

Referências bibliográficas

ALVARES, L. R. A. **Cúpula Catenária de “Fibrobarro” estruturado com bambu – Conceção e Processo Construtivo**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Design da PUC-Rio. Rio de Janeiro - RJ, 2008 – 102p.

ANGRIZANI, C.A.; VIEIRA, C.A.B.; ZATTERA, A.J.; FREIRE, E.; SANTANA, R.M.C.; AMICO, S.C. – **Influência do Comprimento da Fibra de Sisal e do seu Tratamento Químico nas Propriedades de Compósitos com poliéster** – 17º CBESIMat – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais – Nov. 2006 – Foz do Iguaçu – PR.

ARSÈNE, M.A.; SAVASTANO, H.JR.; ALLAMEH, S.M.; GHAWAMI, K.; SOBOYEJO, W.O. **Cementitious Composites Reinforced with Vegetable Fibers**. Apresentado no 1º IAC-NOCMAT – João Pessoa – PB, 2003. 27p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 15.220 Desempenho térmico de edificações** (2005).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 15.575 Edifícios habitacionais de até 5 pavimentos - Desempenho** (2008).

BAKER, N – **Passive and Low Energy Building Design for Tropical Island Climstes**. Commonwealth Science Council – Londres – Inglaterra, 1987 – 197p.

BELMIRO, A. **O Livro dos Nós: de trabalhos decorativos**. Ediouro Publicações S.A. 10ª edição – Rio de Janeiro – RJ, 2004 – 134p.

BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, C. **Introdução a Ventilação Natural**. EDUFAL – Maceió – AL, 2005 – 147p.

BORSOI, A. G; GUERRA, G. **Política Social do Mocambo**. In Arquitetura Nº13. Rio de Janeiro: IAB-GB, 1963.

BORSOI, A. G; GUERRA, G. **Cajueiro Seco, uma experiência em Construção**. In Arquitetura Nº 16. Rio de Janeiro: IAB-GB, 1963.

BROWN, G.Z; DeKAY, M. **Sol, Vento e Luz: estratégias para o projeto de arquitetura**. Artmed Editora S.A. – Porto Alegre – RS, 2004 – 415p.

CAMPOS, D. M.; CORREIA DE MELO, J. V.; RIPPER, J.M. **Textile-Architecture Structured on Bamboo Culms**. Key Engineering Materials Vol.517 (189-196p.) - Trans Tech Publications – Switzerland, 2012.

CAMPOS, D. M., CORREIA DE MELO, J. V. **Domo de bambu de base quadrada derivado da geodésica. II Seminário Brasileiro do Bambu - Anais**, (p. 20). Rio Branco – AC, 2010.

CARVALHO, B.A. **Ecologia Aplicada ao Saneamento Ambiental**. ABES – Rio de Janeiro – RJ, 1980 – 368p.

CORBELLA, O; YANNAS, S. **Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos**. Editora Revam, Rio de Janeiro, - RJ, 2003 – 287p.

CORREIA DE MELO, J. V. **Modelos em Linguagem Mecânica e Modelos em Linguagem Eletrônica: as interações na metodologia do LILD**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Design da PUC-Rio (orientador José Luiz Mendes Ripper) - Rio de Janeiro - RJ, 2011.

CORREIA DE MELO, J.V.; RIPPER, J. M. & TEIXEIRA FILHO, W. **Procedimentos para Construção de um Protótipo de Sala de Aula Sem Fundações em Condições de Uso com Estrutura de Bambu e Vedação em Fibrobarro**, 10º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, São Luis – MA, 2012 – p508 a 523.

CORREIA DE MELO, J. V.; RIPPER, L.A.; RIPPER, J. M.; TEIXEIRA FILHO, W. **The Bubble Hall: Bamboo reticular geodesic structure with the shape of a soap bubble**. 14th nocmat – anais, João Pessoa - PB, 2012 – 11p.

CORREIA DE MELO, J. V., RIPPER, J. M., & YAMAKI, R. T. **Formfinding Process for Bamboo Structures**. *World Bamboo Congress*, (p. 12). Antwerp, 2012.

COSTA, Lúcio. **Anteprojeto para a Villa de Monlevade**. Memorial Descritivo. *Revista da Directoria de Engenharia*, Rio de Janeiro, v. 3, n. 3, maio 1936.

DETHIER, J. **Arquitetura de Terra: o futuro de uma tradição milenar**. Avenir Editora Ltda. Rio de Janeiro – RJ, 1982 – 208p.

DUNKELBERG, K. **I L 31 Bambus Bamboo**. Institut für Flächentragwerker-Universität Stuttgart. Alemanha, 1985 – 432p.

FATHY, H. **Construindo com o Povo** – arquitetura para os pobres – Editora da Universidade de São Paulo, S.P, 1980 – 261p.

FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. **Manual de Conforto Térmico**. Livraria Nobel – São Paulo – SP, 1987 – 228p.

FUNDAÇÃO CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DAS APLICAÇÕES DE MADEIRAS DO BRASIL. – **Taipa em Painéis Modulados** – sistemas construtivos 3 – 2ª edição – Brasília – MEC/CEDATE, 1988 – 75p.

GASPAR, M. **Sambaqui: arqueologia do litoral brasileiro**. Jorge Zarar Editora – Rio de Janeiro – RJ, 2000 – 89p.

GIVONE, B. **Confort, Climate, Analysis and Building Design Guildlines**. *Energy and Building* vol 18, jul de 1992, p. 11-23.

HERTZ, J.B. **Ecotécnicas em Arquitetura: como projetar nos trópicos úmidos do Brasil**. Pioneira Thomson Learning – São Paulo – SP, 2003 – 125p.

HIDALGO, Oscar López. **Bamboo, The Gift of The Gods**. 1. ed. Bogotá, Bogotá – Colombia, 2003 - 553p.

ILLICH, I. **A Convivencialidade**. Publicações Europa-América - Lisboa, Portugal, 1976 – 140 p.

LAMBERT, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. PW – São Paulo – S.P, 1997 – 188p.

LEME, F.B.P. **O Fibrosolo como Pele para a Construção**. *da tradição construtiva do homem do campo, aos espaços habitados pelo homem da cidade. Um conceito de aeração das moradias a partir da aplicação construtiva de cascas, placas e folhas de fibrosolo*. Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Design da PUC-Rio (orientador José Luiz Mendes Ripper). Rio de Janeiro - RJ, 2008 – 240p.

MASCARÓ, L.R. **Luz, Clima, Arquitetura**. Livraria Nobel S.A., São Paulo – SP. 189p.

MANZINE, E.; VEZZOLI, C. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis – Os requisitos ambientais dos produtos sustentáveis**. Editora da Universidade de São Paulo, 2008 – 366p.

MILANEZ, A. - Ministério da Saúde – Serviço Especial de Saúde Pública - **Casa de Terra**. As técnicas de estabilização do solo a serviço do homem do campo. Rio de Janeiro, 1958 – 122p.

MINKE, G. **Manual de construccion en tierra**. Montevideo, Uruguay: Editorial Nordan-Comunidad, 2001 – 222p.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – **Norma Regulamentadora 15 - Atividades e Operações Insalubres**. Publicação. D.O.U. Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO– **Norma Regulamentadora 17 – Ergonomia**. Publicação: D.O.U. Portaria nº 3.751, de 23 de novembro de 1990.

MOREIRA, L.E.; RIPPER, J.L.M.; SILVA, M.F. **Métodos de Ensino de Design de Produtos e sua Aplicação às Estruturas da Engenharia Civil**. Congresso Brasileiro do Ensino em Engenharia COBENGE. **Anais**. Brasília 2004.

MOREIRA, L. E. (2008). **Jogo das formas: ontogênese e design dos objetos**. Rio de Janeiro: Relatório de Pós Doutorado em Design – CNPQ, Brasil

OLGYAY, V; OLGAY, A. **Design with Climate: bioclimatic approach to architectural regionalism**. Princeton University Press – New Jersey – USA, 1963 – 190p.

PAPANEEK, V. **Arquitetura e Design: ecologia e ética**. Edições 70 – Lisboa – Portugal, 2007 – 286p.

PEREIRA, M.A.R. e BERALDO, A.L. **Bambu de Corpo e Alma**. Bauru, São Paulo; Canal 6 Editora, 2008 – 239p.

PROCEL – Ministério das Cidades. **Eficiência Energética em Edificações de Interesse Social** – Cadernos Mcidades Parcerias V.9 – Brasília – DF, 2005 – 113p.

RIBEIRO, B.G. **Suma Etnológica Brasileira V.2.** – 2ª edição - Editora Vozes – Rio de Janeiro – RJ, 1987 - 448p.

RIPPER, J. L., MOREIRA, L. E., & UBÉSIO, A. **Cúpula Geodésica de Bambu. Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira - Anais** (p. 12). Belo Horizonte: EEUFMG. 1995

RIPPER, J. M., CAMPOS, D. M., & MELO, J. V. **Textile-architecture Structured on Bamboo Culms. IC-NOCMAT-2011 Book of Abstracts**, (p. 12). Changsha, China, 2011.

RIVERA, J.C. **A Toxidade na Indústria Naval: Uma proposta de Design a Partir de Técnicas Construtivas**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Design da PUC-Rio (orientador José Luiz Mendes Ripper). Rio de Janeiro - RJ, 2011 – 95p.

SANTOS, V.J. **A Técnica do “Fibrobarro” Armado Aplicada na Construção de Objetos de Uso Comunitário**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Design da PUC-Rio (orientador José Luiz Mendes Ripper). Rio de Janeiro - RJ, 2012 – 130p.

SILVA, M.F. **Disseminação de Tecnologias Acessíveis Desenvolvidas no LILD em Estruturas Treliçadas Leves de Bambu Amarradas e Autotensionadas**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Design da PUC-Rio (orientador José Luiz Mendes Ripper). Rio de Janeiro - RJ, 2010 – 88p.

STADEN, H. **A Verdadeira História dos Selvagens, Nus e Ferozes Devoradores de Homens: encontrados no Novo Mundo, a América**. (Tradução de Pedro Sússekind) Dante Editora e Livraria - Rio de Janeiro – RJ, 1998 – 189p.

TEIXEIRA FILHO, W.S. **Utilização do Cobogó para Conforto Térmico – Estudo de Caso: Reforma do Instituto Philippe Pinel – Prédio “C”**, Dissertação de Mestrado, 1995 (orientador Oscar Corbella) – Rio de Janeiro, RJ – 109p.

TOLEDO, E. **Ventilação Natural das Edificações**. EDUFAL – Maceió – AL, 1999 – 169p.

TOLEDO FILHO, R.D. **Materiais Compósitos Reforçados com Fibras Naturais**: caracterização experimental –Tese de Doutorado – orientador Khosrow Ghavami - Departamento de Engenharia Civil PUC-Rio – RJ, 1997 – V.1. 303p.

TOLEDO FILHO, R.D.; England, G.L.; GHAVAMI, K. - **Comportamento em Compressão de Argamassas Reforçadas com Fibras Naturais** – Relação Tensão-deformação Experimental e Processo de Fratura. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental – Campina Grande, 1997– V. 1 – p. 79-81.

TUFANO, D. **A Carta de Pero Vaz de Caminha: comentada e ilustrada**. Editora Moderna, São Paulo – SP, 1999 – 64p.

VAN VLACK, L. H. **Princípios de Ciência dos Materiais** – Editora Edgard Blucher Ltda. 1970 – São Paulo – 427p.

WEIMER, G. **Arquitetura Popular Brasileira**. Martins Fontes – São Paulo – SP, 1987 – 228p.

XAVIER, A; Brito, A; Nobre, A. L. **Arquitetura Moderna no Rio de Janeiro**. Editora PINI – São Paulo – SP, 1991 – 315p.

XAVIER, L.M. **Taipa de Sopapo**: Anacronismo ou Instrumento de Sustentabilidade na Mata Atlântica? - Tese de Doutorado (orientador José Luiz Mendes Ripper) apresentada ao Programa de Pós-graduação em Design da PUC-Rio. Rio de Janeiro – RJ, 2009 - 162p.

YAMAKI, R. T. **O uso da miniatura no desenvolvimento e passagem de formas técnicas: subjetividade e materialidade**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Design da PUC-Rio (orientador José Luiz Mendes Ripper) Rio de Janeiro – RJ, 2012 – 112p.

Apêndice 1 – Placas de fibrobarro: cálculo da densidade

Pesagem do barro no Laboratório de Estruturas e Materiais do Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio, em nov./dez. 2012:

Peso médio de 1l de barro peneirado na peneira nº 4 e solto = 1,115kg.

Obs.: este peso varia com a granulometria do barro peneirado. Quanto mais finos os grãos, maior o peso pelo mesmo volume.

Depois de confeccionadas as placas de barro no LILD, aguardamos 30 dias para efetuar a pesagem e medição de suas dimensões, cujos resultados apresentamos na tabela 8.

Tabela 8: Comparação do peso com a densidade aparente de placas de barro.

Placas de barro	Peso (kg) ¹	Dimensões (m) ²	Volume (m ³)	Densidade aparente (kg/m ³) ³
Só barro	1,041	0,178 x 0,311 x 0,0095	0,0005259	1979,50
Barro + 22g de sisal	1,066	0,18 x 0,321 x 0,01	0,0005778	1844,90
Barro + 44g de sisal	1,083	0,185 x 0,324 x 0,01	0,0006179	1752,70
Barro + 66g de sisal	1,106	0,192 x 0,365 x 0,01	0,0007004	1579,10

¹ O fato de o peso da placa de barro ser menor do que o peso do barro peneirado antes da preparação e lançamento da mescla na forma é devido às perdas no processo de amassamento da mescla, de lançamento na forma e na desforma.

² Os valores das dimensões de comprimento e da espessura da placa foram resultantes de compensações da variação da borda, no comprimento, e das ondulações superficiais das placas.

³ Os valores apresentados na tabela 6 do item 4.6 são arredondamentos dos obtidos no cálculo da densidade aparente.

Apêndice 2 – Cálculo da transmitância térmica e capacidade térmica: parede de fibrobarro

Para calcular a espessura de uma vedação de fibrobarro de modo a alcançar a transmitância térmica (U) permitida pela Norma ABNT NBR 15.575¹ temos que dispor dos seguintes dados:

- i) Coeficiente de transmissão térmica do material de vedação. Neste caso adotaremos o valor, indicado por Minke², de 0,8W/mK para tijolos de barro com densidade de 1.600kg/m³;
- ii) Resistência superficial externa (R_{se}) de 0,04 m²K/W, obtida na tabela A.1 – Anexo I, p. 10 da NBR 15.220-2;
- iii) Resistência superficial interna (R_{si}) de 0,13 m²K/W, obtida na tabela A.1 – Anexo I, p. 10 da NBR 15.220-2.

