frederico Rosalino:** Pro seu carpinteiro é simples. Só que pra ser simples para ele, tem que ser simples para você também. Então, acho que o desafio maior está em sair do conhecimento zero em relação à estrutura de bambu, até um conhecimento em que você consiga projetar uma arquitetura com estrutura exequível. Esse é o desafio. E aí, onde? Onde entra ao esse gargalo? Na universidade, a pessoa fala, mas é o desafio é o bambu para construir. Não é porque assim tem um pouco a gente construindo com bambu, que o bambu que tem plantado hoje dá pra todo mundo. Entendeu? Não estou falando que não precisa plantar, precisa plantar. Existe uma necessidade de plantar, só que para uso em construções. O que tem de bambu hoje, supre né? Quanto? Então, eu costumo falar assim, não é para faltar. O povo está tudo muito atrasado. É inconcebível que se desassocie o bambu da reforma agrária, entendeu? As coisas estão intimamente ligadas na agricultura familiar.

**Jullianna:** Com certeza.

**Frederico Rosalino:** Então quando vem um colega meu assim, eu fico, cara, como? eu não consigo entender isso. Como que você está aí? focado no bambu, sendo que o bambu ele é para todos, ele é um material democrático. O material que é pra todo mundo, entendeu, não é pra rico, não é para fazer monoculturas gigantescas, não é para é abastecer o pessoal.

**Jullianna:** Entendi.

**Frederico Rosalino:** Quer botar indústria aqui de bambu, beleza? Mas é melhor a indústria de bambu do que a indústria, do que plantio de soja.

**Frederico Rosalino:** Entendeu?

**Jullianna:** Realmente.

**Frederico Rosalino:** Mas o que que a gente tem aqui no Brasil forte é construção civil.

Então, onde o primeiro lugar, tudo que é fora de construção civil, artesanato, mas agora entrou para processos industriais da China. É traz aqui pro Brasil com um preço muito mais barato. Qualquer coisa a gente for produzir. Então, assim, tanto que esse Congresso mundial do bambu, em que vai ser o Brasil, o tema vai ser construção pela primeira vez.

**Jullianna:** Nossa, que legal.

**Frederico Rosalino:** É porque é o é o é o suprir a demanda por habitação no mundo, de forma democrática.

**Flavia:** Então.

**Frederico Rosalino:** Não é?

**Flavia:** Suprir essa habitação é popular, vamos dizer assim, né?

**Frederico Rosalino:** Popular, popular e rural, né?

**Flavia:** Porque às vezes, o que acontece, muito é ver um processo construtivo. Por exemplo, o uso do bambu. Ele é já há muitos e muitos anos utilizado por comunidades tal pra fazer habitação, né, e agora está aumentando esse estudo sobre a capacidade do bambu, as características físicas de resistência e tal, a usabilidade dele. Onde que é possível usar, e aí, como você disse, né? Aí já vem querendo industrializar. Ótimo, seria ótimo industrializar todo esse processo, a utilização, mas aí não, tem a indústria, o destino dessa industrialização, foge do foco inicial que era para ser popular? Eles querem industrializar para trazer para outro uso, não é? E aí, quem realmente se beneficiaria desse processo industrial não vai utilizar, acaba não tendo acesso, né?

**Frederico Rosalino:** Mais uma vez. É mais uma vez pra quem tem muita grana. É então para mim, o bambu. Ele é democrático, é ele está no tempo certo dele, não tem nada atrasado, não tem nada adiantado. Essa coisa, tipo, é orgânico. Crescimento orgânico mesmo, entendeu? E é isso. Eu estou feliz, tudo que eu tudo que eu tenho visto de uso de crescimento, acho que tá super legal.

**Flavia:** E aí a gente tem uma dúvida aqui, depois da que saiu a norma de estrutura, projeto estrutural em bambu, teve alguma diferença na sua execução de projeto? Alguma diferença, com certeza teve alguma, né? Você também falou que ajudou a elaborar a norma, então a gente viu sobre os métodos de ensaio, essas coisas e estrutura você já meio que já aplicava, né?

**Frederico Rosalino:** Não, então, na verdade, a gente sempre utilizou norma Internacional, não é? Então, trocou a ISO.

**Flavia:** Isso.

**Frederico Rosalino:** Tem uma norma ISO que é muito, muito excelente, e tem a norma colombiana, tem a norma peruana, então norma não era o problema. Ter norma brasileira, qual que são as vantagens? Primeiro que você viabiliza projetos públicos, né? Um orçamento público, financiamento pode chegar num vai chegar no momento que você consegue um financiamento pela caixa econômica, então já é um primeiro passo. Entendeu? E o fato de ter norma, o que acontece? A gente fala muito de materiais não convencionais, né? Então, tecnicamente, o material não convencional material que não possui norma, então é considerando isso. Teoricamente, o bambu já não é mais o material não convencional. É um material convencional.

**Flavia:** Essa manutenção da estrutura ao longo dos anos, aí você já deixa já indicado e você acompanha ou ficar a parte do cliente mesmo, né? Ele acompanha e se for necessário, você vai lá, faz se contratar com você? Não sei como é que funciona. Aí você faz a manutenção?

**Frederico Rosalino:** Não, então eu coloco assim quando termina uma obra, depois a gente programa uma inspeção, só que essa inspeção é paga a parte, tá?

**Flavia:** Sim.

**Frederico Rosalino:** Então essa expressão ela vai ver parafusos que estão que afrouxarão, porque muitas vezes o bambu ainda não está muito seco, então parafuso afrouxa algum movimentação, alguma incidência de broca ou essas coisas que eu falei da então, só vai fazer uma. É uma inspeção, e uma inspeção depois de 2 anos. Se o cliente não acionar nem nada, entendeu aí, beleza. Aí, sinal que está tudo beleza, mas eu lembro, falou “ó se deu 2 anos, a obra, vamos fazer aquela visitinha?” Porque aí eu aprendo mais, entendeu?

**Jullianna:** Sim.

**Frederico Rosalino:** Então, para mim é. É bom pra mim, bom pra pro cliente aqui eu cobro, né? Porque tem um valor aí.

Por isso que assim eu só construo com bambu.

**Flavia:** Sim.

**Frederico Rosalino:** Para quem é quer muito, entendeu? Porque é um filho que você está gerando uma casa, é um filho, né? Uma filha, uma casa é exige manutenção ou mais, que qualquer casa.

**Flavia:** Sim.

**Frederico Rosalino:** Não é porque é de bambu, então só que é de bambu, você tem uma, por mais que você veja um Monte de coisa errada em estrutura de concreto, Monte de patologia, você começa a entrar nesse universo da patologia tu vais ver que o concreto é um lixo, essa coisa do concreto indestrutível não existe. Entendeu? É bom pra caramba, é maravilhoso, mas ele tem que ser muito bem executado.

**Flavia:** Vou falar assim, ele é prático, ele é moldável, ele é resistente, mas quando a gente entra, trabalha com construção. Na prática, a gente vê que todo o problema da

estrutura de concreto é a execução, não é material, não é resistência, não é nada, é a execução, não é processo.

**Frederico Rosalino:** É, é porque o resto é tudo padronizado, não a execução, cada um faz de um jeito. Então é isso, né? Então, a gente precisa de manter. Assim, eu gosto de pensar lá na frente e eu gosto de pensar diferente do que as pessoas estão pensando, então eu vou começar a achar as lacunas e o que eu, o que eu entendo hoje é o seguinte, você vai construir uma casa, você tem? É assim o ideal, né? É que você entenda tudo o que está acontecendo ali, todos os processos, como Ela Foi construída, onde está passando o cano, onde está passando aquilo, onde está, não sei o quê. Então, se você está disposto a construir uma casa que você saiba, é igual o seu filho, se você não sabe que seu filho tem uma marca de nascença que eu ou que ele tem um pé maior que o outro ou sei lá o quê, você não conhece seu filho, entendeu?

**Flavia:** Até porque se você não sabe, como que o cara que nunca viu a sua casa vai saber, né, alguma coisa por onde passam tubos, por onde passa, instalação elétrica, alguma coisa assim, se você mesma é dono, não sabe.

**Frederico Rosalino:** É, exatamente.

**Jullianna:** Eu vou demorar muito mais para identificar.

**Frederico Rosalino:** É exatamente, se você não sabe. E aí, quem fez? Já não está lá mais, entendeu?

**Flavia:** Exatamente.

**Frederico Rosalino:** Porque eu digo, mais de casa, não prédio, a construtora está ganhando muito dinheiro que se vire. Vamos dizer, não é, mas casa não casa, principalmente casas menores. Quando é mansão, aí o cara tá ali, chega a grana, paga quem quiser e paga o que for. Quem é de classe média, que tem o dinheiro contado, cara, um profissional que você chama desse aí é 300 contos, 400 contos, você sabe, né?

**Flavia:** É.

**Frederico Rosalino:** Então eu falo com os clientes, eu escolho meus clientes, né? Eu desencorajo de fazer determinadas coisas. Eu não tenho esse problema com dinheiro, saca?

**Flavia:** É porque também isso prejudica você, não é?

Se você falar assim a não vamos fazer uma casa de bambu, não sei o quê e a pessoa investe todo o dinheiro dela naquilo e aí daqui 2 anos é uma pessoa fazer manutenção e aí ela não vai ter o dinheiro, se precisar fazer alguma coisa.

**Frederico Rosalino:** É, mas aí sim, mas. Mas maioria das pessoas não estão preocupados com isso.

**Flavia:** É, não pensa na manutenção, né?

**Frederico Rosalino:** Esse é o lance. A maioria das pessoas não tem essa preocupação, é quem está construindo. Não quer saber se o cara vai reclamar

daqui, quer receber a grana dele agora, pronto, entendeu? Então essa. Essa consciência de que uma obra é... você está realizando um sonho de uma pessoa. Construo muito para a classe média, aquela pessoa que está sim precisando resolver o sonho. Então, beleza, vamos transformar esse sonho num sonho mesmo. Não vamos transformar esse sonho num pesadelo, então é uma consciência que eu estou falando para vocês. Parece que é óbvio, mas não é.

**Jullianna:** Quais os são os softwares que vocês utilizam para dimensionar? Fazer a estrutura.

**Frederico Rosalino:** Então, o software é um grande, é uma grande questão, né? Porque assim, se é para você... Uma empresa de cálculo estrutural e uma empresa de arquitetura. Engenharia grande não trabalha com bambu. Né? Então a gente tem que buscar os softwares mais baratos que têm no mercado. Ou então muita gente é usa pirata, né? Quando você é estudante, fica mais fácil que tem ali, mas depois que você é profissional, aí você vai investir 20000 reais.

**Flavia:** Licença (de uso), né?

**Frederico Rosalino:** Então, se eu pudesse falar assim, quais softwares que você deveria estudar para você fazer todo o processo de projeto cálculo estrutural e detalhamento, eu colocaria assim um BIM que seria um Revit, AutoCAD, um Grasshopper e Rhinoceros que você consegue fazer estruturas parametrizadas. É dentro do Rhinoceros, você tem plug-ins que você faz análises, análise de vento, análise estrutural. Tá, e aí? A documentação que seria o projeto final. Detalhamento, aí você faz no Revit, então se você dominar ali o Revit ou por aqui cabe um BIM, né? Dominar um Rhinoceros e todos os seus plug-ins, você está resolvido, mas sou old school. Eu já para aprender novos softwares já é mais complexo, não é? Precisa de mais tempo, então não consigo parar para aprender. Mas eu uso mais para visualizar, para gerar imagens. Então subcontrata alguém pra desenvolver a estrutura a partir do que eu quero, e aí eu com as imagens eu faço a documentação no Revit, no AutoCAD, né? Mas se fosse pra falar assim, quem vai começar é. É um BIN, um Revit, isso aí já te resolve. E os plug-ins, dica deles, né? Relacionado a essa, essa coisa toda aí tá? O Sketchup pode funcionar bem também. O Arch Cad, Revit os plug-ins do Revit, Rhinoceros plug-ins. Só que são softwares caros, né? Eu faço muito planilha Excel, né? Eu faço, minha produtividade é baixíssima.

**Flavia:** Em grande escala, talvez fosse mais. É mais necessário, né? Esses outros softwares que você comentou no começo, não é?

**Frederico Rosalino:** Então, se aí, por exemplo, tem empresas que trabalham com estrutura de madeira, principalmente madeira, laminados, né? Estruturas de madeira laminada, e eles têm programas de análise estrutural e detalhamento para fabricação são caríssimos, mas eles. Eles viabilizam isso aí dentro do processo dele. Agora eu trabalho, nós somos, nós somos 3 profissionais, 4 na verdade. Somos independentes, cada um trabalha na sua área, mas eu coordeno todo mundo

e a equipe que é subcontratada de empreiteiros, que faz a obra. Então somos, autônomos, temos empresa, mas é um trabalho do pequeno. Até mesmo porque eu não tive interesse de crescer, entendeu? Pra mim, é mais interessante trabalhar dessa forma, mas para eu trabalhar dessa forma e me sustentar, eu tive que passar muita dificuldade. Dificuldade assim, perrengue, né? De não ter dinheiro para pagar a conta no final do mês; então o conselho que eu dou para quem está começando é tenta entrar numa empresa que vai te ensinar a gerir a sua própria empresa, do que você chegar já querendo abrir um escritório, abrir empresa é pode dar certo, mas para dar errado, é muito grande, então é melhor aprender primeiro, né depois... Né?

**Flavia:** Está certo.

**Frederico Rosalino:** Tá? É bem legal vocês pra trabalharem é bem legal, tá? Vai variar muitas coisas pra você, só que é um bambu que não é usado como estrutura no Brasil, né? Mas é fantástico e dá para usar. O que eu faço é sistematizar, o que é sistematizar? É legal mostrar, ter o passo a passo, né? Tem vários vídeos meus, aí tem o passo a passo de obras de construção que eu faço. Porque aí, quando eu faço o projeto, eu já, eu já imagino como vai ser construído até o fim, entendeu? Então eu faço um o chamo de fazer amento, então quem vem primeiro são os pilares. Depois vai ver isso aqui, depois aqui, isso aqui, isso aqui ou se for pré-fabricado primeiro, você monta as estruturas, está peça pra cá, depois você coloca aqui, então é raro aqui no Brasil alguém fazer isso aí, cara. Muito raro, mesmo se vocês acharem, compartilha comigo que é muito difícil, é que a galera ou está muito envolvida ou não tem.

**Flavia:** Beleza. Muito obrigada pelo seu tempo, pela sua disposição aí de ajudar a gente dá uma força que é. Até porque foram o que, 2 horas, quase não é de bate papo aqui. Agradeço também, já por você compartilhar o material.

**Frederico Rosalino:** É beleza, então ficamos por aqui, né?

**Jullianna:** Aham.

**Flavia:** Sim, se precisar também de alguma coisa, alguma informação a mais.

**Frederico Rosalino:** Tá, tá bom.

**Flavia:** Agradeço também por ter autorizado a gente gravar o vídeo para a gente poder redigir a nossa entrevista no trabalho e qualquer dúvida que a que fica pendente aí com a coisa a gente te manda também.

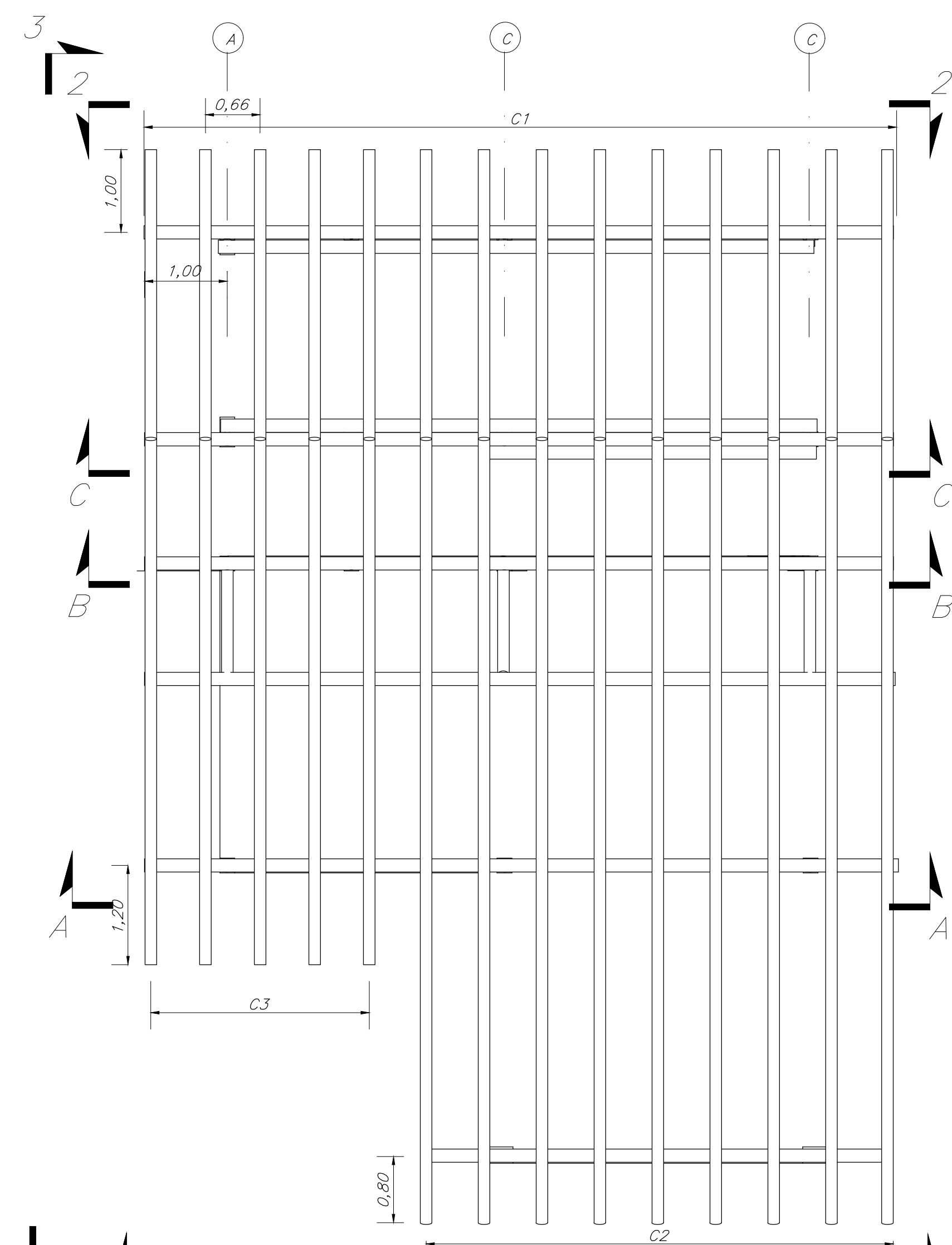
**Frederico Rosalino:** Tá bom? Tá bom, massa demais, é isso aí.

**Flavia:** Está bem. Muito obrigada.

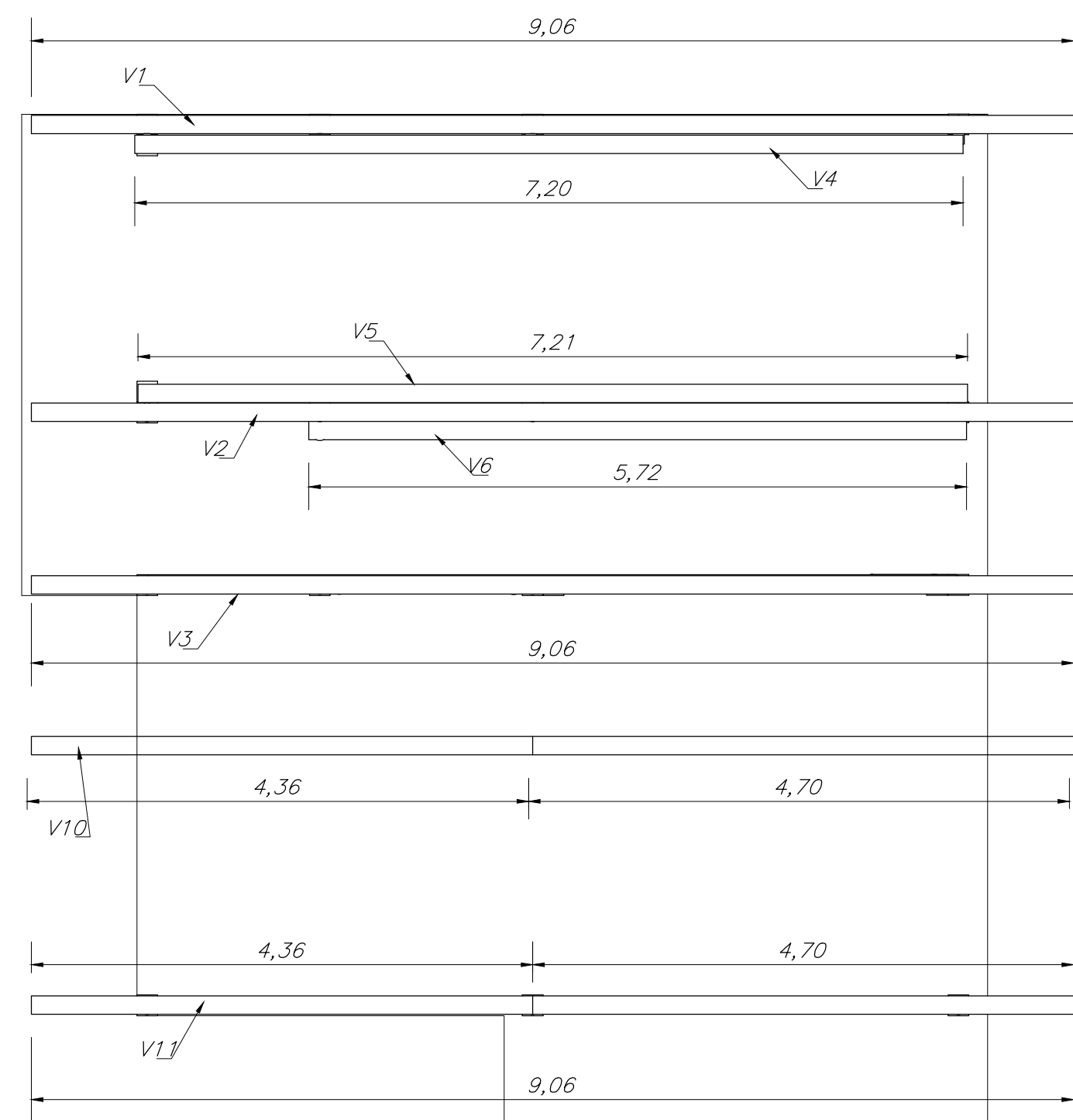
**Jullianna:** Muito obrigada.