Como a transmitância térmica é o inverso da resistência térmica total (NBR 15.220-1, 2005, p.2 – tabela 1) e a resistência térmica total é o somatório das resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento, incluindo as resistências superficiais, então: $\frac{1}{U} = R_{se} + R_{\text{fibrobarro}} + R_{si}$.

A resistência térmica de um elemento é igual à sua espessura dividida pelo seu coeficiente de transmissão térmico, então: $R_{\text{fibrobarro}} = \frac{\text{espessura}}{0,8\text{W/mK}}$.

Cálculo da espessura para paredes de cores claras:

$$\frac{1}{3,7\text{W/m}^2} = \frac{0,04\text{m}^2\text{K}}{W} + \frac{\text{espessura(m)} K}{W} + \frac{0,13\text{m}^2\text{K}}{W} \Rightarrow$$

$$\frac{0,27\text{m}^2\text{K}}{W} = \frac{0,17\text{m}^2\text{K}}{W} + \frac{\text{espessura(m)} K}{W} \Rightarrow$$

$$\frac{0,27\text{m}^2\text{K}}{W} - \frac{0,17\text{m}^2\text{K}}{W} = \frac{\text{espessura(m)} K}{W} \Rightarrow \frac{0,1\text{m}^2\text{K}}{W} \times \frac{0,8W}{\text{mK}} \Rightarrow 0,08\text{m}$$

A espessura mínima de uma parede externa de fibrobarro deve ser de 8cm, se sua superfície for clara.

Cálculo da espessura para paredes de cores escuras:

$$\frac{1}{2,5\text{W/m}^2} = \frac{0,04\text{m}^2\text{K}}{W} + \frac{\text{espessura(m)} K}{W} + \frac{0,13\text{m}^2\text{K}}{W} \Rightarrow$$

¹ Norma NBR 15.575 – Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos – Desempenho – Parte 4: Requisitos para sistema de vedações verticais externas e internas, Item 11: Desempenho térmico, Tabela 14: Transmitância térmica de paredes externas: para $\alpha \leq 0,6$ (paredes claras) $\Rightarrow U \leq 3,7$ W/m²K e para $\alpha > 0,6$ (paredes escuras) $\Rightarrow U \leq 2,5$ W/m²K.

Estes dados foram extraídos da coluna para as *Zonas climáticas* 3, 4, 5, 6, 7 e 8, (devido à Cidade do Rio de Janeiro estar na Zona bioclimática 8, de acordo com a Norma 15.220-3, Anexo A).

Obs: (α) significa a absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.

² MINKE, 2001, p. 39, tabela 2.5.1.

$$\frac{0,40\text{m}^2\text{K}}{W} = \frac{0,17\text{m}^2\text{K}}{W} + \frac{\text{espessura(m)} K}{W} \Rightarrow$$

$$\frac{0,40\text{m}^2\text{K}}{W} - \frac{0,17\text{m}^2\text{K}}{W} = \frac{\text{espessura(m)} K}{W} \Rightarrow \frac{0,23\text{m}^2\text{K}}{W} \times \frac{0,8W}{\text{mK}} \Rightarrow 0,184\text{m}$$

A espessura mínima de uma parede externa de fibrobarro deve ser de 18,4cm, se sua superfície for escura.

Quanto à capacidade térmica (CT) ou inércia térmica das paredes externas, segundo a Norma 15.575-4, p. 20 – Tabela 15, é exigido $CT \geq$ a 130, para as Zonas bioclimáticas de nº 1 a 7, sendo que não há exigências para a Zona bioclimática 8, onde está a Cidade do Rio de Janeiro. A capacidade térmica (CT) é calculada multiplicando a espessura do material pelo seu calor específico e por sua densidade:

Calor específico do fibrobarro⁴ = 1kJ/kgK;

Densidade da placa com 66kg/m³ de sisal = 1580kg/m³.

Então, para se obter uma capacidade térmica mínima de 130kJ/m²K, temos:

$$\frac{130\text{kJ}}{\text{m}^2\text{K}} : \left(\frac{1\text{kJ}}{\text{kgK}} \times \frac{1580\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \text{espessura} \Rightarrow 0,083\text{m}$$

Para atender a Norma 15.575 quanto à capacidade térmica da parede, bastam 8,3cm de espessura de fibrobarro.

³ MINKE, 2001, p. 31.

Apêndice 3 – Cálculo de transmitância térmica em coberturas de fibrobarro

Para calcular a espessura de uma cobertura de fibrobarro de modo a alcançar a transmitância térmica (U) permitida pela Norma ABNT NBR 15.575, temos que dispor dos seguintes dados:

- i) Coeficiente de transmissão térmica do material de vedação. Neste caso, adotaremos o valor, indicado por Minke, de 0,8W/mK para tijolos de barro com densidade de 1.600kg/m³ (MINKE, 2001, p. 39 – tabela 2.5.1);
- ii) Resistência superficial externa (R_{se}) de 0,04 m²K/W, para fluxo descendente, obtida na tabela A.1 – Anexo I, p. 10 da NBR 15.220-2;
- iii) Resistência superficial interna (R_{si}) de 0,17 m²K/W, para fluxo descendente, obtida na tabela A.1 – Anexo I, p. 10 da NBR 15.220-2.

Como a transmitância térmica é o inverso da resistência térmica total (NBR 15.220-1, 2005, p. 2 – tabela 1) e a resistência à resistência térmica total é o somatório das resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento, incluindo as resistências superficiais (ibid.), então: $\frac{1}{U} = R_{se} + R_{fibrobarro} + R_{si}$.

A resistência térmica de um elemento é igual à sua espessura dividida pelo seu coeficiente de transmissão térmico (ibid.), então: $R_{fibrobarro} = \frac{\text{espessura}}{0,8W/mK}$.

Cálculo da espessura para coberturas de cores claras:

$$\frac{1}{2,3W/m^2} = \frac{0,04m^2K}{W} + \frac{\text{espessura}(m) K}{W} + \frac{0,17m^2K}{W} \Rightarrow$$

$$\frac{0,435m^2K}{W} = \frac{0,21m^2K}{W} + \frac{\text{espessura}(m) K}{W} \Rightarrow$$

$$\frac{0,435m^2K}{W} - \frac{0,21m^2K}{W} = \frac{\text{espessura}(m) K}{W} \Rightarrow \frac{0,225m^2K}{W} \times \frac{0,8W}{mK} \Rightarrow 0,18m$$

A espessura mínima de uma cobertura de fibrobarro deve ser de 18cm, se sua superfície for clara.

Cálculo da espessura para coberturas de cores escuras:

$$\frac{1}{1,5W/m^2} = \frac{0,04m^2K}{W} + \frac{\text{espessura}(m) K}{W} + \frac{0,17m^2K}{W} \Rightarrow$$

$$\frac{0,666m^2K}{W} = \frac{0,21m^2K}{W} + \frac{\text{espessura}(m) K}{W} \Rightarrow$$

$$\frac{0,666m^2K}{W} - \frac{0,21m^2K}{W} = \frac{\text{espessura}(m) K}{W} \Rightarrow \frac{0,456m^2K}{W} \times \frac{0,8W}{mK} \Rightarrow 0,57m$$

A espessura mínima de uma parede externa de fibrobarro deve ser de 57cm, se sua superfície for escura.

Apêndice 4 – Cálculo da densidade do fibrobarro no painel com miolo de isopor

Para calcular a densidade do fibrobarro das faces do painel de isopor, pesamos os painéis e abatemos o peso de 0,054kg referente ao miolo de isopor, que, no caso, apresenta densidade de 22kg/m³.

$$0,28 \times 0,30 \times 0,03\text{m} = 0,00252\text{m}^3, \text{ então: } \frac{0,055\text{kg}}{0,00252\text{m}^2} = 22\text{kg/m}^3$$

Descontando o peso do isopor: 3,98Kg – 0,055kg = 3,925kg

As faces do painel, com 1,5cm de espessura, formam volume igual ao do isopor:

$$0,28 \times 0,30 \times 0,03\text{m} = 0,00252\text{m}^3, \text{ então: } \frac{3,925\text{kg}}{0,00252\text{m}^2} = 1.557,53\text{kg/m}^3$$

A densidade dessa placa de fibrobarro é de aproximadamente 1.558kg/m³

Apêndice 5 – Cálculo da transmitância térmica no painel com miolo de isopor

Calculamos a transmitância térmica do painel de fibrobarro com miolo de isopor seguindo os procedimentos prescritos na norma ABNT NBR 15.220, que, para componentes com camadas homogêneas, adota as seguintes fórmulas: $U = 1 / RT$, onde “U” é a transmitância térmica do painel e “RT” é a resistência total anteposta pelo painel à passagem da onda de calor entre ambientes. A resistência total (RT) é a soma das resistências superficial externa e interna com a resistência face a face do painel (R_t).

Já a resistência face a face do painel (R_t), ou resistência do componente – como é designado na NBR 15.220-2, é a soma das resistências oferecidas por cada camada, que, no caso deste painel, são duas camadas de fibrobarro ($R_{\text{fibrobarro}}$) e uma de isopor (R_{isopor}). Para calcularmos estas resistências das camadas temos que dividir a condutibilidade térmica de cada material (λ) por sua espessura.

Para calcular a resistência térmica do fibrobarro ($R_{\text{fibrobarro}}$) adotaremos a condutibilidade térmica ($\lambda_{\text{fibrobarro}}$) de 0,7W/mK, resultado da interpolação entre 0,6W/mK para a densidade de 1.500kg/m³ e 0,8W/mK para a densidade de 1.600kg/m³, já que a densidade obtida nesta placa de fibrobarro foi de aproximadamente 1.556kg/m³. Como a espessura de cada camada é de um centímetro e meio (0,015m), temos que dividir 0,03m / 0,7W/mK, ou seja, $R_{\text{fibrobarro}} = 0,0428\text{m}^2\text{K/W}$.

No caso do isopor a condutibilidade térmica (λ_{isopor}) é de 0,04W/mK, como expresso na tabela B.3 da NBR 15.220, então a resistência térmica do miolo do painel com três centímetros de espessura é (R_{isopor}) = 0,03m / 0,04W/mK = 0,75m²K/W.

Desse modo, a resistência face a face do painel (R_t) = 0,0428m²K/W + 0,75m²K/W = 0,7928m²K/W, que, se somada à resistência superficial externa (R_{se}) e à resistência superficial interna (R_{si}) – definidas pela tabela A1 da NBR 12.220 com valores respectivos de 0,04m²K/W e 0,13m²K/W, teremos a resistência total do painel (RT) = 0,9628m²K/W. Como a transmitância térmica (U) é igual 1 / RT, então a transmitância térmica do painel de fibrobarro com miolo de isopor e espessura total de 6cm será: 1,039 W/m²K, atendendo com folga às exigências mínimas de conforto térmico da NBR 15.575-4, que na tabela 14

estabelece: para paredes cuja absorvência superficial da radiação solar for menor que 0,6 (paredes claras), a transmitância será menor ou igual a $3,7\text{W/m}^2\text{K}$; para paredes cuja absorvência superficial for maior do que 0,6 (paredes escuras), a transmitância será menor ou igual a $2,5\text{W/m}^2\text{K}$.

Apêndice 6 – Cálculo da densidade do fibrobarro no painel de *honey-comb*

Para calcular a densidade do fibrobarro das faces do painel de *honey-comb*, pesamos o painel e abatemos o peso de 0,548kg referente ao miolo de *honey-comb*, pesado anteriormente à montagem do painel.

Como o peso do painel é de 13,6kg, então: $13,6\text{kg} - 0,548\text{kg} = 13,052\text{kg}$

A dimensão do painel é de 0,70 x 0,40m e sua espessura final resultou em 5,5cm. Descontada a espessura do *honey-comb* de 2,5cm, restam 3cm como soma das espessuras das faces de fibrobarro. Calculando o seu volume, temos:

$$0,70 \times 0,40 \times 0,03\text{m} = 0,0084\text{m}^3, \text{ então: } \frac{13,052\text{kg}}{0,0084\text{m}^3} = 1.553,81\text{kg/m}^3$$

A densidade dessa placa de fibrobarro é aproximadamente de **1.554kg/m³**

Apêndice 7 – Cálculo da transmitância térmica e capacidade térmica do painel com miolo de *honey-comb*

Para o cálculo da transmitância térmica deste painel, seguindo os procedimentos da NBR 15.220, temos que utilizar as fórmulas para componente com camadas não homogêneas e com câmara de ar não ventilada, em que a resistência específica do painel é obtida por seções. Adotamos uma simplificação para o cálculo, e foram desprezadas as faces que estruturam a colmeia do *honey-comb* com 1mm de espessura, reduzindo para apenas duas seções transversais: “a” – fibrobarro + *honey-comb* + fibrobarro; e “b” – fibrobarro + câmara de ar + fibrobarro.

Seguindo esse raciocínio, ao comprimir a colmeia de *honey-comb*, ela atingiu a espessura de 3cm, que se somada às áreas das faces estruturais inicialmente desprezadas resultariam numa tira de papelão de aproximadamente 4cm de espessura com o comprimento do painel de 70cm. Portanto, para efeitos de cálculo, a área da seção “a” é $0,04\text{m} \times 0,70\text{m} = 0,028\text{m}^2$. A área da seção “b” é o restante da área do painel: $0,36\text{m} \times 0,70\text{m} = 0,252\text{m}^2$, que somadas representam $0,28\text{m}^2$.

$$\text{A expressão da resistência face a face do painel (Rt) é: } R_t = \frac{A_a}{R_a} + \frac{A_b}{R_b}$$

Onde:

A_a = área da seção “a”

A_b = área da seção “b”

R_a = resistência da seção “a” = $R_{\text{fibrobarro}} + R_{\text{honey-comb}} + R_{\text{fibrobarro}}$

R_b = resistência da seção “b” = $R_{\text{fibrobarro}} + R_{\text{câmara de ar}} + R_{\text{fibrobarro}}$

A resistência da câmara de ar para fluxo horizontal entre superfícies de alta emissividade está definida na Tabela B.1 da NBR 15.220, para espessura da câmara entre 2 e 5cm, com o valor de $0,17\text{m}^2\text{K/W}$. Como a NBR 15.220 não apresenta valores para a condutibilidade térmica de papel ou papelão, adotamos para o *honey-comb* o valor de $0,17\text{W/mK}$, equivalente ao estabelecido na Tabela B.3 para aglomerados de partículas de madeira com densidade entre 650 e

700kg/m³. Para o fibrobarro adotamos o mesmo valor utilizado nos cálculos do painel com miolo de isopor: 0,7W/mK.