## **ANEXOS**

**ANEXO A – Folha 1 do projeto da Cabana Belchior – Bioestrutura Engenharia**

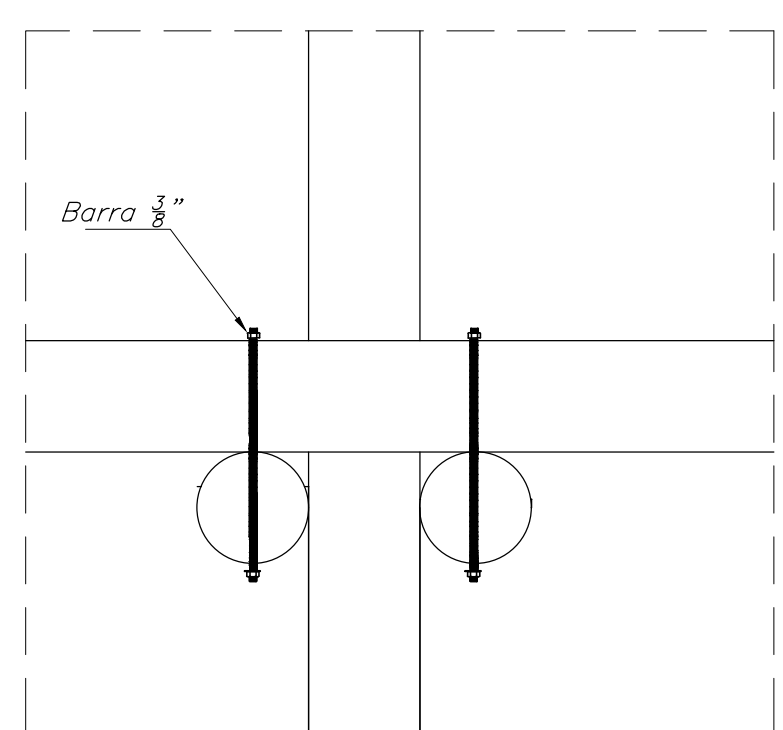


PLANTA DE COBERTURA –Caibros  
Escala 1:50

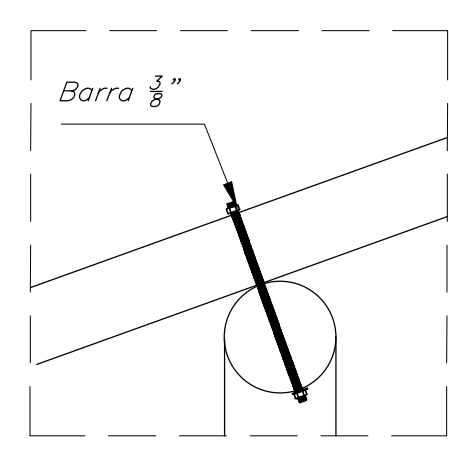


PLANTA VIGAS PRINCIPAIS  
Escala 1:50

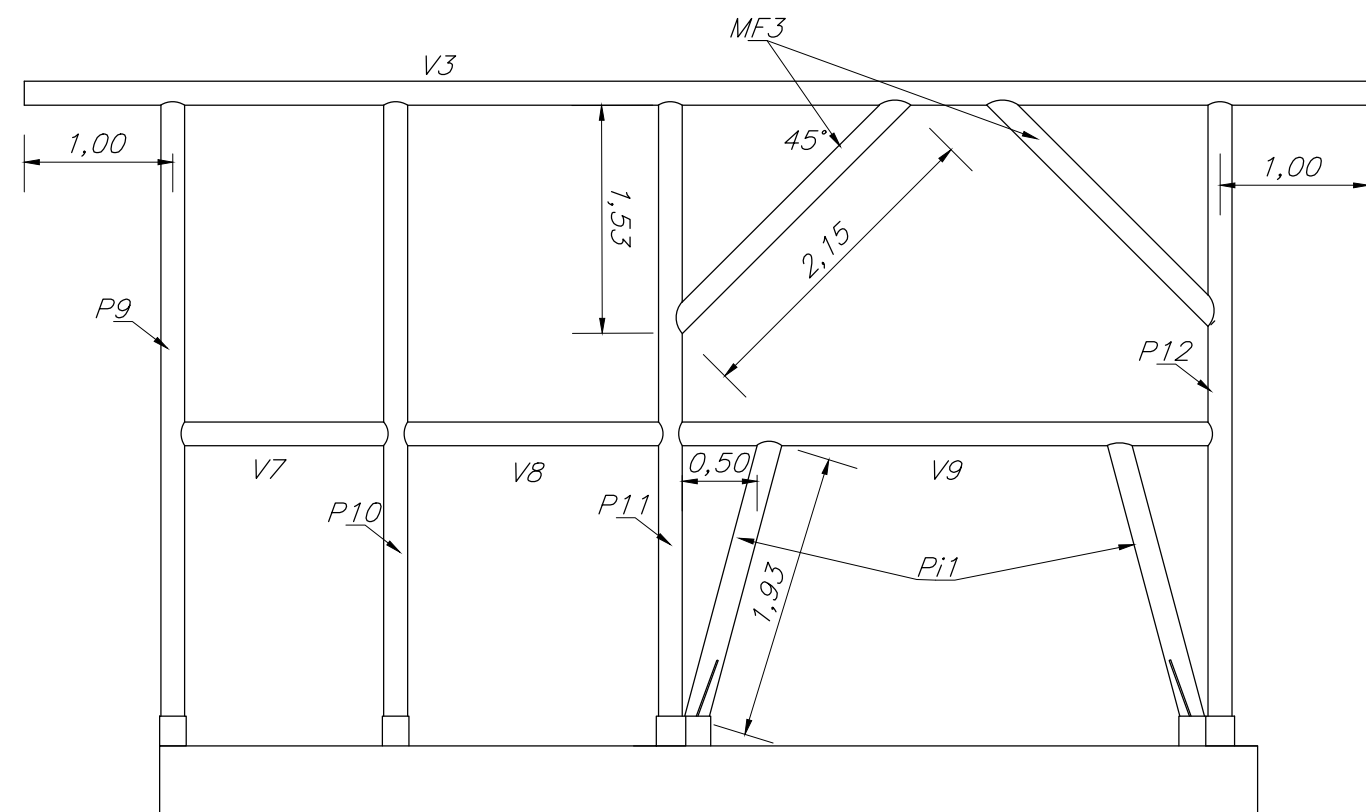
inclinados  
Escala 1:10



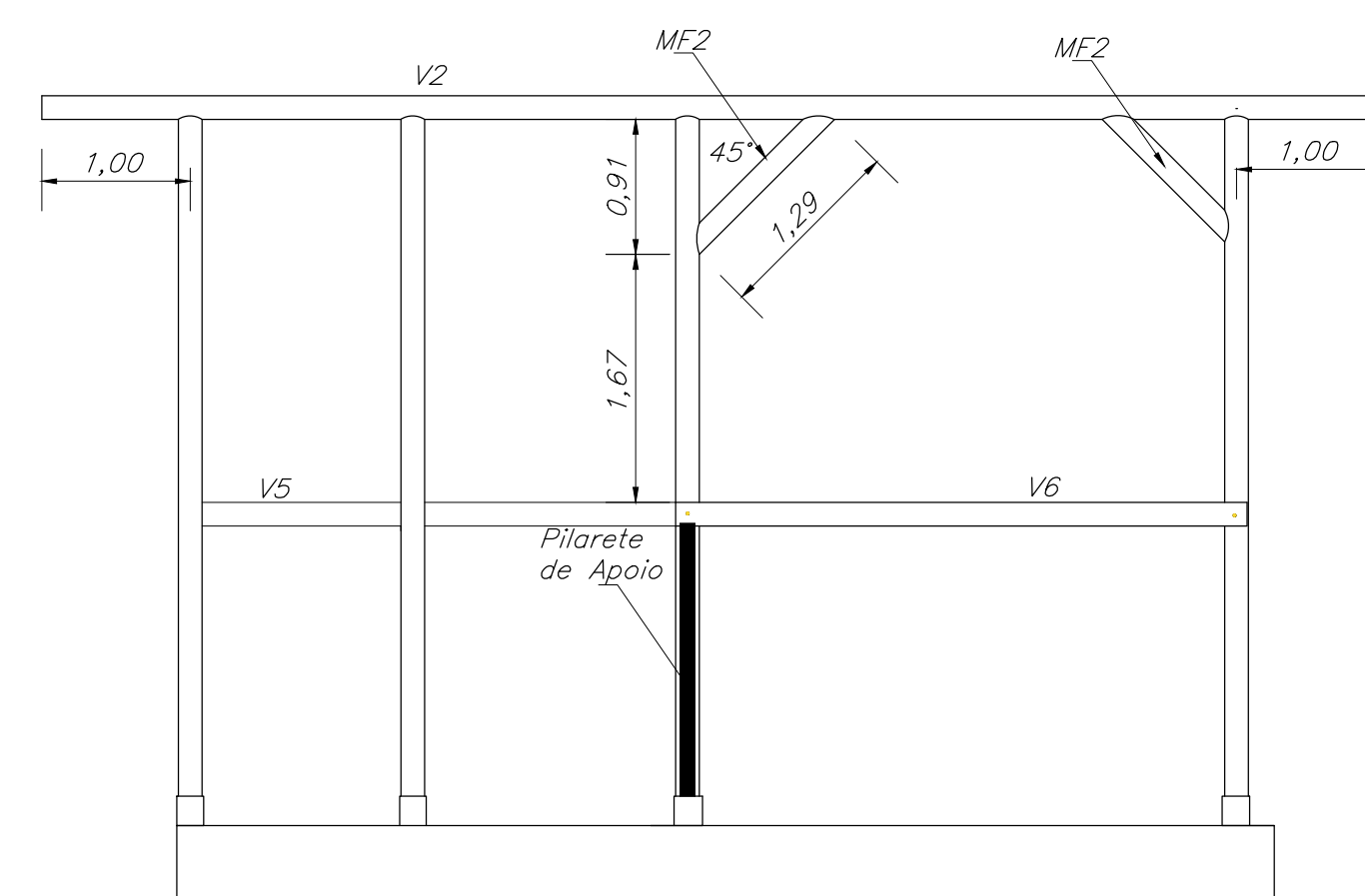
DETALHE 8–Fixação dos barrotes  
Escala 1:10



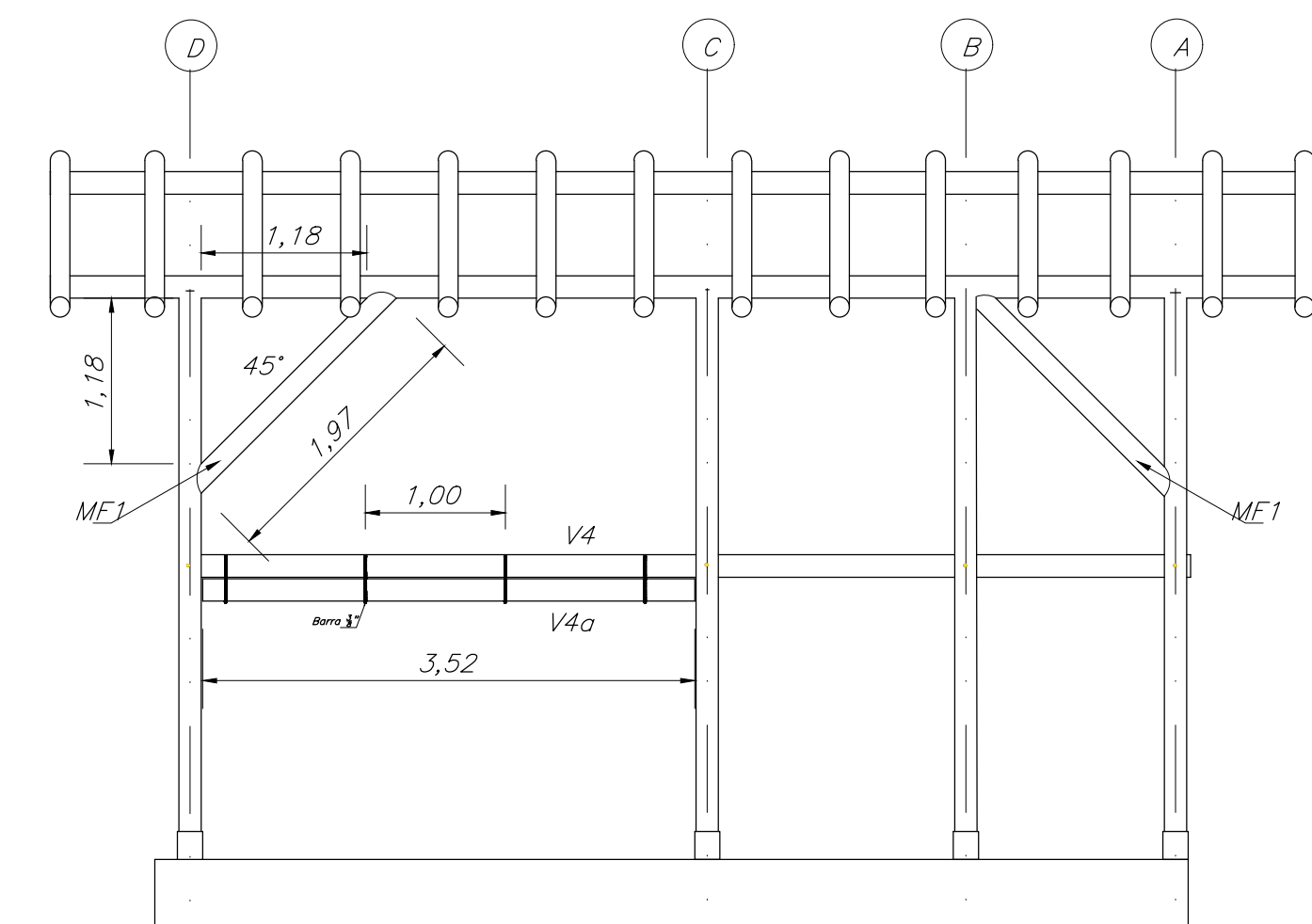
DETALHE 9  
Escala 1:10  
Fixação dos caibros nas vigas



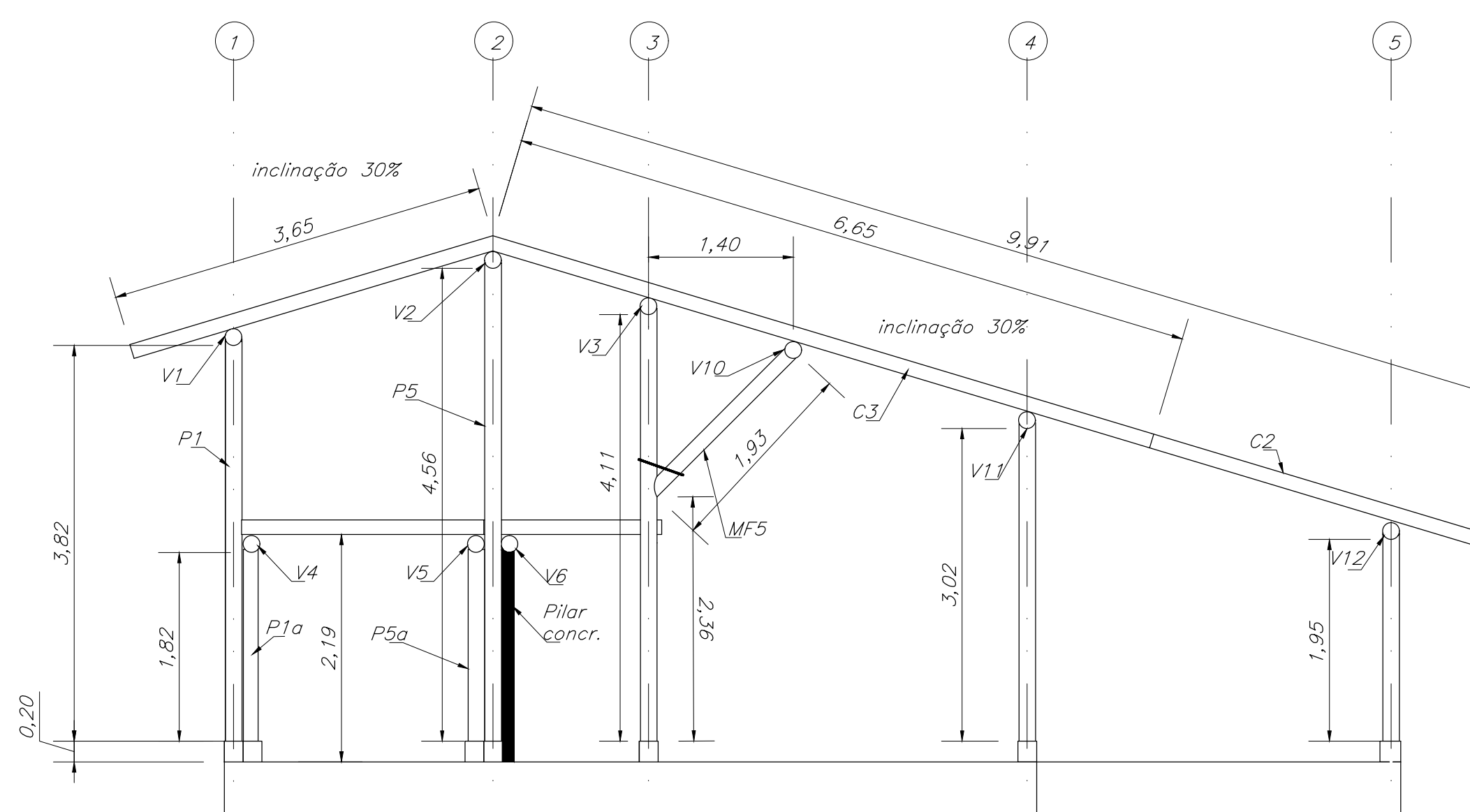
CORTE B-B  
Escala 1:50



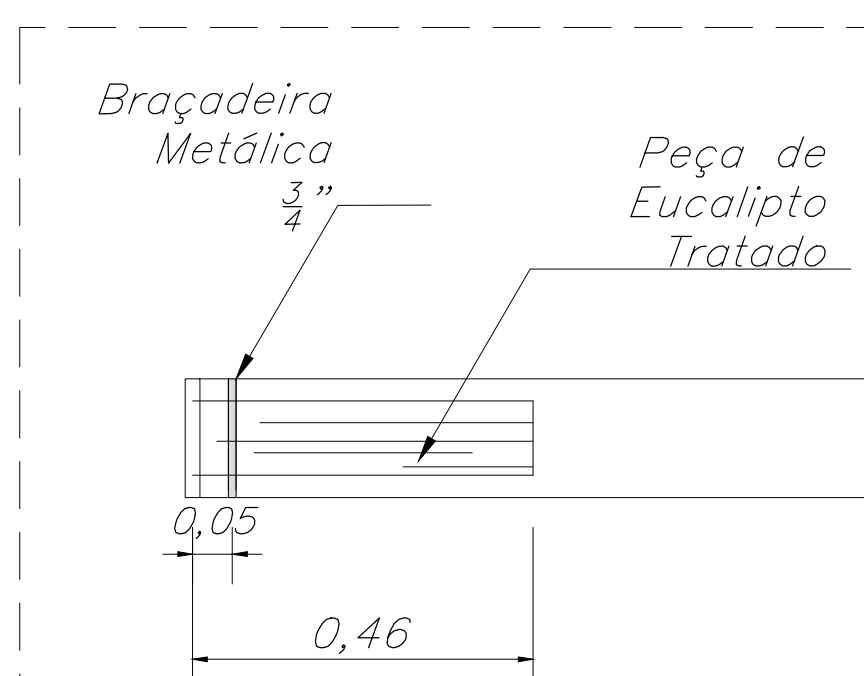
CORTE C-C  
Escala 1:50



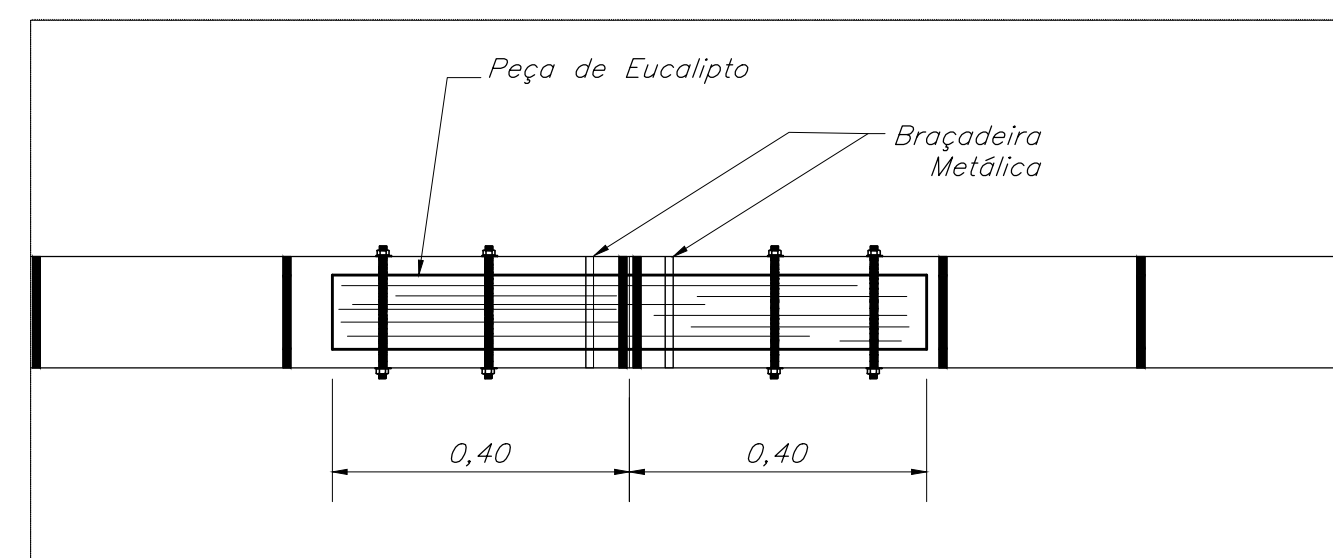
VISTA 02  
Escala 1:50



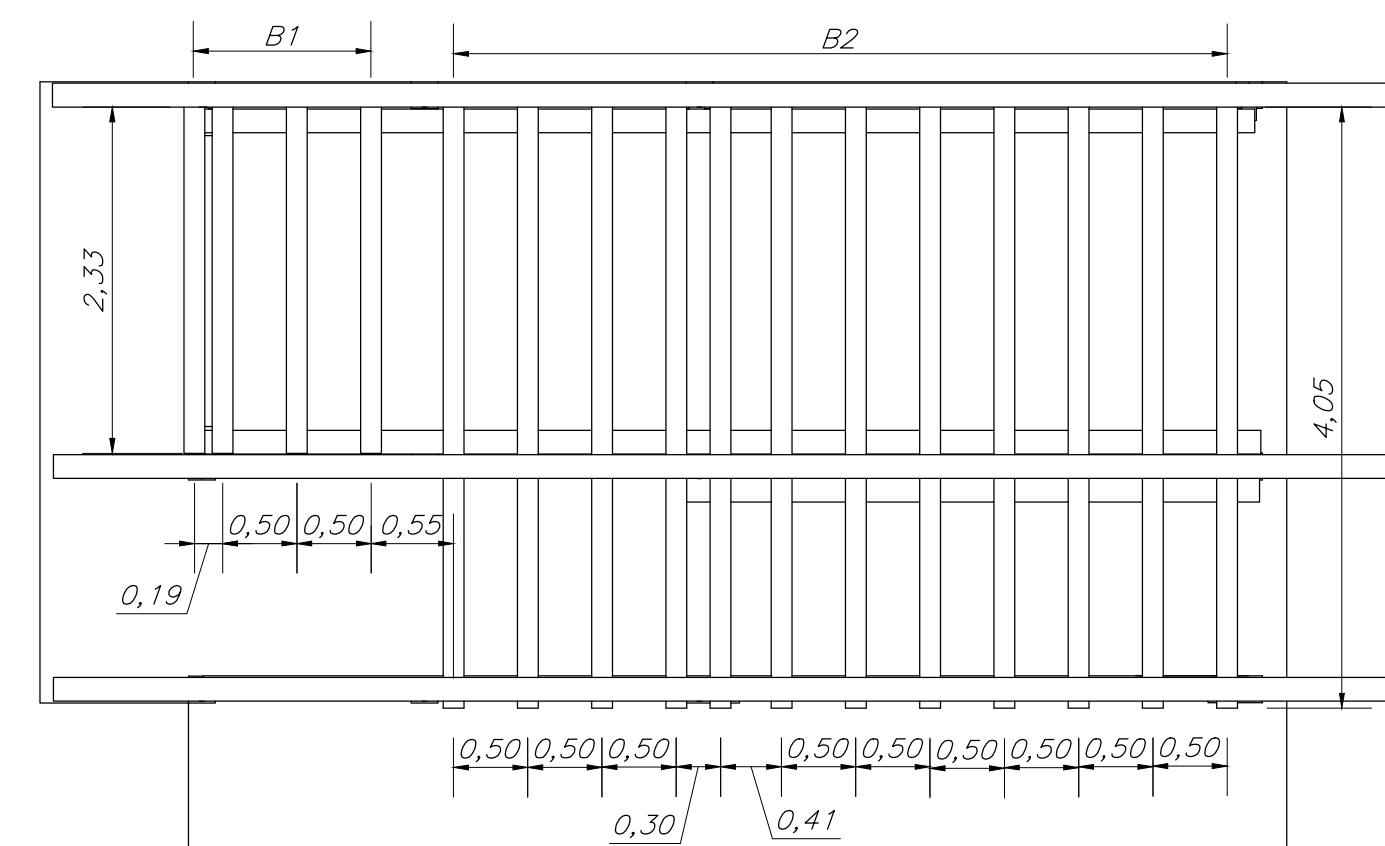
VISTA 03  
Escala 1:50



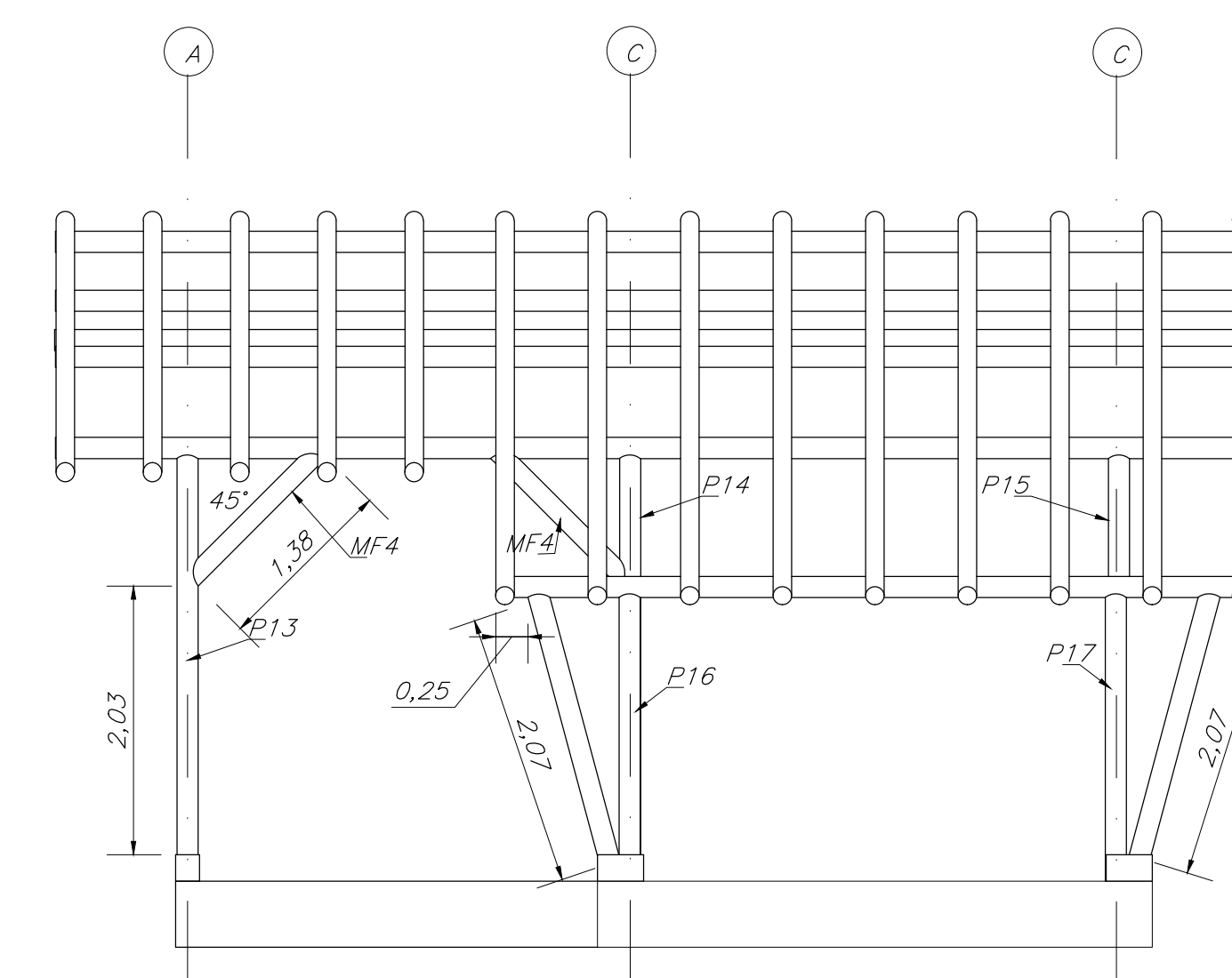
DETALHE DO ENTUFAMENTO



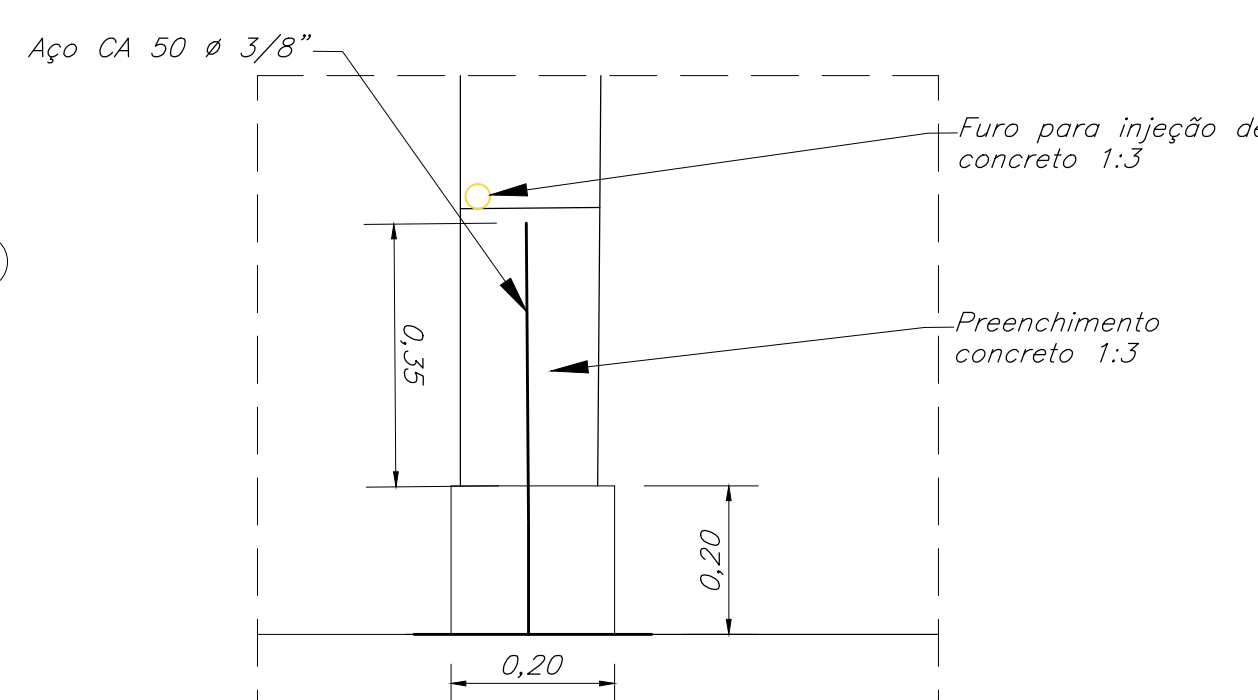
DETALHE DA UNIÃO DE VIGAS DE TOPO  
Escala 1:10