Assim teremos:

$$R_a = \frac{0,015\text{m}}{0,7\text{W/mK}} + \frac{0,025\text{m}}{0,14\text{W/mK}} + \frac{0,015\text{m}}{0,7\text{W/mK}} = 0,2214\text{m}^2\text{K/W}$$

$$R_b = \frac{0,015\text{m}}{0,7\text{W/mK}} + \frac{0,16\text{W/mK}}{0,7\text{W/mK}} + \frac{0,015\text{m}}{0,7\text{W/mK}} = 0,2214\text{m}^2\text{K/W}$$

$$R_t = \frac{0,028\text{m}^2}{0,2214\text{m}^2\text{K/W}} + \frac{0,252\text{m}^2}{0,2028\text{m}^2\text{K/W}} = 0,2045\text{m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = 0,04\text{m}^2\text{K/W} + 0,2045\text{m}^2\text{K/W} + 0,13\text{m}^2\text{K/W} = 0,3745\text{m}^2\text{K/W}$$

$U = 1 / R_T = 2,67\text{W/m}^2\text{K}$, ou seja, atende às exigências mínimas de conforto da NBR 15.575 para paredes claras, ficando perto até de atender paredes escuras, que é 2,5W/m²K. Essa transmitância térmica, para efeito de comparação, é próxima à da parede de alvenaria de meia vez com tijolos furados de oito furos, com 9cm de espessura e emboçada pelos dois lados, com espessura total de 14cm, cuja transmitância térmica indicada na Tabela D.3 da NBR 15.220 é de 2,49W/m²K.

Para atingir a transmitância de 2,50W/m²K basta aumentar a espessura das placas de fibrobarro para 2,5cm. Com isso, o peso do painel por metro quadrado passaria de 48,50 para 77,65kg/m², perdendo o sentido de leveza e mobilidade.

A conclusão sobre painéis de fibrobarro é que o miolo deva ser de material isolante térmico como, por exemplo, a resina expansiva de mamona.

Quanto à capacidade térmica CT ou inércia térmica das paredes externas, segundo a Norma, só serão computados os materiais a partir da câmara de ar voltados para a face interna, ou seja, 1,5cm de fibrobarro. Como CT é calculada pela espessura do material multiplicada pelo seu calor específico e por sua densidade, no caso do fibrobarro com 1.500kg/m³, teremos $CV = 0,015\text{m} \times 1\text{kJ/kg.K} \times 1554\text{kg/m}^3 = 23,31\text{kJ/m}^2\text{K}$, ou seja, muito distante da exigência da Norma para as zonas de conforto de nº 1 a 7, que é de 130 kJ/m²K.

Apêndice 8 – Cálculo da transmitância térmica através da telha calhetão em fibrobarro

Para o cálculo da transmitância térmica deste módulo de cobertura, seguindo os procedimentos da NBR 15.220, temos que utilizar as fórmulas para componente com camadas homogêneas, em que a resistência do painel é obtida pela soma das seções. Consideramos as seguintes seções para efeito de cálculo: camada superficial de resina com 1,5mm em cada face, somando 3mm de espessura; fibrobarro com 20mm em cada face, somando 40mm de espessura e a camada central de meia cana de bambu com a espessura da parede de 5mm.

Os valores do coeficiente de transmissão térmica foram obtidos na tabela B3 da NBR 15.220-2 (2005, p. 13), sendo o coeficiente da resina poliuretânica adaptado do coeficiente dos poliésteres. O valor da transmitância térmica do fibrobarro foi adaptado da tabela 2.5.1 do livro *Manual de Construcción en Tierra* (MINKE, 2001, p.39). Os valores da resistência térmica superficial externa e interna foram extraídos da tabela A1, do Anexo A da NBR 15.220-2, (2005, p. 10).

Como a transmitância térmica é o inverso da resistência térmica total (NBR 15.220-1, 2005, p. 2 – tabela 1) e a resistência térmica total é o somatório das resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento, incluindo as resistências superficiais (ibid.), então:

$$\frac{1}{U} = R_{se} + R_{resina} + R_{fibrobarro} + R_{bambu} + R_{si}.$$

A resistência térmica de um elemento é igual à sua espessura dividida pelo seu coeficiente de transmissão térmico (ibid.), então:

$$R_{resina} = \frac{0,003 \text{ m}}{0,4 \text{ W/mK}} = 0,0075 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{fibrobarro} = \frac{0,04 \text{ m}}{0,7 \text{ W/mK}} = 0,0571 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{bambu} = \frac{0,005 \text{ m}}{0,29 \text{ W/mK}} = 0,0172 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{A Resistência total (RT)} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} + 0,0075 \text{ m}^2\text{K/W} + 0,0571 \text{ m}^2\text{K/W} + 0,0172 \text{ m}^2\text{K/W} + 0,17 \text{ m}^2\text{K/W} = 0,2918 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{A transmitância térmica será: } \frac{1}{0,2918 \text{ m}^2\text{K/W}} = 3,43 \text{ W/m}^2\text{K}$$

A partir da transmitância térmica desta telha calhetão de 3,43 W/m²K, se quisermos atingir o máximo permitido de transmitância para coberturas com superfície de cor clara, em regiões na Zona Climática 8, que é de 2,3 W/m²K, temos que aumentar a sua espessura. Neste caso, para o cálculo, aumentaremos apenas a espessura do fibrobarro até atingir a resistência total (RT) necessária, que é o inverso da transmitância térmica (U):

$$\frac{1}{2,3 \text{ W/m}^2\text{K}} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} + 0,0075 \text{ m}^2\text{K/W} + x + 0,0172 \text{ m}^2\text{K/W} + 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\Rightarrow x = 0,435 \text{ m}^2\text{K/W} - 0,235 \text{ m}^2\text{K/W} = 0,20 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Como a resistência térmica é a espessura dividida pelo coeficiente de transmissão térmico, teremos: $0,20 \text{ m}^2\text{K/W} \cdot 0,7 \text{ W/mK} = y \Rightarrow y = \mathbf{0,14 \text{ m}}$.

Para atingir o máximo permitido de transmitância para coberturas com superfície de cor escura, em regiões na Zona Climática 8, que é de 1,5 W/m²K, temos que aumentar a sua espessura. Neste caso, para o cálculo, aumentaremos apenas a espessura do fibrobarro até atingir a resistência total (RT) necessária, que é o inverso da transmitância térmica (U):

$$\frac{1}{1,5 \text{ W/m}^2\text{K}} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} + 0,0075 \text{ m}^2\text{K/W} + x + 0,0172 \text{ m}^2\text{K/W} + 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\Rightarrow x = 0,667 \text{ m}^2\text{K/W} - 0,235 \text{ m}^2\text{K/W} = 0,432 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Como a resistência térmica é a espessura dividida pelo coeficiente de transmissão térmico, teremos: $0,432 \text{ m}^2\text{K/W} \cdot 0,7 \text{ W/mK} = y \Rightarrow y = \mathbf{0,30 \text{ m}}$.

Apêndice 9 – Cálculo de transmitância térmica do *brise* com lâminas de bambu

Para estimar a transmitância térmica (U) do *brise* com lâminas de bambu (item 4.1.1) temos que fazer algumas simplificações. Considerando o conjunto como uma caixa com faces de bambu na espessura de 0,005 m e uma câmara de ar ventilada com espessura de 0,02 m, deste modo podemos proceder aos cálculos conforme a Norma ABNT NBR 15.220:

- i) Coeficiente de transmissão térmica do material de vedação. Neste caso, adotaremos o valor, de 0,29 W/mK para madeiras com densidade de 800 kg/m³ (NBR 15.220-2, 2005, p. 15 – tabela B.3).
- ii) Resistência superficial externa (R_{se}) de 0,04 m²K/W, para fluxo horizontal (NBR 15.220-2, 2005, p. 10 – tabela A.1).
- iii) Resistência superficial interna (R_{si}) de 0,13 m²K/W, para fluxo horizontal (NBR 15.220-2, 2005, p. 10 – tabela A.1).
- iv) Resistência térmica da câmara de ar com espessura de 2 cm com superfície de alta emissividade = 0,14 m²K/W (NBR 15.220-2, 2005, p. 11 – tabela B.1).

Como a transmitância térmica é o inverso da resistência térmica total (NBR 15.220-1, 2005, p. 2 – tabela 1) e a resistência térmica total é o somatório das resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento, incluindo as resistências superficiais (ibid.), então:

$$\frac{1}{U} = R_{se} + R_{bambu} + R_{câmara\ de\ ar} + R_{bambu} + R_{si}.$$

A resistência térmica de um elemento é igual à sua espessura dividida pelo seu coeficiente de transmissão térmico (ibid.), então:

$$R_{bambu} = \frac{\text{espessura}}{0,29\ W/mK} = \frac{0,005\ m \times 2}{0,29\ W/mK} = 0,0345\ m^2K/W$$

Cálculo da resistência total do *brise* de bambu:

$$R_t = \frac{0,04m^2K}{W} + \frac{0,0345\ m^2K}{W} + \frac{0,14\ m^2K}{W} + \frac{0,13m^2K}{W} = \frac{0,345\ m^2K}{W}$$

$$\text{A transmitância térmica (U)} = 1/R_t = 1/0,345\ m^2K/W = \mathbf{2,90\ W/m^2K}$$

Apêndice 10 – Cálculo de transmitância térmica do *brise* com lâminas de fibrobarro

Para estimar a transmitância térmica (U) do *brise* com lâminas de fibrobarro (item 4.1.2) temos que fazer algumas simplificações. Consideramos apenas as mantas de fibrobarro com espessura total de 0,02 m, deste modo podemos proceder aos cálculos conforme a Norma ABNT NBR 15.220:

- i) Condutibilidade térmica do fibrobarro com $1600 \text{ Kg/m}^3 = 0,7 \text{ W/mK}$ (interpolação na tabela 2.5.1, Minke, 2001, p. 39).
- ii) Resistência superficial externa (R_{se}) de $0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$, para fluxo horizontal (NBR 15.220-2, 2005, p. 10 – tabela A.1).
- iii) Resistência superficial interna (R_{si}) de $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$, para fluxo horizontal (NBR 15.220-2, 2005, p. 10 – tabela A.1).

Como a transmitância térmica é o inverso da resistência térmica total (NBR 15.220-1, 2005, p. 2 – tabela 1) e a resistência térmica total é o somatório das resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento, incluindo as resistências superficiais (ibid.), então: $\frac{1}{U} = R_{se} + R_{\text{fibrobarro}} + R_{si}$.

$$U$$

A resistência térmica de um elemento é igual à sua espessura dividida pelo seu coeficiente de transmissão térmico (ibid.), então:

$$R_{\text{fibrobarro}} = \frac{\text{espessura}}{0,7 \text{ W/mK}} = \frac{0,02 \text{ m}}{0,7 \text{ W/mK}} = 0,0286 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Cálculo da resistência total do *brise* de bambu:

$$R_t = \frac{0,04 \text{ m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,0286 \text{ m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,13 \text{ m}^2\text{K}}{\text{W}} = \frac{0,1986 \text{ m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$\text{A transmitância térmica (U)} = 1/R_t = 1/0,1986 \text{ m}^2\text{K/W} = \mathbf{5,03 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Apêndice 11 – Cálculo de transmitância térmica do conjunto *brise*/painel com miolo de *honey-comb*

Para estimar a transmitância térmica (U) do conjunto *brise* com lâminas de bambu/painel com miolo de *honey-comb*, temos que fazer algumas simplificações. Considerando que entre o *brise* e o painel exista uma câmara de ar ventilada com espessura superior a 0,05 m, deste modo podemos proceder aos cálculos conforme a Norma ABNT NBR 15.220:

- i) Resistência térmica do *brise* de bambu = 0,0345 m²K/W (Apêndice 9).
- ii) Resistência superficial externa (R_{se}) de 0,04 m²K/W, para fluxo horizontal (NBR 15.220-2, 2005, p. 10 – tabela A.1).
- iii) Resistência superficial interna (R_{si}) de 0,13 m²K/W, para fluxo horizontal (NBR 15.220-2, 2005, p. 10 – tabela A.1).
- iv) Resistência térmica da câmara de ar com espessura superior a 5 cm com superfície de alta emissividade = 0,17 m²K/W (NBR 15.220-2, 2005, p. 11 – tabela B.1).
- v) Resistência térmica do painel de *honey-comb* = 0,2045 m²K/W (Apêndice 7).

Como a transmitância térmica é o inverso da resistência térmica total (NBR 15.220-1, 2005, p. 2 – tabela 1) e a resistência térmica total é o somatório das resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento, incluindo as resistências superficiais (ibid.), então:

$$\frac{1}{U} = R_{se} + R_{brise} + R_{câmara\ de\ ar} + R_{painel} + R_{si}.$$

U

$$R_T = \frac{0,04\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,0345\text{ m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,17\text{ m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,205\text{ m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,13\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} = \frac{0,58\text{ m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

A transmitância térmica (U) = 1/R_t = 1/ 0,58 m²K/W = **1,73 W/m²K**. Atendendo às exigências de transmissão térmicas para paredes na Zona Bioclimática 8 com folgas, tanto para superfícies claras (U ≤ 3,7 W/m²K) quanto para escuras (U ≤ 2,5 W/m²K).

No caso de utilizar o *brise* com lâminas de fibrobarro em vez do *brise* com lâminas de bambu, basta substituir o valor da resistência térmica do *brise* de bambu pelo *brise* de fibrobarro = 0,0286 m²K/W (Apêndice 10), então:

$$R_T = \frac{0,04\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,0286\text{ m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,17\text{ m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,205\text{ m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,13\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} = \frac{0,574\text{ m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

A transmitância térmica $(U) = 1/R_t = 1/0,574 \text{ m}^2\text{K/W} = \mathbf{1,74 \text{ W/m}^2\text{K}}$.
Atendendo às exigências de transmissão térmicas para paredes na Zona Bioclimática 8 com folgas, tanto para superfícies claras ($U \leq 3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$) quanto para escuras ($U \leq 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$).