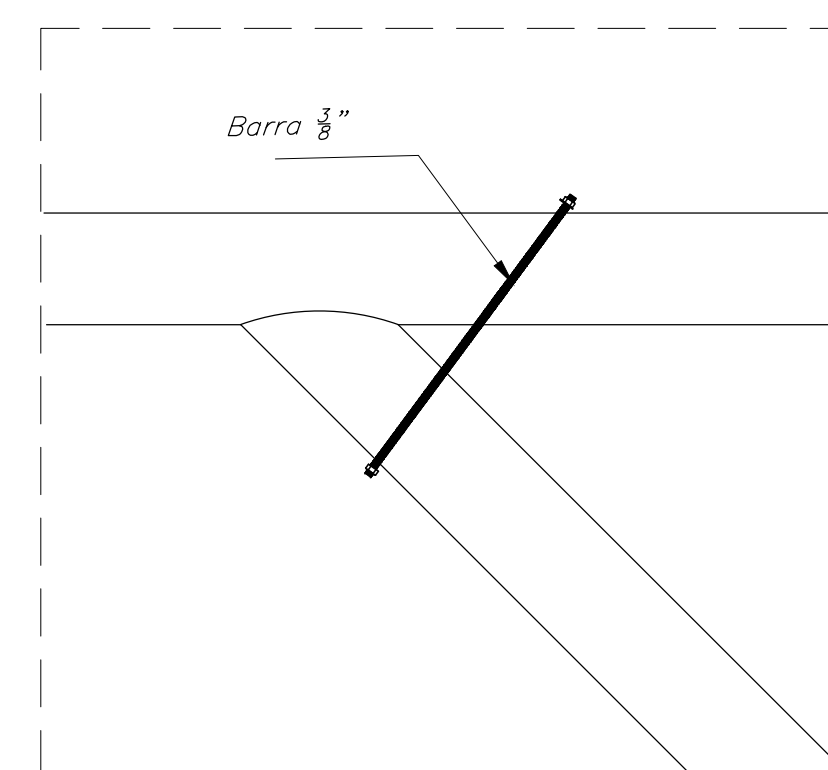
PLANTA BARROTES  
Escala 1:50



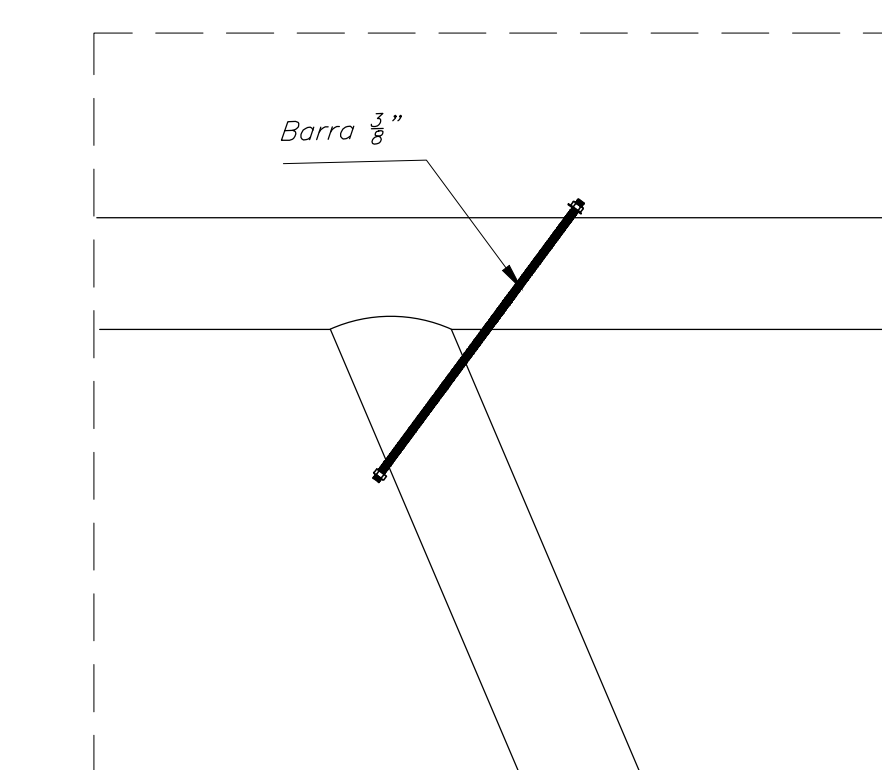
VISTA 01  
Escala 1:50



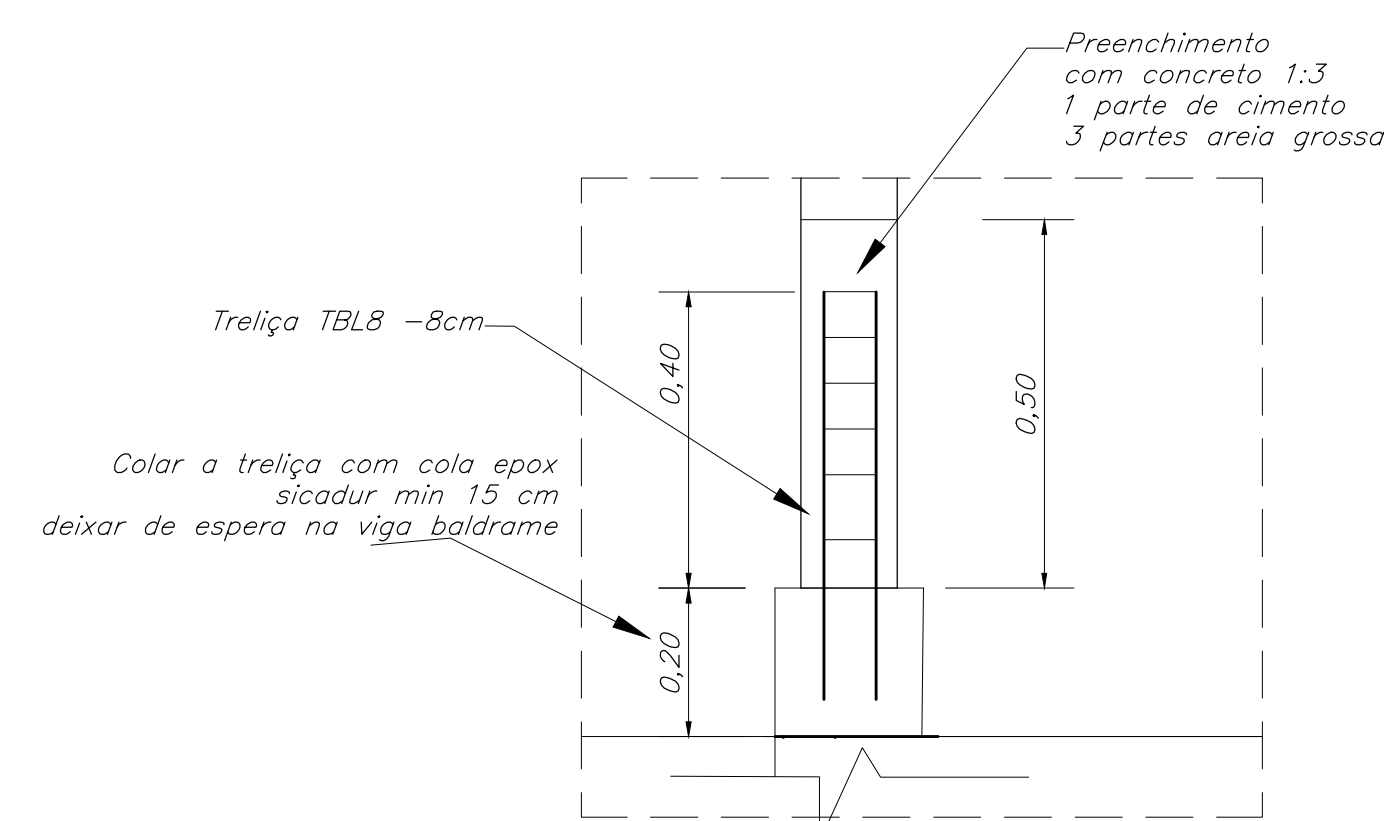
DETALHE 5–Ancoragem dos pilares P1a e P5a  
Escala 1:10



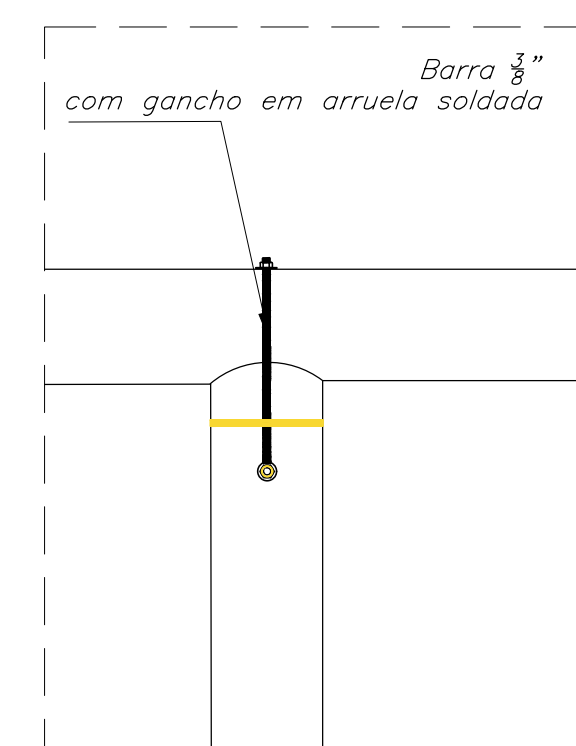
DETALHE 6–Fixação dos pilares inclinados  
Escala 1:10



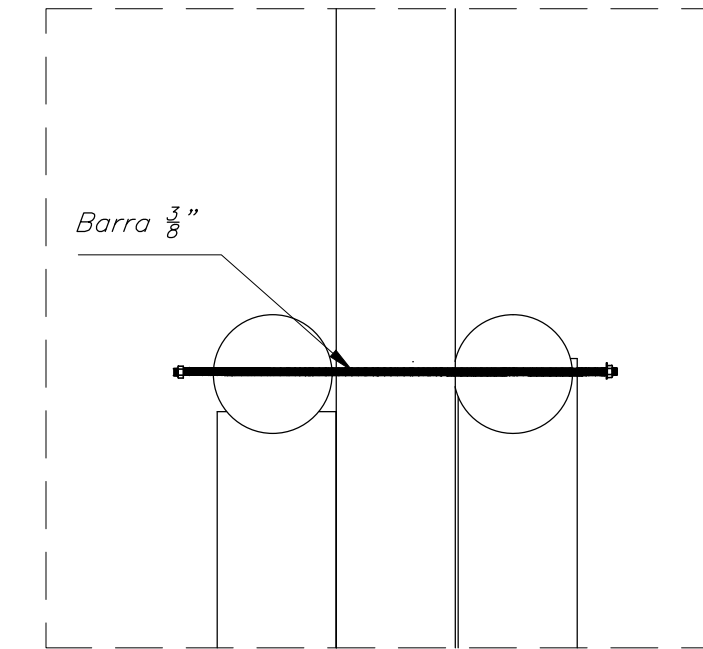
DETALHE 7–Ancoragem dos pilares inclinados  
Escala 1:10



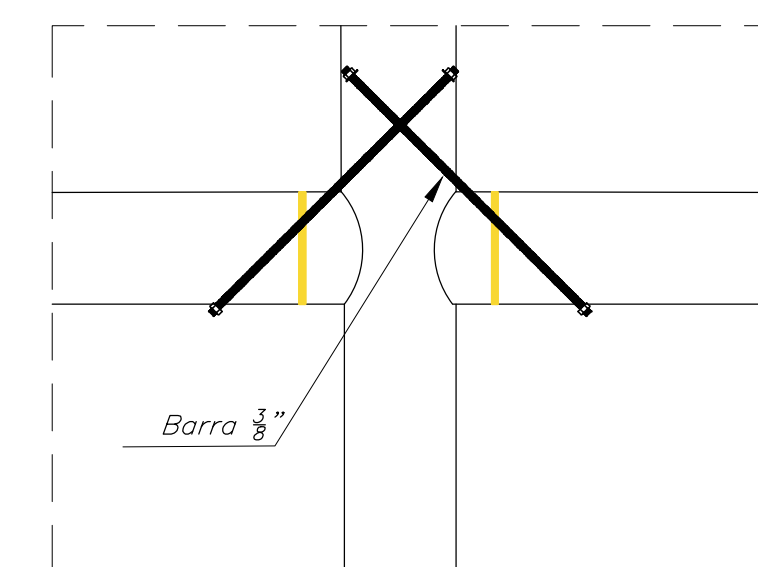
DETALHE 01–típico  
Escala 1:10



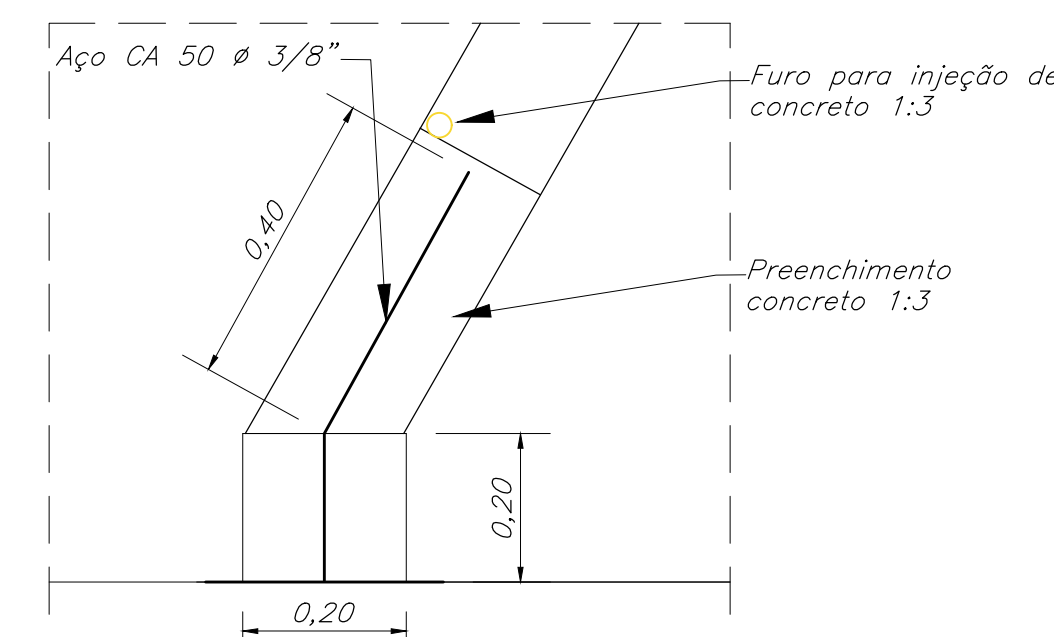
DETALHE 2  
Escala 1:10



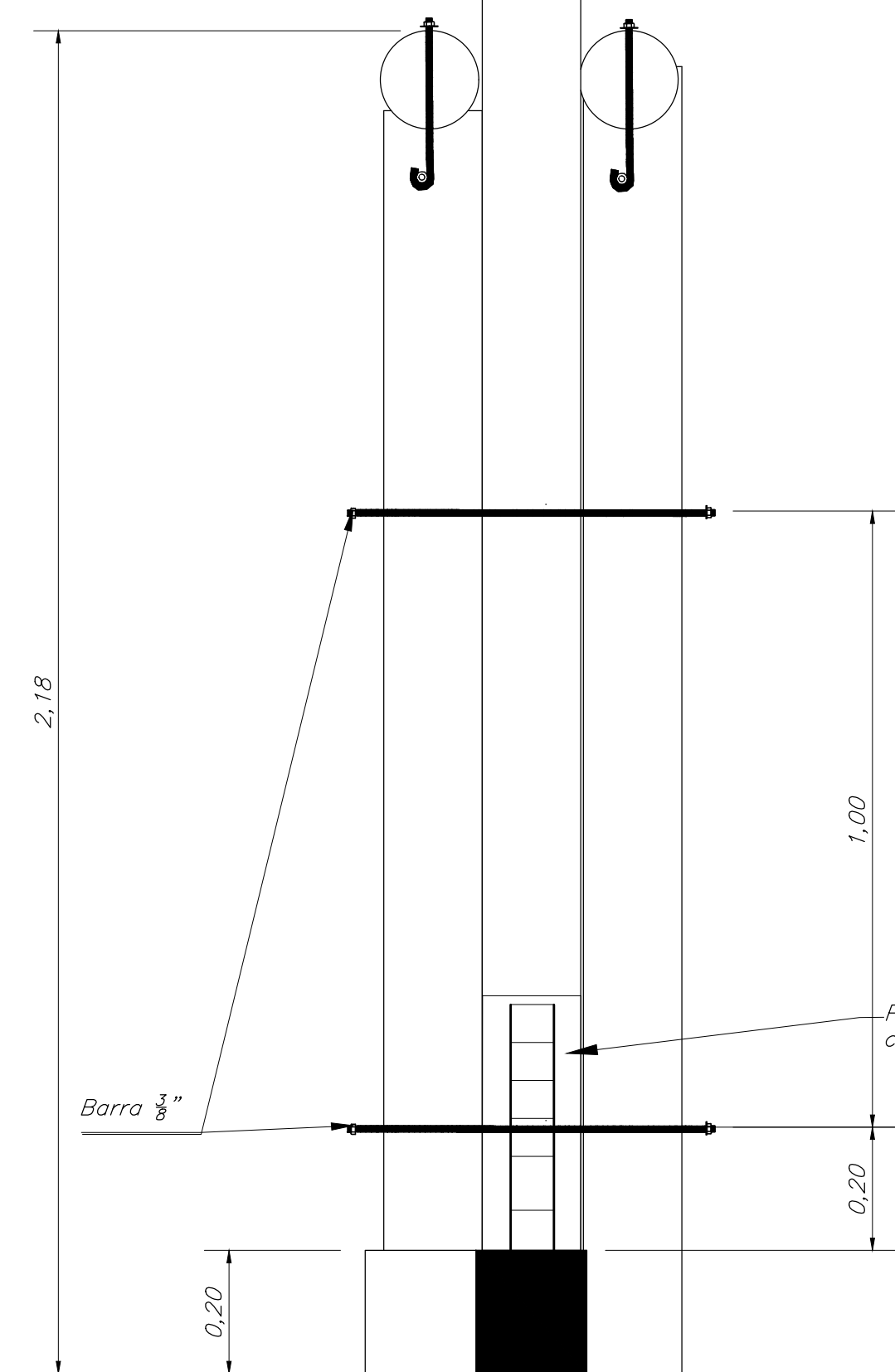
DETALHE 03– Fixação das vigas V4, V5 e V6  
Escala 1:10



DETALHE 4  
Escala 1:10



DETALHE 07– Ancoragem dos pilares inclinados  
Escala 1:10



DETALHE 01–fixação dos pilares de apoio  
Escala 1:10

## NOTAS

- 1- Deixar as esperas de treliças nas fundações ou colar com cola Sicadur
- 2- Ver detalhe das fundações no projeto de fundações
- 3- Ajusta a posição da treliça na fundação de modo a facilitar a instalação das barras rosçadas nas fases seguintes.
- 4- Aprumar os pilares utilizando contraventamentos temporários de forma a mantê-los no prumo até o travamento da estrutura.
- 5- Deixar os pilares com comprimento no mínimo 30 cm acima da altura final para facilitar a confecção das bocas para receber as vigas de cumeeira
- 6-A peças de bambu deverão ter espessura mínima de parede de 1,5 cm
- 7 -As emendas de peça de topo deverão ser executadas conforme detalhe típico, para tanto, sempre utilizar abraçadeiras metálicas nas extremidades das peças. Já nas extremidades de peças, a colagem poderá ser utilizado cola tipo PUR.
- 8- Na instalação das Vigas transversais de Piso, deixar as bases das peças ( parede mais grossa e entrenós menores) para o lado do balanço.
- 9- Executar as bocas dos pilares para receber as Vigas de cumeeira preferencialmente com o serra sobre.
- 10- As emendas dos VIGAS devem estar posicionados sobre os pilares, nunca no meio do vão. Ver detalhe de união de peças de topo
- 11 - Posicionar os caibros Transversais com a parte mais forte para as extremidades da cobertura
- 12- As emendas dos caibros devem estar posicionados sobre as vigas de cumeeira, nunca no meio do vão
- 13- Os Caibros Longitudinais poderão ser fixados com pino de bambu ou eucalipto de forma intercalada
- 14- Os elementos de espaçamento para nivelamento das peças poderão ser com madeira maciça ou porcas e arruelas.
- 14- Nos apoios onde houver carga concentrada o bambu deverá ser preenchido com argamassa 1:3 ou instalado peça de eucalipto conforme detalhe(emenda de varas e apoio na extremidade)

PROJETO DE ESTRUTURAS EM BAMBU DE CASA EM CAVALCANTE

ESTRUTURA - BAMBU

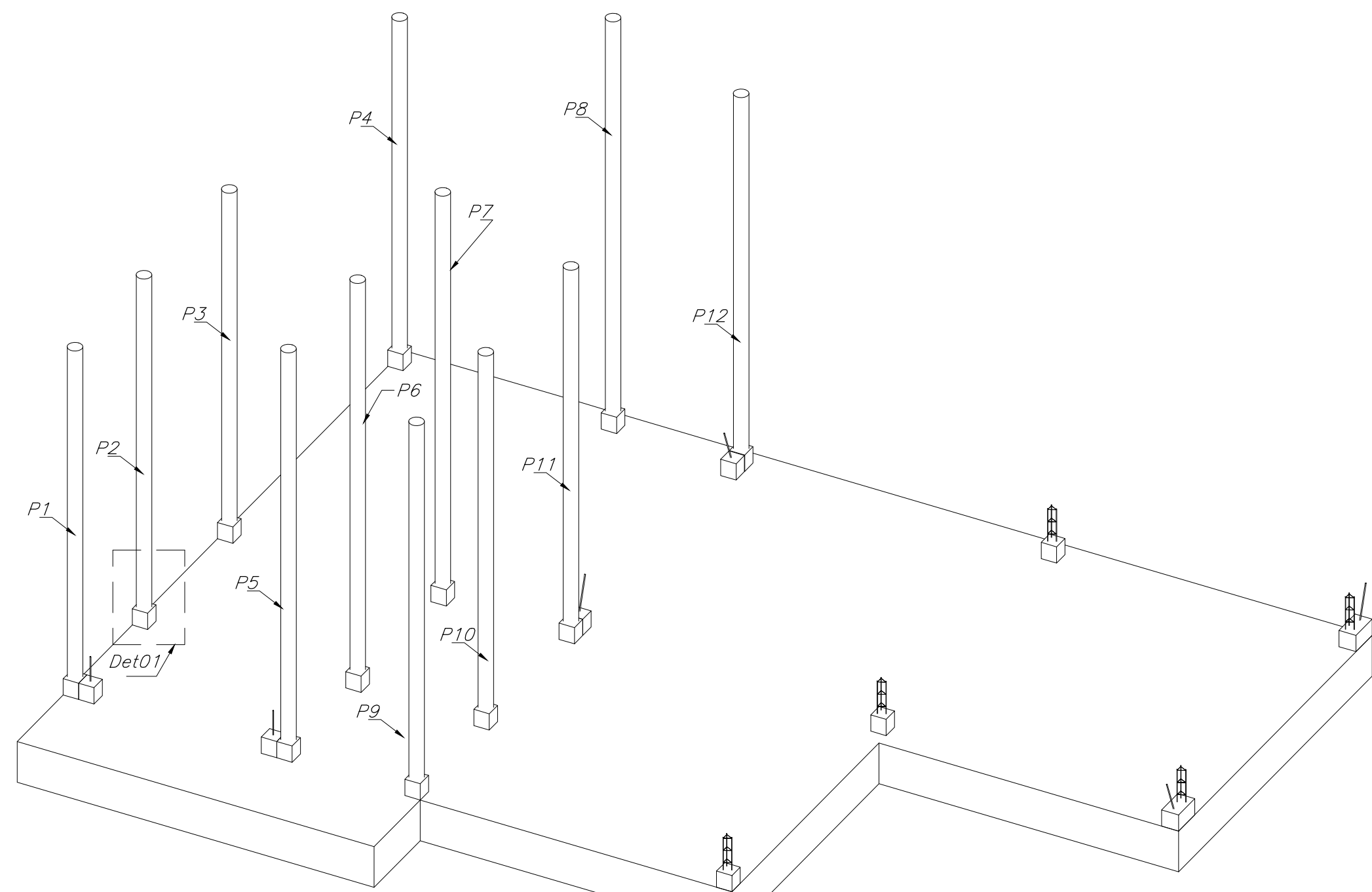
FOLHA: 01/03  
Planta de cobertura, Planta das Vigas Principais  
Planta dos Barrotes  
Vistas 01, 02 e 03 e Cortes A-A e B-B