É importante observar que mesmo a transmitância térmica de um brise com lâminas de fibrobarro ($5,03 \text{ W/m}^2\text{K}$) ser maior da transmitância térmica de um brise com lâminas de bambu ($2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$), quando é considerado o conjunto brise/painel, o resultado é semelhante, devido a influência do espaço de ar formado entre o brise e no caso o painel.

Apêndice 12 – Cálculo de transmitância térmica do conjunto *brise/* telha calhetão

Para estimar a transmitância térmica (U) do conjunto *brise* com lâminas de bambu/telha calhetão, temos que fazer algumas simplificações. Considerando que entre a esteira de bambu e a telha exista uma câmara de ar ventilada com espessura superior a 0,05 m, deste modo podemos proceder aos cálculos conforme a Norma ABNT NBR 15.220:

- i) Resistência térmica da esteira de bambu = 0,0345 m²K/W (Apêndice 9).
- ii) Resistência superficial externa (R_{se}) de 0,04 m²K/W, para fluxo descendente (NBR 15.220-2, 2005, p. 10 – tabela A.1).
- iii) Resistência superficial interna (R_{si}) de 0,21 m²K/W, para fluxo descendente (NBR 15.220-2, 2005, p. 10 – tabela A.1).
- iv) Resistência térmica da câmara de ar com espessura superior a 5 cm com superfície de alta emissividade, para fluxo descendente = 0,17 m²K/W (NBR 15.220-2, 2005, p. 11 – tabela B.1).
- v) Resistência térmica da telha calhetão = 0,0818 m²K/W (Apêndice 8).

Como a transmitância térmica é o inverso da resistência térmica total (NBR 15.220-1, 2005, p. 2 – tabela 1) e a resistência térmica total é o somatório das resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento, incluindo as resistências superficiais (ibid.), então:

$$\frac{1}{U} = R_{se} + R_{brise} + R_{câmara\ de\ ar} + R_{telha} + R_{si}$$

$$R_T = \frac{0,04\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,0345\text{ m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,21\text{ m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,0818\text{ m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,17\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} = \frac{0,536\text{ m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

A transmitância térmica (U) = 1/R_t = 1/ 0,58 m²K/W = **1,86 W/m²K**. Atendendo às exigências de transmissão térmicas para coberturas na Zona Bioclimática 8 para superfícies claras (U ≤ 2,3 W/m²K), mas superando a transmitância permitida para coberturas escuras (U ≤ 1,5 W/m²K).

No caso de utilizar o brise com lâminas de fibrobarro em vez do brise com lâminas de bambu, basta substituir o valor da resistência térmica do brise de bambu pelo brise de fibrobarro = 0,0286 m²K/W (Apêndice 10), então:

$$R_T = \frac{0,04\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,0286\text{ m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,21\text{ m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,0818\text{ m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,17\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} = \frac{0,53\text{ m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

A transmitância térmica (U) = $1/R_t = 1/0,574 \text{ m}^2\text{K/W} = \mathbf{1,88 \text{ W/m}^2\text{K}}$.
Atendendo às exigências de transmissão térmicas para coberturas na Zona Bioclimática 8 para superfícies claras ($U \leq 2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$), mas superando a transmitância permitida para coberturas escuras ($U \leq 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Neste caso, para não ter que aumentar a espessura da telha calhetão é recomendado o clareamento da superfície do barro com aplicação de resina de poliuretano pigmentada, ou, no caso da esteira de bambu, pintura.

Apêndice 13 - Transmitância térmica no sistema construtivo leve dotado de sobrecobertura

Pela Norma NBR 15.220 deve-se considerar duas situações para cálculo da transmitância térmica: o trecho cujo corte apresenta ângulo superior à 45° com o solo, como parede e o trecho cujo corte apresenta inclinação inferior à 45°, como cobertura.

O cálculo da transmitância térmica por parede de componentes com camadas homogêneas é expresso por: $U = 1 / RT$, onde “U” é a transmitância térmica do sistema e “RT” é a resistência total anteposta pelo sistema de sobrecobertura e forração à passagem da onda de calor entre ambientes. A resistência total (RT) é a soma das resistências superficial externa e interna com as resistências apostas pela sobrecobertura, pela câmara de ar e pela forração em fibrobarro.

Como a resistência térmica de um material é expressa por sua espessura dividida pelo seu coeficiente de transmissão térmico (λ), consideramos desprezível a resistência da sobrecobertura, pois sua espessura é em torno de 0,003m. A sua contribuição se dará quando a superfície externa for clara, diminuindo a absorvância superficial de radiação solar. Contribui, também, se a face interna for aluminizada, reduzindo a emissividade de radiação infravermelha em ondas longas para a câmara de ar.

Então teremos:

Resistência térmica superficial externa (R_{se}) = 0,04 m²K/W (Tabela A1);

Resistência térmica superficial interna (R_{si}) = 0,13 m²K/W (Tabela A1);

Resistência térmica da câmara de ar com superfície de baixa emissividade e espessura superior a 5cm, fluxo horizontal (R_{ar}) = 0,37 m²K/W (Tabela B1);

Condutibilidade térmica do fibrobarro com 1600 Kg/m³ = 0,7W/mK (interpolação na tabela 2.5.1, Minke, 2001, p. 39);

Resistência térmica do fibrobarro com espessura 1cm = $\frac{0,01m}{0,7W/mK}$ = 0,0143m²K/W;

A Resistência Total (RT) = 0,04 m²K/W + 0,37 m²K/W + 0,0143m²K/W + 0,13 m²K/W = 0,5543 m²K/W;

A Transmitância térmica em condições de ganho de calor por paredes (NBR 15.220-2, item 5.3.2) será = $1/RT = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Esta transmitância térmica é igual a uma parede de 1 vez de tijolos de barro com 8 furos emboçados em ambas as faces, com espessura total de 24cm (NBR 15.220-2, Tabela D.3, p. 26), atendendo com folga às exigências mínimas de conforto térmico da NBR 15.575-4, que na tabela 14 estabelece: para paredes cuja absorvância superficial da radiação solar for menor que 0,6 (paredes claras) a transmitância será menor ou igual a $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$; para paredes cuja absorvância superficial for maior do que 0,6 (paredes escuras) a transmitância será menor ou igual a $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Nos dias muito frios ou à noite, onde ocorrer perda de calor do interior para o ambiente externo, as comportas da sobrecobertura serão fechadas e o cálculo da transmitância térmica por paredes será considerado com câmara de ar não ventilada, apresentando, neste caso, a resistência da câmara de ar menor, pois a emissividade da face interna passa a ser a do fibrobarro e não a do alumínio. Em sendo assim a resistência da câmara de ar apresenta o valor de $(R_{ar}) = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$ (Tabela B1), reduzindo a Resistência total para $(R_T) = 0,3543 \text{ m}^2\text{K/W}$ e aumentando, conseqüentemente, a transmitância térmica para $(U) = 2,82 \text{ W/m}^2\text{K}$, ainda dentro do aceitável pela NBR 15.575.

No trecho superior de uma construção neste sistema, com ângulo inferior à 45° , ou seja, considerado como cobertura, a transmitância térmica para o verão (ganho de calor) será calculada considerando:

Resistência térmica superficial externa fluxo descendente $(R_{se}) = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ (Tabela A1);

Resistência térmica superficial interna fluxo descendente $(R_{si}) = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$ (Tabela A1);

Resistência térmica da câmara de ar muito ventilada com espessura superior a 5cm e superfície de baixa emissividade fluxo descendente $(R_{ar}) = 0,61 \text{ m}^2\text{K/W}$ (Tabela B1);

Resistência térmica do fibrobarro = $0,0143 \text{ m}^2\text{K/W}$ (ver cálculo anterior);

A Resistência Total $(R_T) = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} + 0,61 \text{ m}^2\text{K/W} + 0,0143 \text{ m}^2\text{K/W} + 0,17 \text{ m}^2\text{K/W} = 0,8343 \text{ m}^2\text{K/W}$;

A Transmitância térmica em condições de ganho de calor (NBR 15.220-2, item 5.3.3) será $= 1/R_T = 1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$, atingindo o nível de desempenho intermediário (NBR 15.575-5, Anexo 1, p.50).

A Norma NBR 15.220-2, 2010, item 5.3.4, p.7, reconhece a importância da cobertura ventilada: “A ventilação do ático em regiões quentes é desejável e recomendável. Isso aumenta a resistência térmica da câmara de ar e, conseqüentemente, reduz a transmitância térmica e os ganhos de calor”, atribuindo um fator de correção de transmitância (Fator Telhado – FT) na zona bioclimática 8, para coberturas com ventilação cruzada permanente, expresso por:

$$FT = 1,17 - 1,07 h^{-1,04}$$
 (NBR 15.220-3, item 6.8 – Diretrizes construtivas para a zona bioclimática 8, p.11), onde (h) é igual a altura da abertura em dois beirais opostos, em centímetros. Se considerarmos que o vão entre a sobre cobertura e a forração interna atende esta condição, mesmo com (h) sendo considerado o espaçamento mínimo junto à saída de 20cm, o resultado é: FT = 1,123, ou seja, um benefício de 12%, que se aplicado sobre a Transmitância obtida de 1,20 W/m²K, resultará em 1,06 W/m²K, atingindo o nível de desempenho intermediário (NBR 15.575-5, Anexo 1, p.51).

No trecho superior de uma construção neste sistema, com ângulo inferior à 45°, ou seja, considerado como cobertura, a transmitância térmica para os dias muito frios e noites frias, onde a preocupação é a perda de calor, será calculada considerando as comportas da sobre cobertura fechadas:

Resistência térmica superficial externa fluxo ascendente (R_{se}) = 0,04 m²K/W (Tabela A1);

Resistência térmica superficial interna fluxo ascendente (R_{si}) = 0,10 m²K/W (Tabela A1);

Resistência térmica da câmara de ar não ventilada com espessura superior a 5cm e superfície de alta emissividade fluxo ascendente (R_{ar}) = 0,14 m²K/W (Tabela B1);

Resistência térmica do fibrobarro = 0,0143m²K/W (ver cálculo anterior);

A Resistência Total (R_T) = 0,04 m²K/W + 0,14 m²K/W + 0,0143m²K/W + 0,10 m²K/W = 0,2943 m²K/W;

A Transmitância térmica em condições de inverno (perda de calor) (NBR 15.220-2, item 5.3.3) será = $1/R_T = 3,40$ W/m²K.

Apêndice 14 – Cálculo de transmitância térmica de uma parede de concreto armado com 0,6 m de espessura

Para calcular a transmitância térmica (U) de uma parede de concreto armado com sessenta centímetros de espessura fibrobarro conforme a Norma ABNT NBR 15.575:

- i) Condutibilidade térmica do concreto armado = 1,75 W/mK (NBR 15.220-2, 2005, p. 13 – tabela B.3).
- ii) Resistência superficial externa (R_{se}) de 0,04 m²K/W, para fluxo horizontal (NBR 15.220-2, 2005, p. 10 – tabela A.1).
- iii) Resistência superficial interna (R_{si}) de 0,13 m²K/W, para fluxo horizontal (NBR 15.220-2, 2005, p. 10 – tabela A.1).

Como a transmitância térmica é o inverso da resistência térmica total (NBR 15.220-1, 2005, p. 2 – tabela 1) e a resistência térmica total é o somatório das resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento, incluindo as resistências superficiais (ibid.), então: $\frac{1}{U} = R_{se} + R_{concreto} + R_{si}$.

U

A resistência térmica de um elemento é igual à sua espessura dividida pelo seu coeficiente de transmissão térmico (ibid.), então:

$$R_{fibrobarro} = \frac{\text{espessura}}{1,75 \text{ W/mK}} = \frac{0,6 \text{ m}}{1,75 \text{ W/mK}} = 0,343 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Cálculo da resistência total do *brise* de bambu:

$$R_t = \frac{0,04\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,343 \text{ m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,13\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} = \frac{0,513 \text{ m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$\text{A transmitância térmica (U)} = 1/R_t = 1/0,513 \text{ m}^2\text{K/W} = \mathbf{1,95 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Apêndice 15 – Cálculo de transmitância térmica no sistema dotado de sobrecobertura com septo

Pela Norma NBR 15.220 deve-se considerar duas situações para cálculo da transmitância térmica: o trecho cujo corte apresenta ângulo superior a 45° com o solo, como parede e o trecho cujo corte apresenta inclinação inferior a 45° , como cobertura.

O cálculo da transmitância térmica por parede de componentes com camadas homogêneas é expresso por: $U = 1 / RT$, onde “U” é a transmitância térmica do sistema e “RT” é a resistência total anteposta pelo sistema de sobrecobertura e forração à passagem da onda de calor entre ambientes. A resistência total (RT) é a soma das resistências superficial externa e interna com as resistências apostas pela sobrecobertura, pelo septo, pelas câmaras de ar e pela forração em fibrobarro.

Como a resistência térmica de um material é expressa por sua espessura dividida pelo seu coeficiente de transmissão térmico (λ), consideramos desprezível a resistência da sobrecobertura e do septo, pois suas espessuras são em torno de 0,003m. A contribuição da sobrecobertura se dará quando a cor da superfície externa for clara, diminuindo a absorvância de radiação solar. Contribui, também, se a face interna for aluminizada, reduzindo a emissividade de radiação infravermelha em ondas longas para a câmara de ar. O septo contribui formando outra câmara de ar.

Então teremos:

Resistência térmica superficial externa (R_{se}) = 0,04 m²K/W (Tabela A1).

Resistência térmica superficial interna (R_{si}) = 0,13 m²K/W (Tabela A1).

Resistência térmica da câmara de ar com superfície de baixa emissividade e espessura superior a 5cm, fluxo horizontal (R_{ar}) = 0,37 m²K/W (Tabela B1).

Resistência térmica da câmara de ar com superfície de alta emissividade e espessura superior a 5cm, fluxo horizontal (R_{ar}) = 0,17 m²K/W (Tabela B1).

Condutibilidade térmica do fibrobarro com 1600 Kg/m³ = 0,7W/mK (interpolação na tabela 2.5.1, Minke, 2001, p. 39).