DATA: Abril 2023

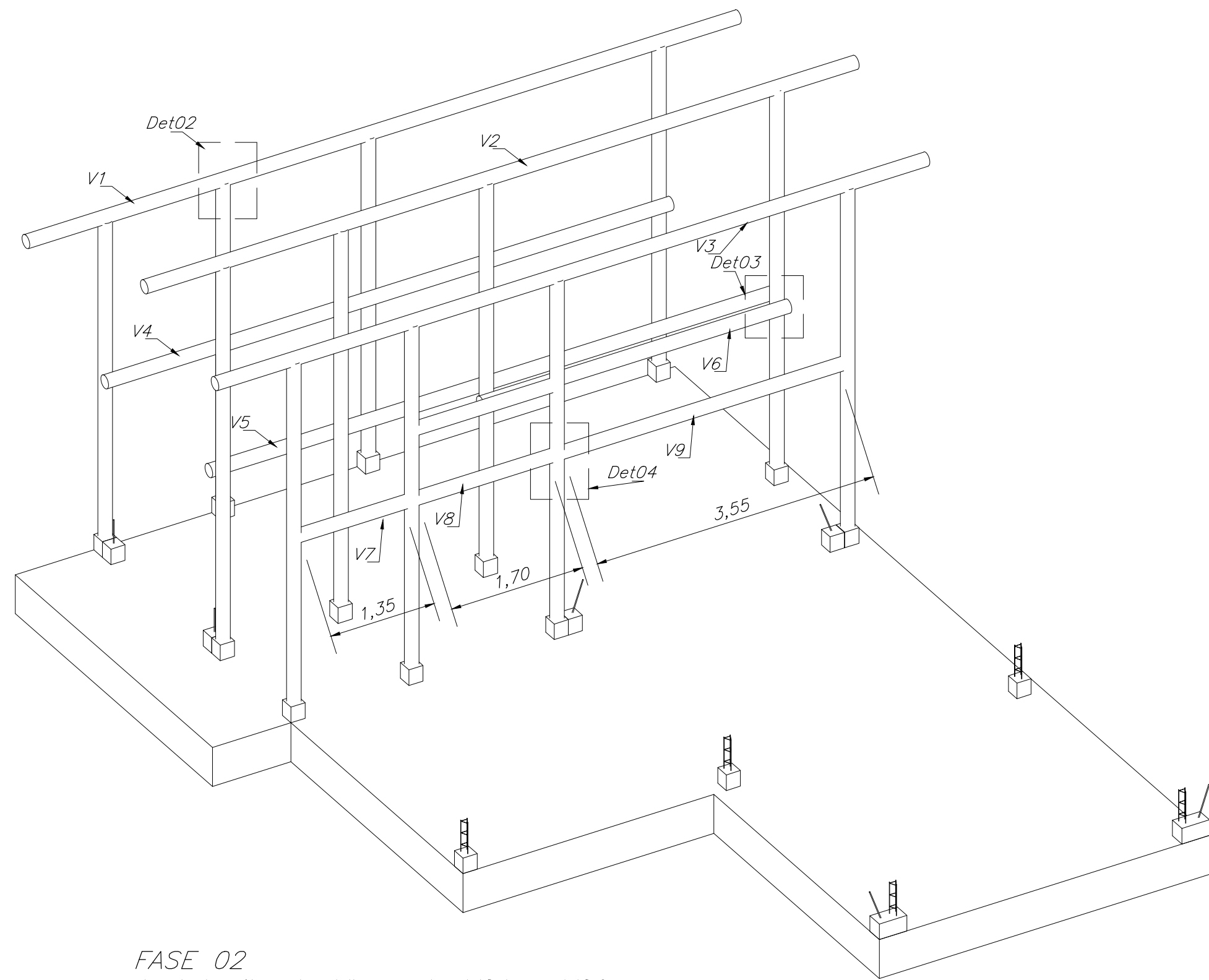
ESCALA: INDICADA

ARQUIVO: BIO-EST-BAMBU-03

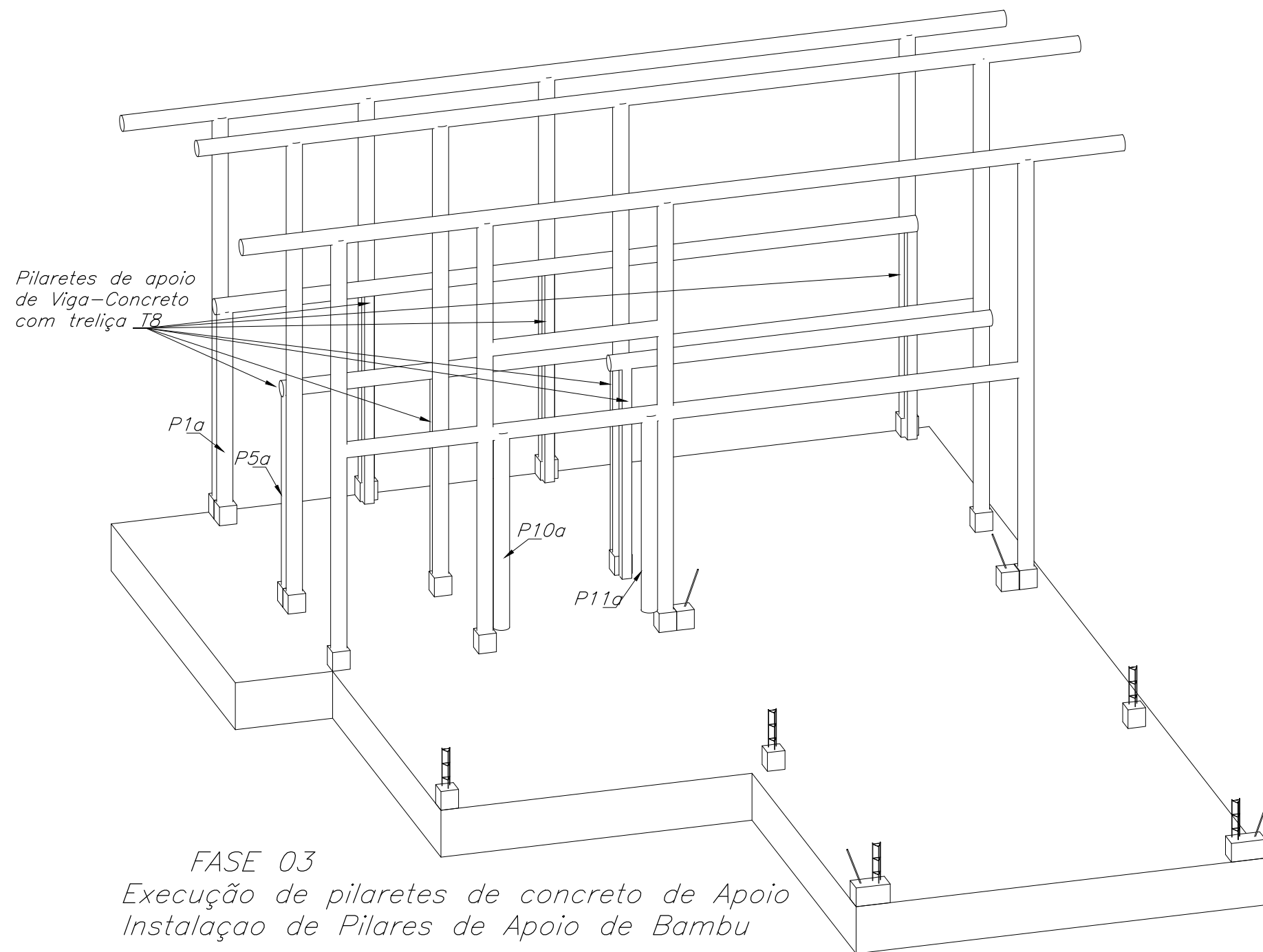
**ANEXO B – Folha 2 do projeto da Cabana Belchior – Bioestrutura Engenharia**



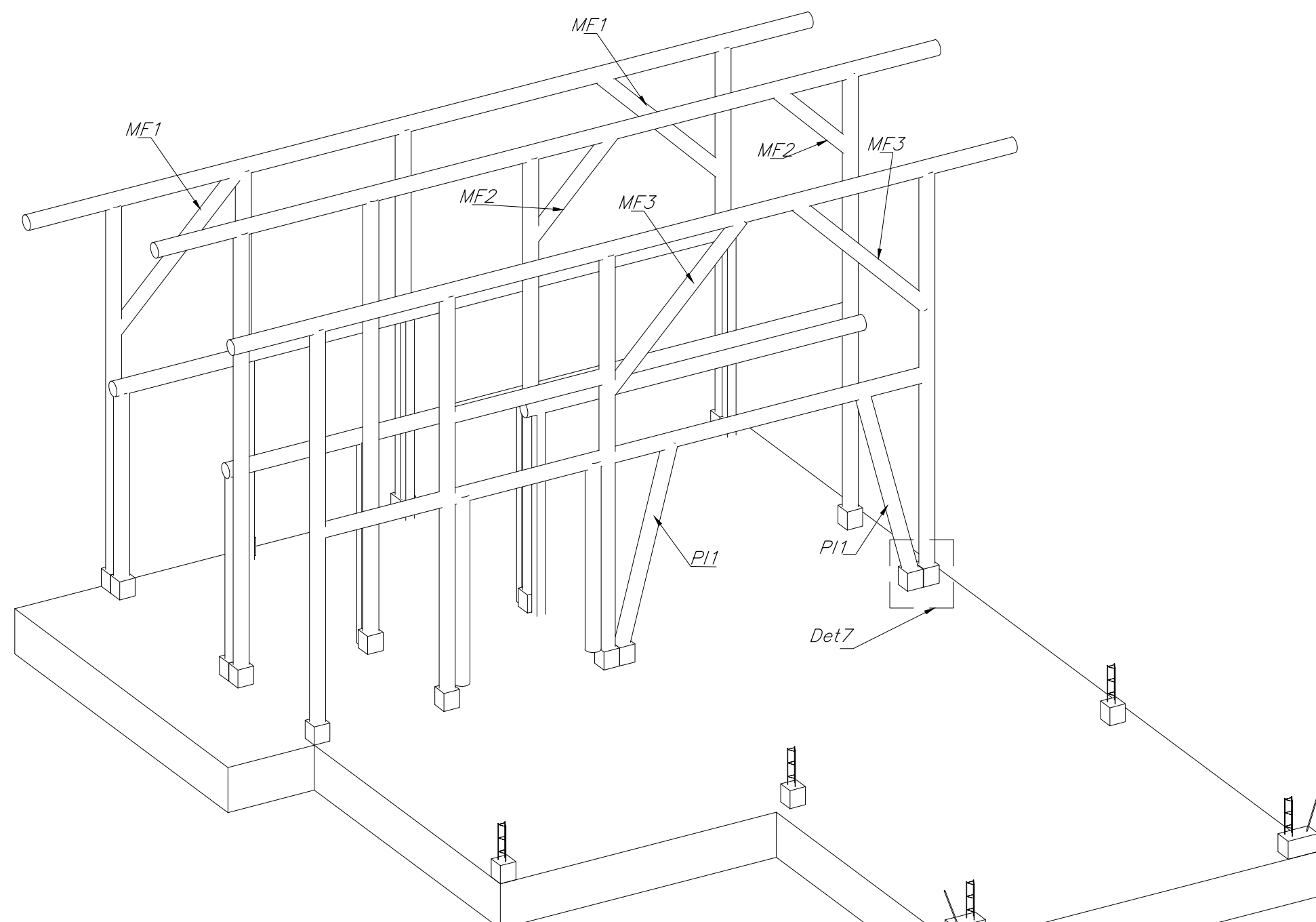
FASE 01  
Pilaretes com esperas  
Instalação de Pilares P01 a P12



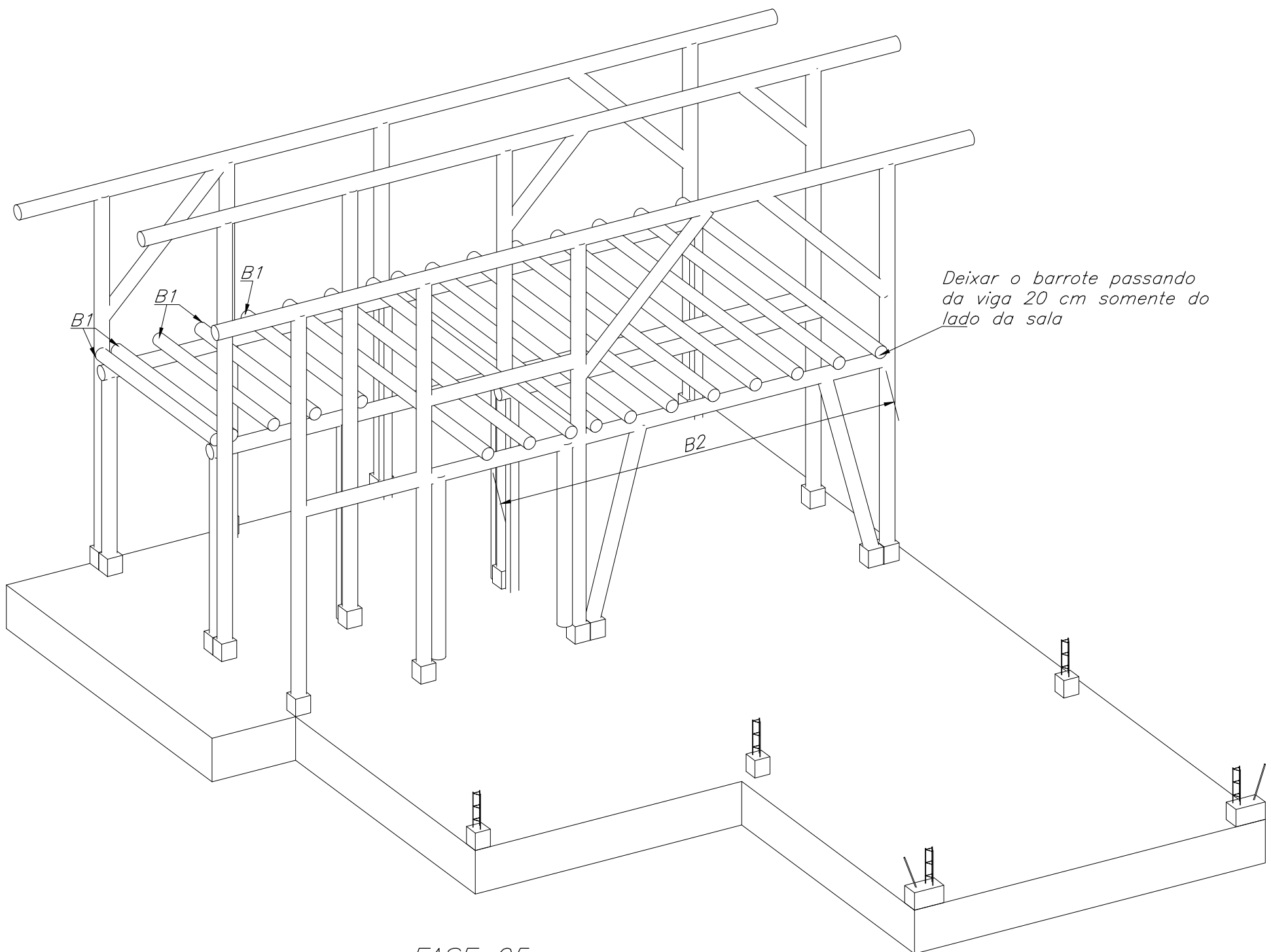
FASE 02  
Instalação de Vigas de V01 a V09



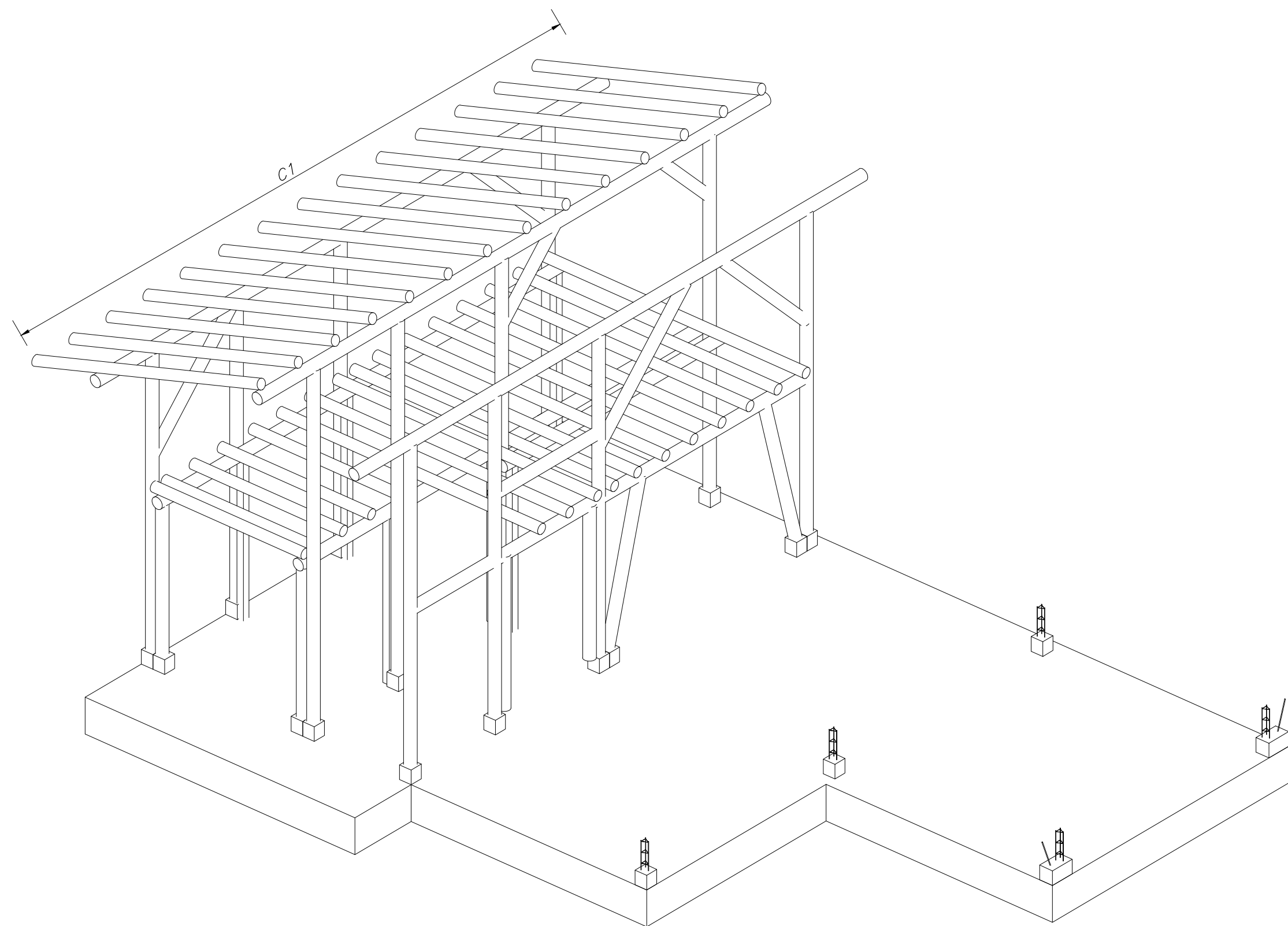
FASE 03  
Execução de pilaretes de concreto de Apoio  
Instalação de Pilares de Apoio de Bambu