Resistência térmica do fibrobarro com espessura 1cm = $\frac{0,01m}{0,7W/mK}$ = 0,0143m²K/W;

A Resistência Total (RT) = 0,04 m²K/W + 0,37 m²K/W + 0,17 m²K/W + 0,0143m²K/W + 0,13 m²K/W = 0,7243 m²K/W;

A Transmitância térmica em condições de ganho de calor por paredes (NBR 15.220-2, item 5.3.2) será $= 1/RT = 1,38 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Esta transmitância térmica é superior a uma parede de 1 vez de tijolos de barro com 8 furos emboçados em ambas as faces, com espessura total de 24cm (NBR 15.220-2, Tabela D.3, p. 26), atendendo com folga às exigências mínimas de conforto térmico da NBR 15.575-4, que na tabela 14 estabelece: para paredes cuja absorptância superficial da radiação solar for menor que 0,6 (paredes claras) a transmitância será menor ou igual a $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$; para paredes cuja absorptância superficial for maior do que 0,6 (paredes escuras) a transmitância será menor ou igual a $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Nos dias muito frios ou à noite, onde ocorrer perda de calor do interior para o ambiente externo, as comportas da sobrecobertura serão fechadas e o cálculo da transmitância térmica por paredes será considerado com câmara de ar não ventilada, apresentando, neste caso, a resistência da câmara de ar menor, pois a emissividade da face interna passa a ser a do fibrobarro e não a do alumínio. Em sendo assim a resistência da câmara de ar apresenta o valor de $(R_{ar}) = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$ (Tabela B1), reduzindo a Resistência total para $(RT) = 0,5243 \text{ m}^2\text{K/W}$ e aumentando, conseqüentemente, a transmitância térmica para $(U) = 1,91 \text{ W/m}^2\text{K}$, ainda dentro do aceitável pela NBR 15.575.

No trecho superior de uma construção neste sistema, com ângulo inferior à 45° , ou seja, considerado como cobertura, a transmitância térmica para o verão (ganho de calor) será calculada considerando:

Resistência térmica superficial externa fluxo descendente $(R_{se}) = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ (Tabela A1);

Resistência térmica superficial interna fluxo descendente $(R_{si}) = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$ (Tabela A1);

Resistência térmica da câmara de ar muito ventilada com espessura superior a 5cm e superfície de baixa emissividade fluxo descendente $(R_{ar}) = 0,61 \text{ m}^2\text{K/W}$ (Tabela B1);

Resistência térmica da câmara de ar com superfície de alta emissividade e espessura superior a 5cm, fluxo horizontal $(R_{ar}) = 0,21 \text{ m}^2\text{K/W}$ (Tabela B1).

Resistência térmica do fibrobarro $= 0,0143 \text{ m}^2\text{K/W}$ (ver cálculo anterior);

A Resistência Total $(RT) = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} + 0,61 \text{ m}^2\text{K/W} + 0,21 \text{ m}^2\text{K/W} + 0,0143 \text{ m}^2\text{K/W} + 0,17 \text{ m}^2\text{K/W} = 1,0443 \text{ m}^2\text{K/W}$;

A Transmitância térmica em condições de ganho de calor (NBR 15.220-2, item 5.3.3) será $= 1/RT = 0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$, atingindo o nível de desempenho superior (NBR 15.575-5, Anexo 1, p.51).

A Norma NBR 15.220-2, 2010, item 5.3.4, p.7, reconhece a importância da cobertura ventilada: “A ventilação do ático em regiões quentes é desejável e recomendável. Isso aumenta a resistência térmica da câmara de ar e, conseqüentemente, reduz a transmitância térmica e os ganhos de calor”, atribuindo um fator de correção de transmitância (Fator Telhado – FT) na zona bioclimática 8, para coberturas com ventilação cruzada permanente, expresso por:

$- 1,04$

$FT = 1,17 - 1,07 h$ (NBR 15.220-3, item 6.8 – Diretrizes construtivas para a zona bioclimática 8, p.11), onde (h) é igual a altura da abertura em dois beirais opostos, em centímetros. Se considerarmos que o vão entre a sobre cobertura e a forração interna atende esta condição, mesmo com (h) sendo considerado o espaçamento mínimo junto à saída de 10cm em cada câmara, o resultado é: $FT = 1,0788$, ou seja, um benefício de 7,8% por câmara de ar, no caso são duas, que se aplicado sobre a Transmitância obtida de $0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$, resultará em $0,83 \text{ W/m}^2\text{K}$, equivalente ao desempenho de materiais isolantes térmicos, como uma telha sanduiche com 4 cm de enchimento em poliuretano expandido.

No trecho superior de uma construção neste sistema, com ângulo inferior a 45° , ou seja, considerado como cobertura, a transmitância térmica para os dias muito frios e noites frias, onde a preocupação é a perda de calor, será calculada considerando as comportas da sobre cobertura fechadas:

Resistência térmica superficial externa fluxo ascendente (R_{se}) = $0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ (Tabela A1);

Resistência térmica superficial interna fluxo ascendente (R_{si}) = $0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$ (Tabela A1);

Resistência térmica da câmara de ar não ventilada com espessura superior a 5cm e superfície de alta emissividade fluxo ascendente (R_{ar}) = $0,14 \text{ m}^2\text{K/W}$ (Tabela B1);

Resistência térmica do fibrobarrido = $0,0143 \text{ m}^2\text{K/W}$ (ver cálculo anterior);

A Resistência Total (RT) = $0,04 \text{ m}^2\text{K/W} + 2 \times 0,14 \text{ m}^2\text{K/W} + 0,0143 \text{ m}^2\text{K/W} + 0,10 \text{ m}^2\text{K/W} = 0,4343 \text{ m}^2\text{K/W}$;

A Transmitância térmica em condições de inverno (perda de calor) (NBR 15.220-2, item 5.3.3) será $= 1/RT = 2,53 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Apêndice 16 – Cálculo do fluxo de ar pela sobrecobertura e pelo interior da “Sala Bolha”

Para o cálculo do fluxo de ar através das câmaras contidas entre a sobrecobertura e a forração interna, em regime de calmaria, supomos uma diferença de pressão entre o vão de saída em relação ao vão de entrada que provoque uma velocidade de deslocamento do ar de 0,1 m/s. Assim, teremos que o fluxo de ar será igual à velocidade do ar multiplicada pela área do menor vão acrescida da influência que o maior vão exerce sobre o menor (Toledo, 1999, p.162):

- i) Área de entrada de ar: foi medido o perímetro da base do septo que divide as câmaras com 25,90 m, porém considerando uma única câmara com 20 cm de espessura, então: $25,90 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} = 5,18 \text{ m}^2$.
- ii) Área de saída de ar: foi considerado o perímetro do vão de saída, na base da claraboia com 8,40 m, porém considerando uma única câmara com 20 cm de espessura, então: $8,40 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} = 1,68 \text{ m}^2$.
- iii) A influência do maior vão sobre o menor é calculada pela divisão das áreas $5,18 \text{ m}^2 / 1,68 \text{ m}^2 = 3,08$. Este valor é inserido no eixo das abscissas do gráfico onde está representada a curva de influência (Anexo 2) e, é extraído o resultado em percentual no eixo das ordenadas, correspondendo a 34%.
- iv) Para se obter o resultado em m^3/h , a velocidade expressa em metros por segundo deve ser multiplicada por 3.600 segundos.

$$\Phi = 0,1 \text{ m/s} \times 3.600 \text{ s} \times 1,68 \text{ m}^2 \times 1,34 = 810 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para o cálculo do fluxo de ar pelo interior da “sala bolha”, em regime de clamaria, adotamos o princípio do efeito chaminé expressado por: $\Phi = 0,121 \times \text{área do vão} \times \sqrt{h \times (t_i - t_e)}$ (Baker, 1987, p.103) para vãos de entrada e saída de ar de mesma área, onde são consideradas a diferença de altura entre os eixos da entrada de ar e saída e a diferença de temperatura entre o interior e o exterior e uma constante representando as perdas por atrito. A esta equação foi acrescentada a influência do maior vão sobre o menor vão (Toledo, 1999, p.162).

- i) Coeficiente de perdas = 0,121.
- ii) Área de entrada de ar: foram consideradas 14 aberturas de 0,60 m x 0,40 m, circundando a forração, com área total = $3,36 \text{ m}^2$.
- iii) Área de saída de ar: é o perímetro da base da claraboia vezes sua altura, excluídas as espessuras das básculas e montantes: $8,40 \text{ m} \times 0,50 \text{ m} = 4,20 \text{ m}^2$.

iv) A influência do maior vão sobre o menor é calculada pela divisão das áreas $4,20 \text{ m}^2 / 3,36 \text{ m}^2 = 1,25$. Este valor é inserido no eixo das abscissas do gráfico onde está representada a curva de influência (Anexo 2) e, é extraído o resultado em percentual no eixo das ordenadas, correspondendo a 10 %.

v) A altura do eixo dos vãos de entrada é de 0,50 m e a altura do eixo da claraboia é de 4,0 m, resultando numa diferença de 3,50 m.

vi) Serão consideradas diferenças de 1°C e $1,5^\circ\text{C}$ entre o ambiente interior e o exterior, para efeito dos cálculos.

vii) Para se obter o resultado em m^3/h , o valor obtido nos cálculos deve ser multiplicado por 3.600 segundos.

Para efetuar os cálculos adotamos a equação:

$$\Phi = 0,121 \times \text{área do menor vão} \times 3.600 \text{ s} \times \sqrt{h} \times (t_i - t_e) \times \text{incremento}.$$

$$\Phi = 0,121 \times 1,68 \text{ m}^2 \times 3.600 \text{ s} \times \sqrt{3,5 \text{ m} \times 1^\circ\text{C}} \times 1,10 = 1.506 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Phi = 0,121 \times 1,68 \text{ m}^2 \times 3.600 \text{ s} \times \sqrt{3,5 \text{ m} \times 1,5^\circ\text{C}} \times 1,10 = 1.844 \text{ m}^3/\text{h}$$

PROJETO SALA DE AULA COM 7,70M X 6,00M

FITAS ESTRUTURAIS - MAIOR DIMENSÃO

ESC: 1/50

MEDIDAS EM CENTÍMETROS

E E
E D

D E
D D

C E
C D

B E
B D

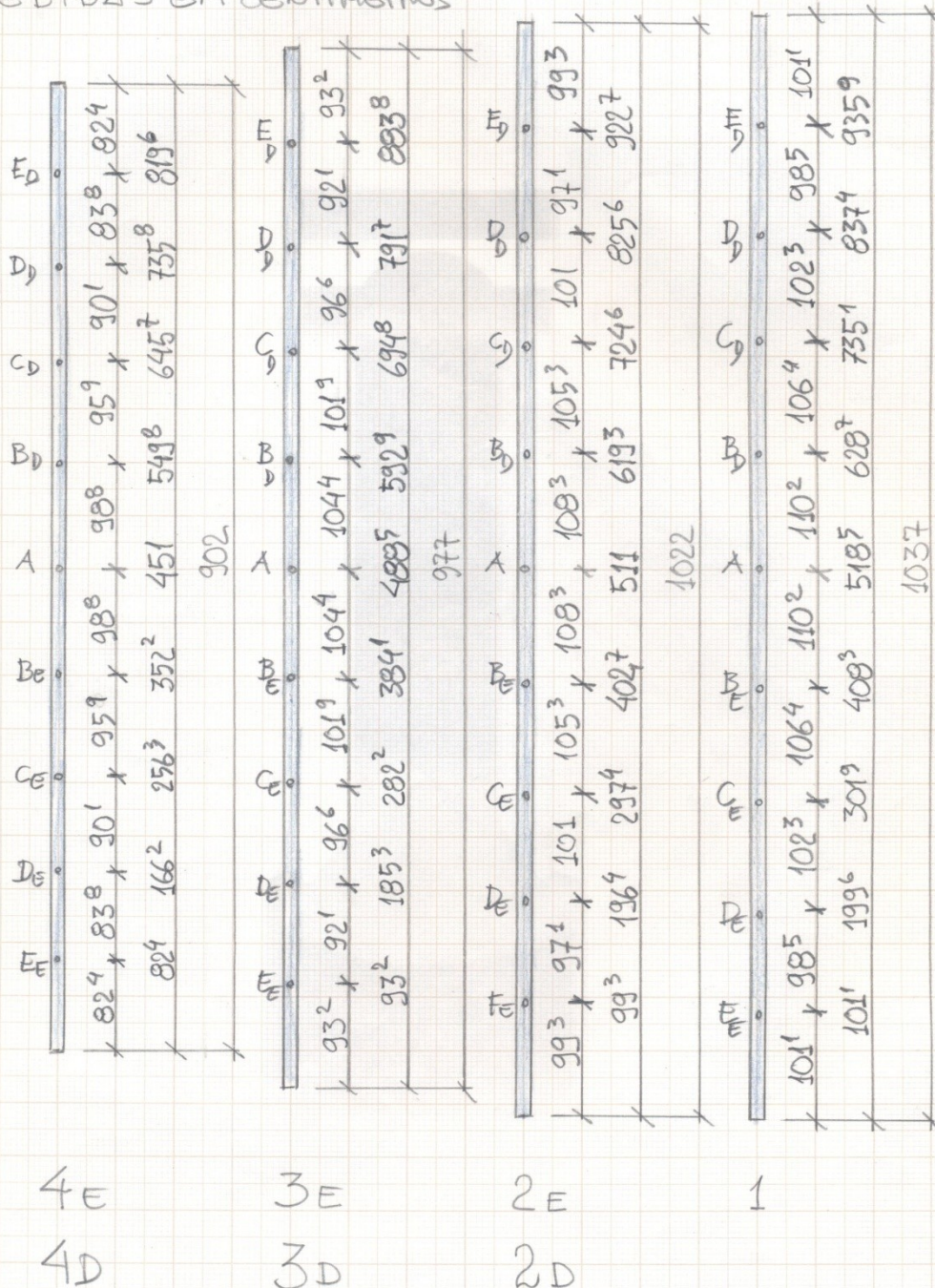
A

FOLHA 1 - DR. WALTER REIXENS - 05.12

Figura 108: Reprodução do esquema alfanumérico para marcação das fitas estruturais.

PROJETO SALA DE AULA com 7,70m x 6,00m
 FITAS ESTRUTURAIS - MENOR DIMENSÃO
 ESC: 1/50

MEDIDAS EM CENTÍMETROS

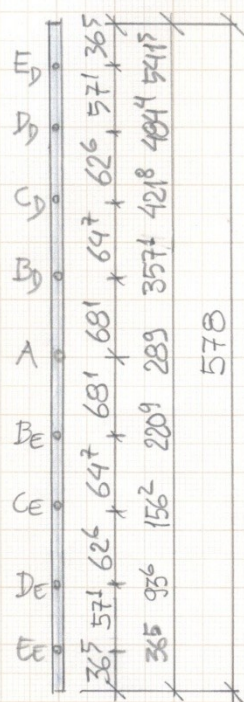


FOLHA 2 - ANDR. WALTER TEIXEIRA - 05/12

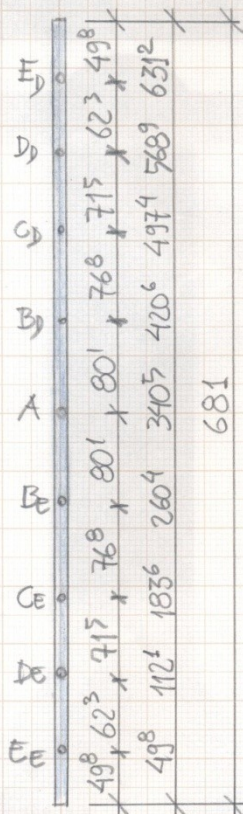
Figura 109: Reprodução do esquema alfanumérico para marcação das fitas estruturais (menor dimensão).

PROJETO SALA DE AULA COM 7,70m x 6,00m
FITAS ESTRUTURAIS - MENOR DIMENSÃO
ESC. 1/50 CONTINUAÇÃO

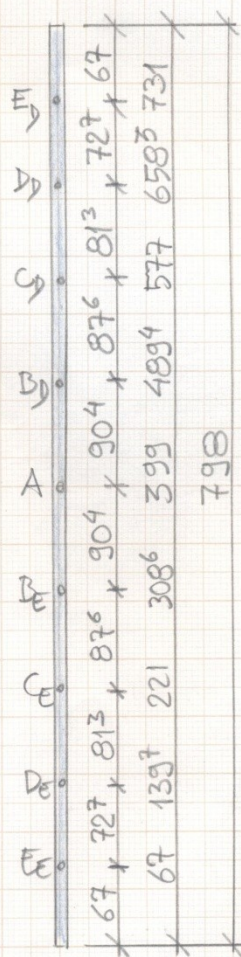
MEDIDAS EM CENTÍMETROS



7E
7D



6E
6D



5E
5D

FOLHA 3 - ARQUIVAMENTO - 05/12

Figura 110: Reprodução do esquema alfanumérico para marcação das fitas estruturais (menor dimensão - continuação).

Apêndice 18 – Caderno de atividades do aprendiz

Trata-se da compilação dos registros feitos pelo aprendiz no período de abril a setembro de 2009:

14/04/2009 (terça-feira) - Suspender a armação – dois módulos da estrutura tubular – para simular o espaçamento do piso do LILD.

15/04 - Instalei o brise no peitoril do Laboratório de Conforto S 231L. Fiz escada de bambu (tripé).

16/04 - Desmontar escada de bambu no São Marcelo e montar na PUC.

17/04 - Aula de bambu com o prof. Vicente: aprendi a fazer nó fiel.

Amarrar brises no Laboratório de Conforto S 231L.

20/04 - Como usar as fitas (instruções).

Resinei o brise de fibrobarro.

22/04 - Pegar brise e levar para a PUC.

23/04 - Laminar bambu com o Juca. Materiais utilizados na laminação: gaze; cola PVA (para colar a gaze e misturar com o barro, diluída), barro peneirado; resina de mamona.

Outra experiência: misturar pó de bambu com o barro.

27/04 - Outra laminação com o Juca. Metade do bambu foi lixado com lixa de madeira nº 60 (a lixa fica preenchida pelo pó de bambu e perde a capacidade de lixar). A outra metade foi recartilhada com uma lâmina de serra.

28/04 - De manhã varri o laboratório com o Mariano.

À tarde lixei um bambu, com lixa de madeira nº 60 (*mossô* de 6m com diâmetro em torno de 12cm).

29/04 - Foi feita uma simulação do piso com bambus tortos amarrados com torniquete.

Recobri com o Juca a metade de um bambu com resina de mamona e barro peneirado.

30/04 - Lixei um bambu inteiro com o Juca e depois laminamos com cola branca e barro.

04/05 - Coloquei os blocos sob a estrutura de aço. Lixei um bambu. Espalhei o barro para secar.

06/05 - Fiz uma flecha de bambu para receber as fitas. Lixei um bambu. Moldagem de corpo de prova (tubo de PVC 150mm) com barro.

07/05 - Lixei dois bambus. Laminei um bambu.

08/05 - Ajudei a montar a estrutura de aço. Lixei um bambu.

11/05 - Lixei um bambu. Laminei um bambu com meia de poliéster, cola PVA e barro.

12/05 - Lixei um bambu. Laminei um bambu. Ajudei a limpar o Laboratório

13/05 - Lixei um bambu. Laminei um bambu. Montagem de outro corpo de prova com fibrobarro de sisal.

Fui no CVI com o Mariano.

14/05 - Lixei um bambu. Laminei um bambu. Prendi as fitas na estrutura de ferro do LILD.

15/05 - Aula de bambu com o Vicente. Lixei um bambu. Peneirei o barro.

18/05 - Varri o Laboratório com o Mariano. Lixei um bambu. Laminei um bambu. Peneirei o barro.

19/05 - Trabalhei no ajuste da flecha de bambu apoiada no cruzamento das fitas tensionadas no módulo da estrutura. Laminei um bambu. Peneirei outro tipo de barro que estava no LILD.

Fizemos testes em um bambu com cola PVA e gaze e outro teste com resina de mamona e gaze, que fixou à base existente. Observação: como o bambu já estava resinado, a cola PVA não aderiu ao bambu.

Tempo para encapsulamento de um bambu: 1:30h, com duas pessoas.

20/05 - Encapsulei um bambu com cola PVA e barro peneirado sobre a gaze envolvendo o bambu com cola PVA.

Observação: só é possível laminar um bambu por dia, pois não tem como removê-lo da máquina antes de secar.

21/05 - Lixei um bambu. Adaptei o suporte metálico para dois bambus grossos, com o Mariano. Ajudei o João na montagem da passarela para o andaime.

22/05 (sexta-feira) - Manhã: aula com o prof. Vicente – confecção de pirâmide de bambu tensionada por cabo passando pelo interior do bambu. Início da montagem da casa na árvore no Canteiro Experimental do Curso de Arquitetura.

Tarde: Lixei um bambu. Limpei bambus que estavam envoltos em plástico.

25/05 - Ajudei o Mariano nas soldas.

27/05 - Lixei um bambu com escova de aço. Observação: a escova lixa bem, mas é mais demorado.

Ajudei o Mariano nas soldas.

28/05 - Ajudei o Mariano nas soldas.

Tampe as pontas de dois bambus (encabeçamento). Materiais: meia de poliéster, resina de mamona, barro e sisal.

29/05 - Ajudei o Mariano nas soldas. Encabecei dois bambus com juta em vez de sisal.

01/06 - Lixei um bambu.

02/06 - Fizemos um protótipo para a exposição do meio ambiente na PUC, montamos um tripé e um quadripé.

03/06 - Lixei um bambu.

Colocamos a rede por cima do tripé e do quadripé, formando uma estrutura recoberta.

04/06 - Peneirei barro.

Fizemos uma rede de fitas no protótipo.

05/06 - Carreguei entulho da PUC para a caçamba no São Marcelo, com o Walter. Lixei um bambu.

09/06 - Encapsulei um bambu com cola PVA e barro, sobre gaze. Encabecei o bambu com resina de mamona, meia de poliéster e sisal.

Ajudei a desmontar o protótipo na PUC.

10/06 - Coloquei as fitas na estrutura de aço na PUC, com o Mariano e o Rafael.

11/06 - Encapsulei um bambu com cola PVA e barro, sobre gaze. Encabecei o bambu com resina de mamona, meia de poliéster e sisal.

Ajudei na amarração da estrutura.

12/06 (sexta-feira) - Aula de bambu com o prof. Vicente: preparei bambus para fazer uma pantográfica.

15/06 - Laminei três bambus. Encabecei dois bambus.

16/06 - Laminei dois bambus. Encabecei três bambus.

18/06 - Laminei um bambu. Encabecei três bambus. Coloquei faixa em quatro bambus.

19/06 - Aula de bambu com o prof. Vicente: fiz uma pantográfica.

Laminei um bambu

23/06 - Laminei três bambus. Encabecei um bambu.

24/06 - Laminei quatro bambus. Encabecei um bambu.
 25/06 - Laminei um bambu. Encabecei três bambus.
 26/06 - Fizemos algumas amarrações para a mudança e levamos bambus para a PUC.
 29/06 - Fizemos algumas amarrações para a mudança e levamos bambus para a PUC.
 30/06 - Laminei dois bambus. Fiz algumas bandagens.
 01/07 - Substituímos a lona.
 02/07 - Fizemos algumas mudanças do São Marcelo para a PUC.
 Fizemos acabamentos na lona.
 03/07 - Mudança para a PUC.
 06/07 - Embalamos objetos para a mudança.
 07/07 - Fiz alguns andaimes no LILD na PUC.
 08/07 - Mudança do LILD do São Marcelo para a PUC.
 09/07 - Mudança do LILD do São Marcelo para a PUC.
 10/07 - Mudança do LILD do São Marcelo para a PUC.
 Durante todo o mês de julho de 2009 foi feita a mudança do galpão do São Marcelo para a nova estrutura do LILD, ao lado do campo de futebol da PUC.

Agosto: na primeira semana continuamos os encapsulamentos dos bambus (lixamento, laminação, encabeçamento e faixa de reforço) para a estrutura do piso do LILD.

Sequência:

- 1) escolher os bambus *mossôs* com 6 metros de comprimento mais grossos;
- 2) cortar o bambu com 3,40m de comprimento a partir do nó central (1,70m para cada lado). Obs: terão alguns bambus menores para os vãos das extremidades;
- 3) Lixar o bambu com lixa de madeira nº 50 até tirar todo o brilho superficial
 Tempo para o lixamento: 0:30h em média, variando de bambu para bambu – alguns são mais difíceis de lixar.
- 4) Colocar três bandagens (faixas) em cada colmo, dividindo os vãos para reforço (esta foi uma recomendação do prof. Luís Eustáquio). As bandagens são de algodão, com 6cm de largura (tinha sido utilizada outra um pouco mais estreita até

acabar o rolo). A bandagem é embebida em resina de mamona¹ e com ela são dadas duas voltas em torno do colmo.

Tempo aproximado para fazer três bandagens por colmo: 0:15h.

5) Pintar o bambu com resina, com trincha de 2". A trincha é limpa com redutor "Tempo – 1101". A trincha resiste de seis a oito utilizações.

6) Polvilhar barro² peneirado em peneira fina sobre a resina úmida para que o barro possa aderir à superfície do bambu resinada. Tempo de pintura e polvilhamento: 0:30h no máximo para a resina não secar.

7) Manusear para guardar após 6 horas, dependendo da umidade relativa do ar, podem ser necessárias 12 horas para o manuseio.

Quando o barro é para ser misturado à resina, nas peças da estrutura do telhado, ele é peneirado também na peneira de malha nº 100.

10/08 - Tracionei as fitas nas extremidades da estrutura metálica utilizando a catraca.

11/08 - Lixei um bambu.

Laminei um bambu.

Foi confeccionada uma placa de fibrobarro sobre uma folha de laminado melamínico brilhante para não grudar, com espessura variando de 1 a 2 cm, com 40 x 70cm.

Procedimentos:

1) Peneirar o barro na peneira de arroz. Aproveitamento volumétrico em torno da metade.

2) O barro peneirado é misturado com a água até ficar bem plástico (maleável).

3) Colocar o barro em descanso (dois dias), num recipiente coberto com plástico para não perder umidade.

4) Aplicar uma fina camada de barro sobre a folha de laminado (foi tentado inicialmente aplicar o barro já misturado com o sisal, não dando um bom resultado, pois não fica uniforme).

¹ Resina de poliuretano bicomponente da Impervog (1 copo do componente "A" – catalisador (endurecedor) e ½ copo do componente "B" – resina). O tempo de utilização da mistura é de 20 minutos antes de começar a endurecer.

² O barro que está sendo utilizado foi retirado da própria PUC, das escavações para a fundação do prédio Beta, junto à encosta do morro. O barro é peneirado na peneira de arroz e depois é peneirado novamente na peneira de malha nº 30, para polvilhar.

- 5) Sobre o barro é espalhado o sisal com tamanhos de fibra variados.
- 6) Depois de espalhado, o sisal é comprimido com as pontas dos dedos das duas mãos contra o barro úmido até ficar incorporado ao barro.
- 7) Com a palma da mão é dado o acabamento superficial da placa.

12/08 - Lixei dois bambus.

13/08 - Laminei um bambu.

14/08 - Escolhi bambus. Laminei um bambu.

18/08 - Peneirei barro. Laminei bambu.

19/08 - Preparei barro para fazer outra placa.

20/08 - Fiz outra placa de fibrobarro

21/08 - Peneirei o barro. Laminei bambu.

24/08 - Ajudei o Mariano na estrutura.

25/08 - Lixei três bambus. Ajudei Mariano na estrutura.

26/08 - Fiz uma placa de barro e fibra de sisal (fibrobarro).

09/09 – Cortamos a placa de fibrobarro com 35cm de comprimento – cuja largura é de 42cm – e dividimos a colmeia ao meio (de 70cm ficou com 35cm).

Aplicamos resina de mamona na face do fibrobarro e na face da colmeia. Em seguida colocamos a placa de fibrobarro sobre a colmeia. Depois viramos e reproduzimos os procedimentos de modo a compor um painel do tipo sanduíche.

Resina da Imperveg de duplo componente UG 132A.

Traço: 1 parte componente A e 2 partes componente B (foram utilizados 4 traços = $240\text{ml} \times 4 = 960\text{ml}$). Medidor de 80ml.

Observação: em pouco tempo a resina penetrou no fibrobarro encharcando a superfície externa. Conclusão: teve que ser utilizada muita resina.

Apêndice 19 - Modelo de Catálogo de Composição de Serviços

Para um sistema construtivo ser assimilado socialmente, além do funcionamento adequado, é necessário que se mostre economicamente viável. Isso implica conhecer os custos de produção desde o desenvolvimento do projeto, fabricação e montagem, com toda a logística, materiais, equipamentos, pessoas e energia que cada etapa exige. Bem como os tempos de execução de cada etapa e como elas participam do custo final.

A partir das informações obtidas com experimentos, tanto no fabrico dos materiais como em montagens e desmontagens da estrutura da “sala bolha”, preparamos um esboço de Catálogo de Composição de Serviços para as construções em estrutura de feixes de bambu e vedação em mantas de barro cru com fibras vegetais.

Estruturado em famílias, grupos e itens, é a base para montar o sistema de custos unitários, a partir do qual se faz o orçamento. Este trabalho é proposto como um instrumento permanentemente vivo, na medida em que está aberto ao aperfeiçoamento e à complementação de seus itens.