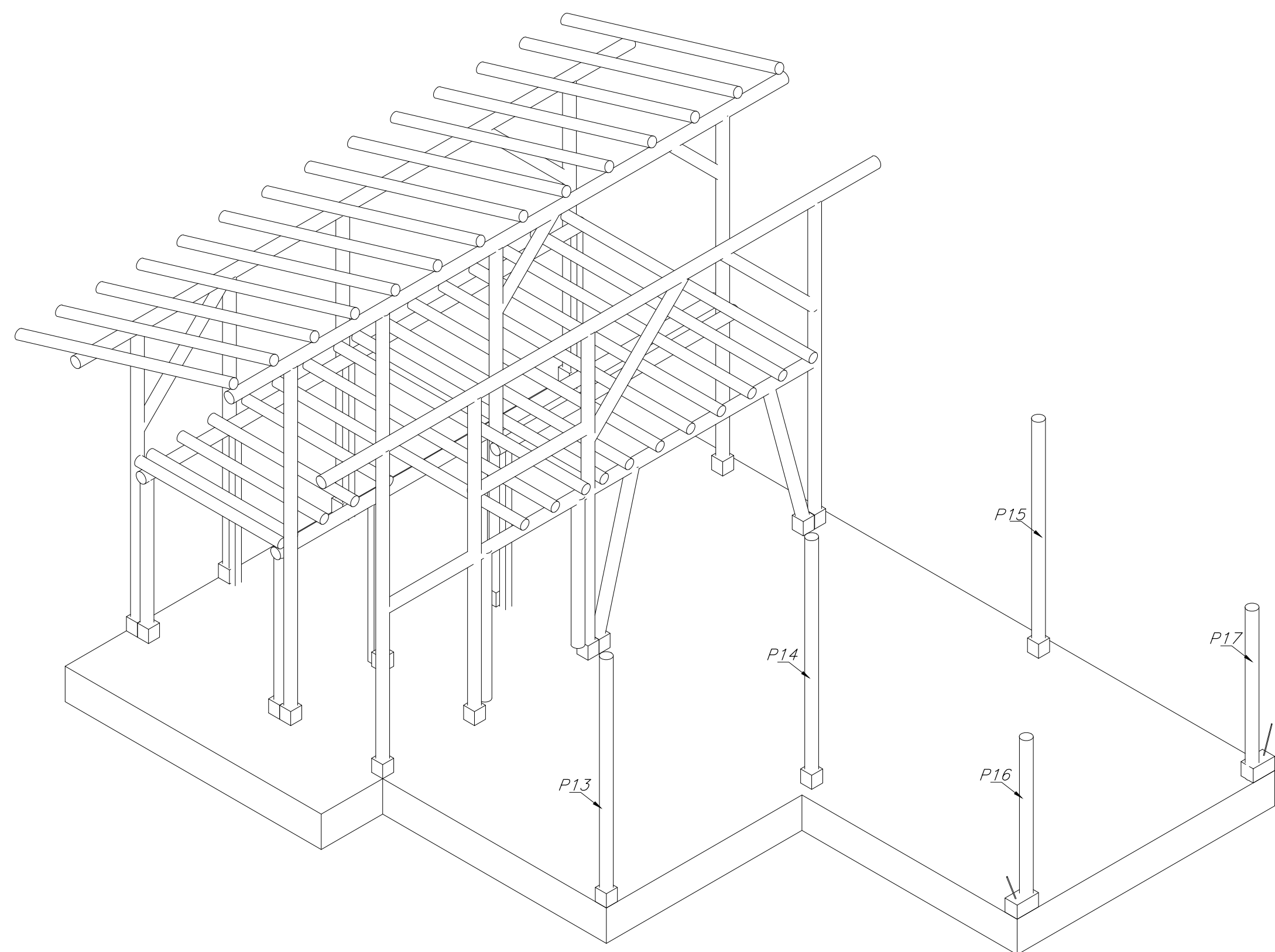
FASE 04  
Instalação Mãos Francesas MF1, MF2 e MF3  
Instalação de pilares Inclinaos PI 01



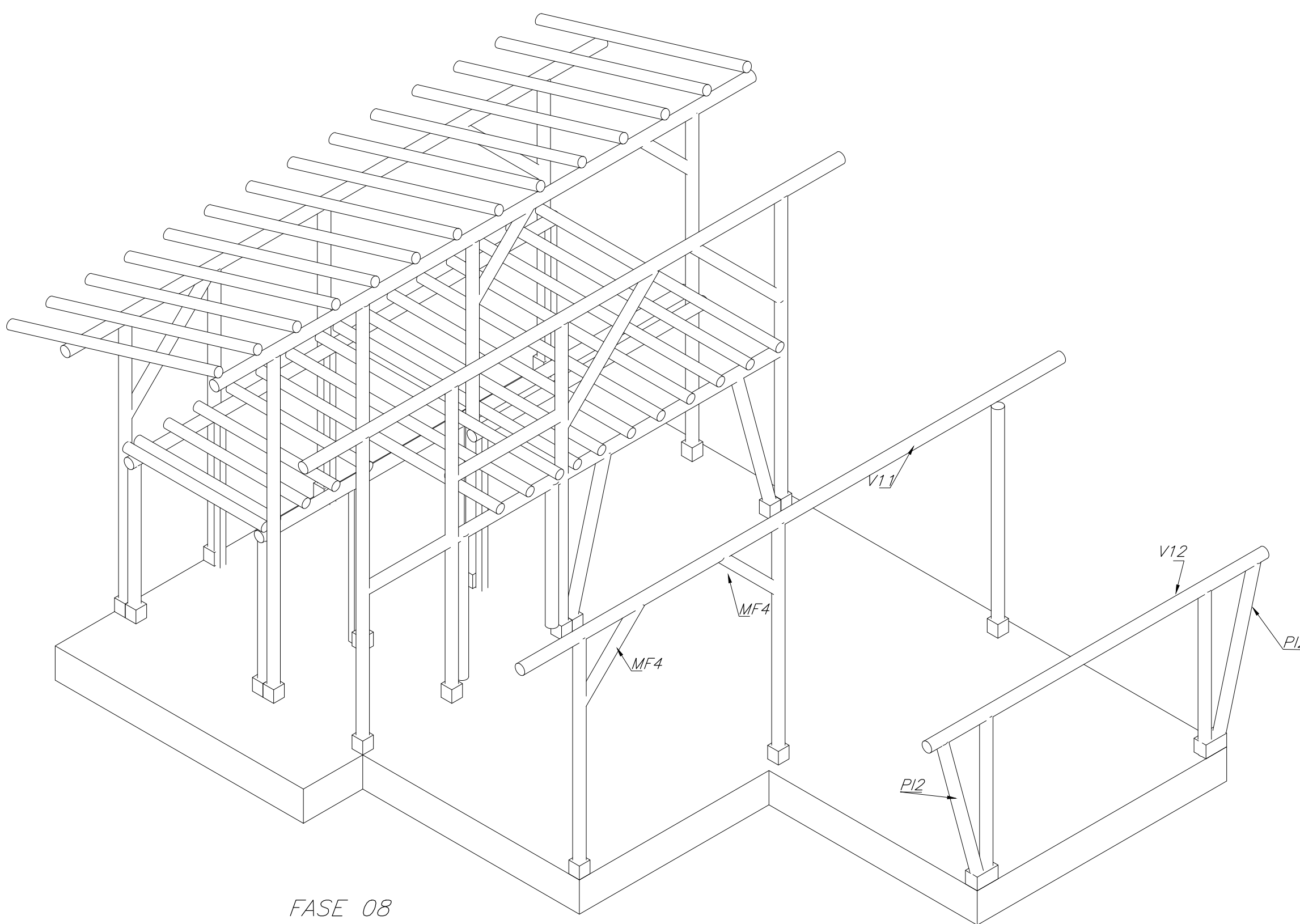
FASE 05  
Instalação de Barrotes B1 e B2  
Instalação de Esteiras de piso



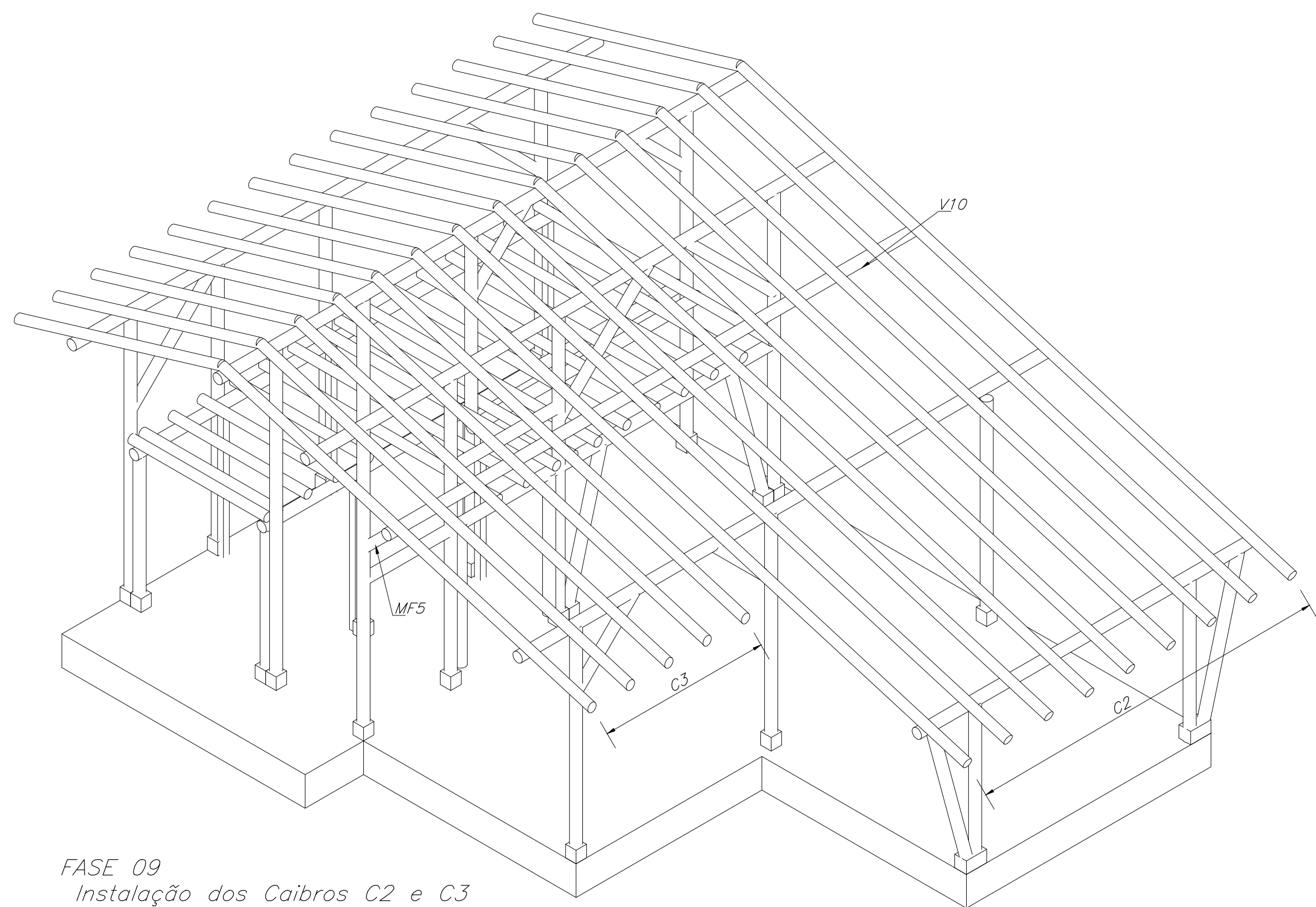
FASE 06  
Instalação de Caibros C1



FASE 07  
Instalação dos pilares P13 a P17



FASE 08  
Instalação das Vigas V11 e V12  
Instalação dos PI 02  
Instalação de MF4



FASE 09  
Instalação dos Caibros C2 e C3  
Instalação da Viga V10 e MF04  
Instalação de Forro na parte interna da Casa

|                                                      |            |                        |                  |
|------------------------------------------------------|------------|------------------------|------------------|
| PROJETO DE ESTRUTURAS EM BAMBU DE CASA EM CAVALCANTE |            |                        |                  |
| ESTRUTURA - BAMBU                                    |            |                        |                  |
| FOLHA:                                               | P-0        | Isométrico -Faseamento |                  |
| DATA:                                                | Abril 2023 | ESCALA:                | INDICADA         |
|                                                      |            | ARQUIVO:               | BIO-EST-BAMBU-02 |