Neste esboço de catálogo, estão relacionados os serviços específicos desse sistema construtivo em desenvolvimento, sendo descritos: as famílias: 01 – fabricação e 02 – montagem; os grupos: 01– estrutura, 02 – vedação e 03 – pasta cal e os respectivos itens de cada grupo. Quanto aos itens comuns a qualquer obra (tais como serviços de escritório, canteiro de obras, transportes, serviços preliminares, instalações hidrossanitárias e elétricas), estes podem ser adaptados ou extraídos integralmente do Caderno de Composição de Serviços EMOP³, do TCPO⁴ e das Práticas SEAP⁵, dependendo da necessidade específica de cada obra. Tal observação serve também para a oficina de fabricação dos materiais que deve ser instalada no canteiro de obras ou próximo dele. Também são utilizados códigos, número individual atribuído a cada elemento: 00 – mão de obra; 10 – materiais; 40 – EPIs; 60 – ferramentas e 90 – máquinas, bem como as unidades referentes a cada serviço ou elemento.

³ *Caderno de Composição de Serviços EMOP*, 4 ed., 1989. Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro – 368p.

⁴ *Tabelas de Composição de Preços para Orçamento TCPO*. Publicação da Editora PINI, 13 ed., 2011 – 846p.

⁵ *Manual de Obras Públicas – Edificações*, Práticas do SEAP, 1995 – Publicação da Secretaria de Estado e Administração – 362p.

Os grupos referentes à sobrecobertura e às esquadrias não são abordados neste modelo por ainda estarem em desenvolvimento. Os serviços que serviram de parâmetro para a computação do tempo foram, em sua maioria, executados em condições de laboratório e não industriais, devendo ser revistos quando da adoção do modelo de produção continuada.

Famílias

Família 01 – Fabricação: Esta família trata da fabricação das peças estruturais em bambu e dos elementos de vedação. Num desenvolvimento futuro tratará da fabricação da sobrecobertura e das esquadrias.

Grupo 01 – Estrutura

Item	Serviço	Código	unid.	quant.
01.01.01	Corte e retirada manual (un.)			
	Servente	3	hora	0,1
	Oficial	2	hora	0,05
01.01.02	Corte e retirada com motosserra (un.)			
	Servente	3	hora	0,05
	Oficial	2	hora	0,03
01.01.02	Limpeza do colmo (un.)			
	Servente	3	hora	0,05
01.01.03	Fatiamento com faca radial (un.)			
	Servente	3	hora	0,1
	Oficial	3	hora	0,05
01.01.04	Preparo manual das fitas (un.)			
	Servente	3	hora	0,15
01.01.05	Preparo com desengrosso (un.)			
	Servente	3	hora	0,05
01.01.06	Amarração das fitas em feixes (nó)			
	corda com 2mm	14	m	0,6
	Servente	3	hora	0,02
	Oficial	2	hora	0,02
01.01.07	Tratamento do feixe (m)			
	gaze industrial (faixa)	18	m	1,2
	Areia	12	m ³	0,0002
	resina poliuretânica vegetal	15	kg	0,025
	Servente	3	hora	0,06
	Oficial	2	hora	0,06
01.01.08	Marcação alfanumérica das fitas (pontos)			
	Servente	3	hora	0,005
	Oficial	2	Hora	0,005

Grupo 02 - Vedação

Item	Serviço	Código	unid.	Quant.
01.02.01	Escavação (m³) Servente	03	hora	4
01.02.02	Peneiragem com ciranda (m³) Servente	03	hora	1
01.02.03	Peneiragem com peneira nº4 – feijão (m³) Servente	03	hora	2
01.02.04	Preparo manual da mescla (m³) Servente Oficial	03 02	hora hora	2 1
01.02.05	Preparo da mescla com argamassadeira (m³) Servente Oficial	03 02	hora hora	1 0,5
01. 02.06	Descanso -- estocagem (m³) Servente	03	hora	1
01.02.07	Gabarito (un.) Prego Oficial	19 02	kg hora	0,003 0,25
01.02.08	Desfiamento e corte do sisal (kg) Sisal Servente	13 03	kg hora	1 0,3
01.02.09	Preparo da manta e empilhamento (m2) Mescla de barro Sisal Lona plástica Servente Oficial	 13 17 03 02	 m³ kg m² hora hora	 0,01 0,066 1,25 0,4 0,4

Grupo 03 – Pasta cal

Item	Serviço	Código	unid.	Quant.
01.03.01	Colocar água e adicionarcil (bombona) Cal Servente	11 03	saco hora	5 0,5
01.03.02	Corrigir nível da água e revolver (bombona) Servente	03	hora	0,2
01.03.04	Drenar água excedente (bombona) Servente	03	hora	0,15

Família 02 – Montagem: Esta família trata dos procedimentos de montagem, considerando-se que a organização do canteiro de obras e os serviços preliminares já estejam concluídos. Num desenvolvimento futuro tratará da montagem da sobrecobertura, da confecção do piso interno e das esquadrias.

Grupo 01 – Estrutura

Item	Serviço	Código	unid.	Quant.
02.01.01	Marcação do gabarito no chão (cj)			
	Servente	03	hora	1
	Montador	01	hora	1
02.01.02	Amarração do feixe de base (nó)			
	corda com 2mm	14	m	0,8
	Servente	03	hora	0,05
	Montador	01	hora	0,05
02.01.03	Amarração feixes estruturais à base (nó)			
	corda com 2mm	14	m	0,8
	Servente	03	hora	0,03
	Montador	01	hora	0,03
02.01.04	Amarração da estrutura (nó)			
	corda com 2mm	14	m	0,6
	Servente	03	hora	0,03
	Montador	01	hora	0,03
02.01.05	Trançamento de feixes diagonais (m)			
	Servente	03	hora	0,02
	Montador	1	hora	0,02
02.01.06	Abertura vão de porta e escotilhas (amarração)			
	corda (2 mm)	14	m	0,6
	Servente	03	hora	0,03
	Montador	01	hora	0,03
02.01.07	Abertura do vão de porta e escotilhas (un)			
	Servente	03	hora	0,1
	Montador	01	hora	0,1

Grupo 02 – Vedação

Item	Serviço	Código	unid.	Quant.
02.02.01	Aplicação manta de fibrobarro (m²)			
	manta de fibrobarro		m²	1,2
	Servente	03	hora	0,25
	Montador	01	hora	0,25

Item	Serviço	Código	unid.	quant.
02.02.02	Aplicação resina na base externa vedação (m²)			
	resina poliuretânica vegetal	15	kg	0,8
	Areia	12	m³	0,005
	Servente	3	Hora	0,3
	Montador	1	Hora	0,3
02.02.03	Aplicação pasta cal (m²)			
	pasta cal		m³	0,005
	Servente	3	Hora	0,4
	Oficial	2	Hora	0,4

Códigos

Mão de obra (00)

- 01 – Montador
- 02 – Oficial
- 03 – Servente

Materiais (10)

- 11 – Cal (saco 20 kg)
- 12 – Areia (m³)
- 13 – Sisal (kg)
- 14 – Corda com 2mm (m)
- 15 – Resina poliuretânica vegetal (kg)
- 16 – Solvente (l)
- 17 – Lona plástica (m²)
- 18 – Gaze industrial em faixa (m)
- 19 – Pregos (kg)
- 20 – Fita crepe (rolo)

EPIs (40)

- 41 – Óculos de proteção
- 42 – Luva de raspa
- 43 – Luva pigmentada
- 44 – Luva de látex
- 45 – Luva de alpinista
- 46 – Protetor auricular
- 47 – Capacete
- 48 – Cinto de segurança
- 49 – Máscara
- 50 – Máscara com filtro

Caso as atividades na oficina sejam concomitantes com o uso de máquinas, todos devem utilizar máscaras com filtro e protetor auricular. A Norma ABNT NBR 5413/82 – Iluminância de Interiores estabelece que o nível de iluminação mínimo para serviços grosseiros de marcenaria é de 200 LUX; para serviços semiprecisos é de 300 LUX e para serviços de acabamento é de 500 LUX.

Ver quadro de EPI por atividades na próxima página.

Quadro de EPIs por tipo de atividade			Óculos	Luva de raspa	Luva pigmentada	Luva de látex	Luva de alpinista	Protetor auricular	Capacete	Cinto de segurança	Máscara	Máscara com filtro
1	CAMPO	1.1. Corte de bambu com facão, serrote ou arco de serra	x	x					X			
		1.2. Corte de bambu com motosserra	x	x				x	X			
		1.3. Limpeza do colmo	x	x								
		1.4. Transporte		x								
2	OFICINA	2.1. Fitamento do bambu	x		x							
		2.2. Serra elétrica / desgrosso / policorte	x	x				x				X
		2.3. Ferramentas de bancada	x		x			x			x	
3	CAMPO/OFICINA	3.1 Escavação			x							
		3.2. Peneiragem			x							
		3.3. Amassamento do barro				x						
		3.4. Desfiamento do sisal			x					x		
		3.5. Preparo da manta				x						
4	MONTAGEM	4.1. Transporte		X								
		4.2. Amarração					x					
		4.3. Montagem acima de 2 metros							X	x		

Ferramentas (60)

- 61 – Carrinho de mão
- 62 – Balde
- 63 – Enxada
- 64 – Pá
- 65 – Chibanca
- 66 – Picareta
- 67 – Ciranda
- 68 – Peneira nº 8 (de feijão)
- 69 – Facão
- 70 – Tesoura
- 71 – Estilete
- 72 – Bombona
- 73 – Trincha

- 74 – Escada
- 75 – Trena
- 76 – Martelo
- 77 – Alicates
- 78 – Serrote
- 79 – Arco de serra

Máquinas (90)

- 91 – Policorte
- 92 – Argamassadeira
- 93 – Desengrosso
- 94 – Balança
- 95 – Motosserra
- 96 – Destorradeira

Elaboração de planilha de serviços para a “Sala Bolha”

A partir do projeto da “sala bolha” e da solução estrutural da primeira montagem, foram explicitadas as tarefas bem como a sequência de sua execução, sendo descritos os procedimentos de preparo e quantificados seus materiais, para as etapas de estrutura e vedação.

Quantificação dos materiais – bambu

Como cada seção das fitas estruturais é composta por quatro fitas singelas, o seu total será de 801,64m. A soma das fitas de travamento diagonal, que são singelas, é igual a: 283,45m. O feixe da base soma 22,55m. Como a seção do feixe é composta por seis fitas singelas, o total de fitas será de 135,30m. Desse modo, a soma total de fitas singelas monta 1242,94m.

O bambu utilizado neste projeto é da espécie *Bambusa tuldoide*, com colmos de diâmetro de 4cm, para serem abertos em quatro fitas cada um, com faca radial, que depois de limpas terão seção em torno de 3cm x 1cm e comprimento útil variando de 3m a 5m. Portanto, em média, cada colmo aberto resulta em 16m de fitas.

Temos que levar em conta também as perdas de pontas não aproveitadas, que estimamos em torno de 20% do seu comprimento, o que dará uma metragem total a ser considerada de 1492m. Dividindo essa metragem pela metragem média de fitas obtidas por colmos, teremos: $1.492\text{m} / 16\text{m} = 93,25$, ou seja, 94 colmos.

Quantificação dos materiais – barro

A área superficial da vedação é de aproximadamente 88m^2 , e considerando-se a superposição de 20% da área, para as emendas, teremos 106m^2 .

Para este projeto será considerado o barro existente e armazenado no Canteiro Experimental do Curso de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Rio. Esse barro, quando peneirado em peneira de malha nº 4 (peneira de feijão), apresentou rendimento em torno de 50%, ou seja, uma metade é aproveitada e a outra refugada. Como a espessura das mantas de fibrobarro é de aproximadamente 1cm e a área de manta, considerando o recobrimento, é de 106m^2 , necessitamos de $1,06\text{m}^3$ de terra peneirada. Estimando a perda em 50%, serão necessários $2,12\text{m}^3$ de barro, que arredondaremos para $2,2\text{m}^3$ de barro a ser peneirado.

Quantificação dos materiais – fibras vegetais

A fibra vegetal que está sendo utilizada neste projeto é o sisal picado com aproximadamente 4cm de comprimento, inserida na mescla de barro peneirado com água até a saturação. Durante a confecção do compósito são inseridas ainda fibras longas de sisal com comprimento variável atingindo até 40cm. Temos utilizado em torno de 66kg de sisal por m^3 de barro, então serão 72,6 kg de sisal.

Quantificação dos materiais – cal

A pasta cal preparada com cal CH1 será aplicada em camada fina sobre a manta de fibrobarro com espessura de 5mm. Desse modo, o seu volume será a espessura de 0,005m multiplicada pela área de 176m^2 , com total de $0,88\text{m}^3$. Se for acrescida uma perda de 10%, teremos aproximadamente o volume de 1m^3 de pasta de cal. Como a densidade da cal hidratada é de aproximadamente 1,58kg/l, cada saco de 20 kg (embalagem comercial) produz 11,66 litros. Então, para produzir 1m^3 (ou 1000l) serão necessários em torno de 86 sacos de 20kg de cal.

Quantificação dos materiais – cordas

Neste processo construtivo, todas as ligações se darão através de nós, desde a montagem das fitas estruturais a partir das fitas singelas de bambu, até o travamento final das diagonais à base. Para a montagem das fitas estruturais é considerado um nó por metro de fita, resultando em 200 nós. Para a amarração do feixe de base, são previstos quatro nós por metro, resultando em 91 nós. A malha

estrutural requer 234 nós. As fitas estruturais à estrutura de base requerem 50 nós e o vão da porta, 12 nós. O somatório é de 587 nós.

Para a comodidade e firmeza da amarração foi estimado o comprimento de 60cm de corda por nó, que multiplicado pela quantidade de nós resultam em 360 metros de corda. A corda a ser utilizada é de poliuretano trançado com diâmetro de 2mm, comercializada em rolos de aproximadamente 200m. Neste caso devem ser adquiridos 2 rolos de corda.

Quantificação dos materiais – resina

A resina será aplicada como proteção interna das fitas estruturais, das fitas de acabamento e dos aros de base, com a seguinte área de cobertura: fitas estruturais: $200m \times 0,1m = 20m^2$; aros de base: $45m \times 0,1m = 4,5m^2$; fitas de travamento: $271m \times 0,05 = 13,55m^2$, que somados representam $38,05m^2$. Multiplicando pela espessura de 5mm, teremos $0,19m^3$, arredondado para $0,2m^3$. Como o traço é de 1: 10 de areia média, teremos aproximadamente $0,2 m^3$ de areia e $0,02m^3$ de resina, ou 20 litros, que correspondem a 25kg de resina.

Temos que considerar também o uso da resina na impermeabilização da base da vedação externa, com área aproximada de $18,75m^2$. Prevendo o uso de $1kg/m^2$, teremos mais 19kg, totalizando 44kg de resina poliuretânica vegetal.

Planilha de quantificação e serviço

A planilha apresentada abaixo relaciona cada serviço ao tempo de execução estimado e à quantidade de pessoas para executá-lo, resultando num somatório de horas trabalhadas que permitiu a composição do cronograma preliminar de montagem da sala multiuso.

Para este trabalho foi considerado que as matérias-primas já estejam no local de confecção dos materiais, no caso o LILD, e desprezados os transportes horizontais e verticais dos materiais até o local de montagem no estacionamento do campus.

Cód.	Descrição dos serviços	Unid.	Quant.	Pessoas	Horas	Total horas
01	Fabricação					
01.01	Estrutura					
01.01.03	Abertura do colmo com faca radial	un.	94	2	0,10	18,80
01.01.04	Fitagem	un.	376	1	0,10	37,60
01.01.06	Amarração dos feixes estruturais	nós	200	2	0,05	20,00
01.01.08	Marcação alfanumérica	ponto	284	2	0,005	2,84
	Subtotal					79,24
01.02	Vedação					
01.02.03	Peneirar o barro peneira nº 4	M³	2,2	1	2,00	2,40
01.02.04	Preparo da mescla de barro	M³	1,1	2	3,00	6,60
01.02.06	Estocagem em bombonas	M³	1,1	1	1,00	1,10
01.02.08	Picotagem do sisal (manual)	kg	72,6	1	0,30	21,78
01.02.07	Confecção do gabarito	un.	2	1	0,25	0,50
01.02.08	Preparo da manta de fibrobarro+empilh.	M²	106	2	0,40	84,80
	Subtotal					117,18
01.03	Pasta de cal					
01.03.01	Encher tonéis e adicionar cal	tonel	10	2	0,50	10,00
01.03.02	Corrigir nível da água e revolver	tonel	140	1	0,20	28,00
01.03.03	Drenar a água	tonel	10	2	0,15	3,00
	Subtotal					41,00
02	Montagem					
02.01	Estrutura					
-	Delimitação da área	M²	80	2	0,05	8,00
-	Armação do toldo de proteção	M²	63	4	0,02	5,04
02.01.01	Marcação do gabarito no chão	un.	1	2	0,50	1,00
02.01.02	Amarração dos feixes da base	nó	91	2	0,03	5,46
-	Montagem e desmontagem de andaimes	M²	28	2	0,15	8,40
Cód.	Descrição dos serviços	Unid.	Quant.	Pessoas	Horas	Total
02.01.03	Amarração da estrutura à base	nó	50	2	0,03	3,00
02.01.04	Amarração da estrutura	nó	234	2	0,03	14,04
02.01.05	Trançamento de fitas	m	271	2	0,02	10,48
02.01.06	Abertura vão de porta (amarração)	nó	12	2	0,03	0,72
02.01.07	Abertura vão de porta (corte)	un.	1	2	0,1	0,20
	Subtotal					56,34
02.02	Vedação					
02.02.01	Aplicação manta de fibrobarro	M²	88	2	0,25	44,00
-	Aplicação resina face interna fitas	m	516	1	0,05	25,80
02.02.02	Aplicação pasta cal (int./externa)	M²	176	2	0,40	140,80
02.02.03	Aplicação resina impermeabiliz.	M²	19	2	0,30	11,40
	Subtotal					222,00
	Total geral					515,76

Cronograma preliminar

A partir da quantificação dos serviços com seu tempo de execução, foi montada a tabela abaixo pressupondo 22 dias de trabalhos mensais e quatro pessoas trabalhando em regime de 8 horas diárias. Nesta hipótese serão

necessários 128 dias trabalhados, ou seja, quase seis meses de trabalho pela equipe.

Grupo	Serviço/semana	1ª semana	2ª semana	3ª semana	4ª semana
01.01	Fabrico estrutura				
01.02	Fabrico vedação				
01.03	Fabrico pasta cal				
02.01	Montagem estrutura				
02.02	Montagem vedação				

Anexo 1 – Algumas tipologias de construções nativas

Neste anexo reproduzimos os croquis publicados no texto “Habitação Indígena Brasileira” de Maria Heloísa F. Costa e Hamilton B. Malhano, *in Suma Etinológica Brasileira* 2ª edição (p. 27-94), coordenação Berta G. Ribeiro, 1983.

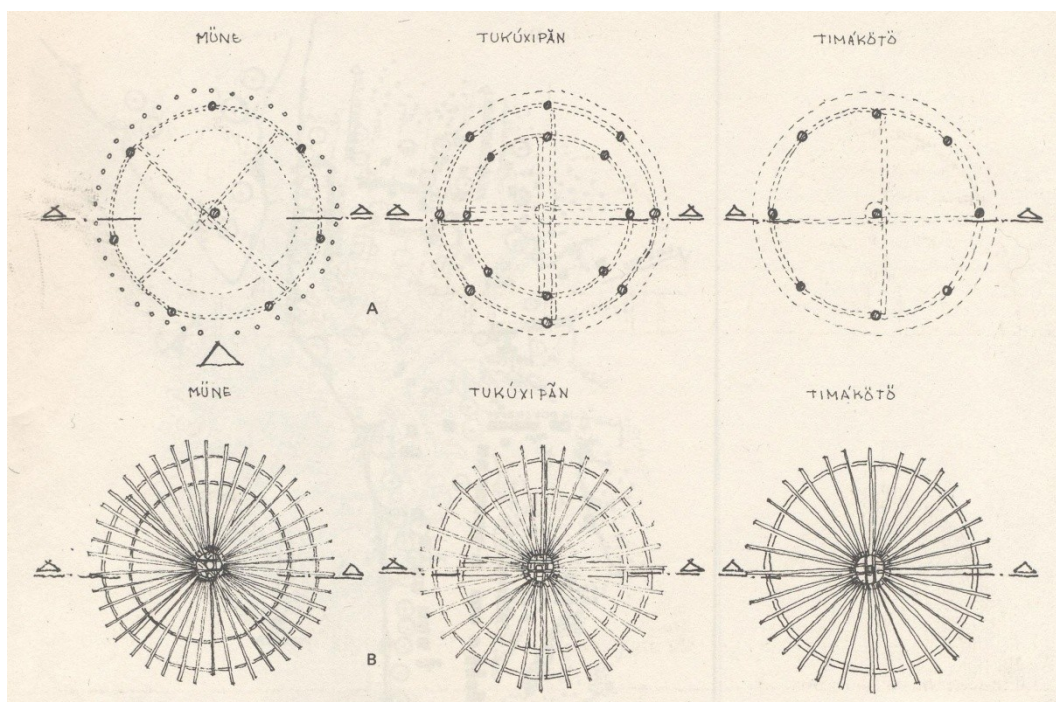


Figura 111: Casa Tiriyo: planta baixa circular e encaibramento, p.34.

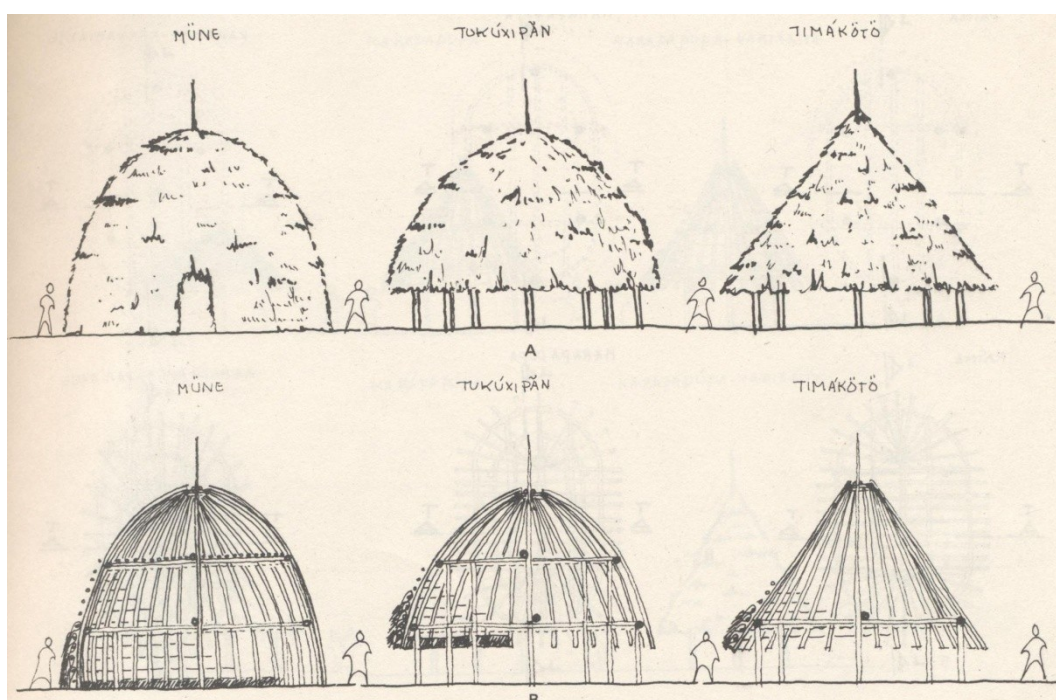


Figura 112: Casa Tiriyo: cortes e fachadas, p.35.

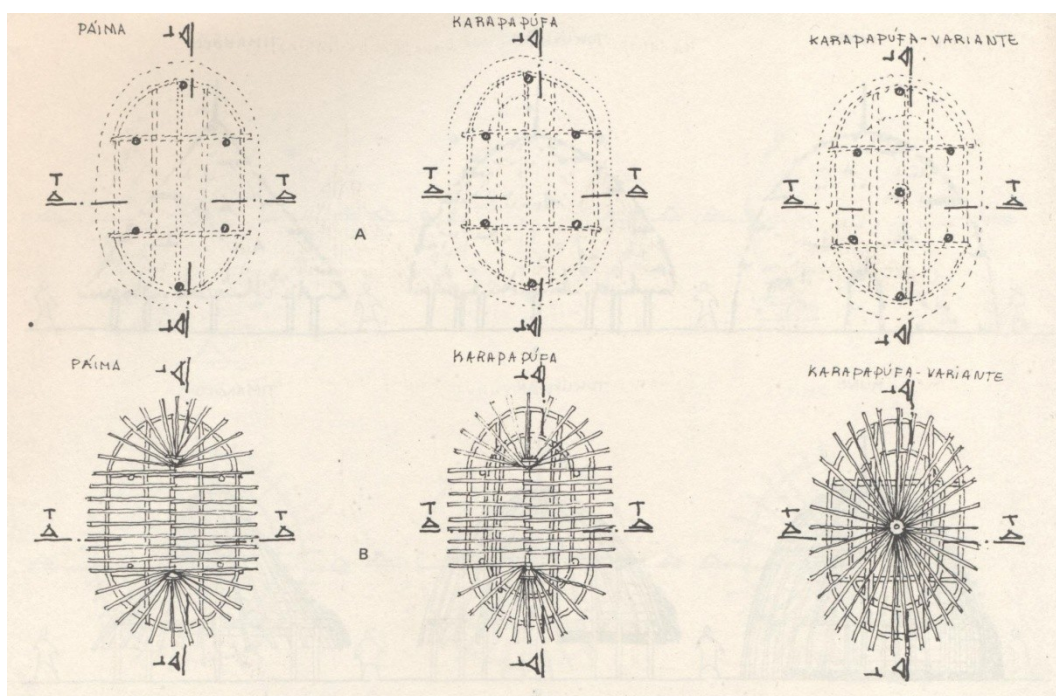


Figura 113: Casa Tiriyo: planta baixa elíptica e encaibramento, p.36.

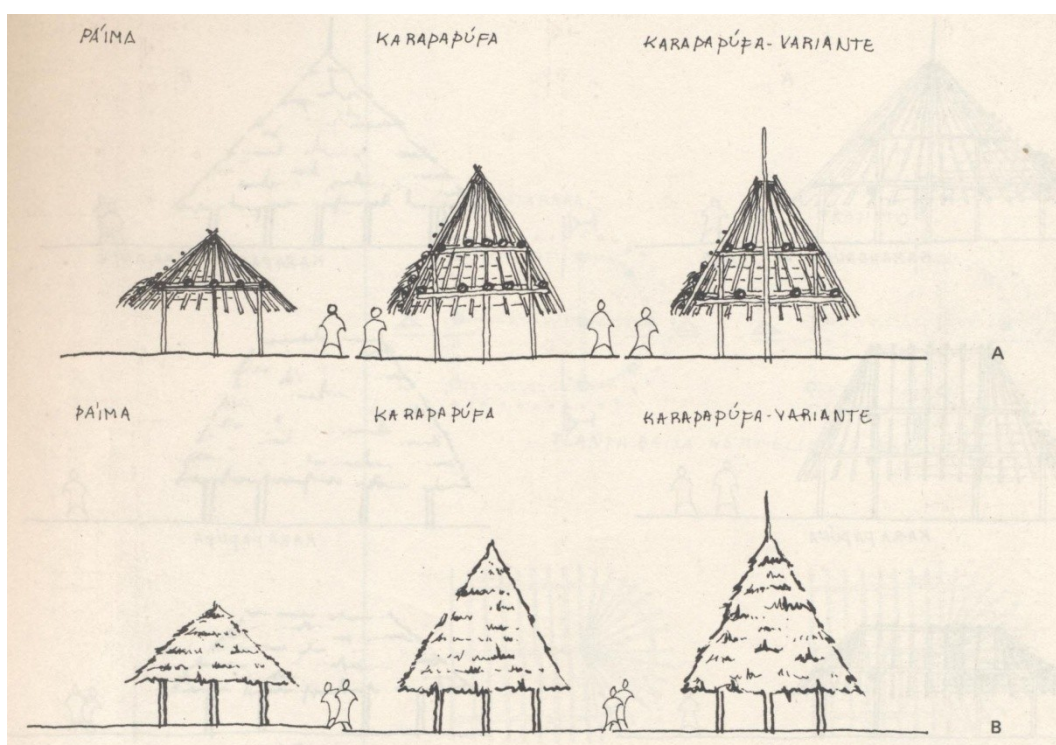


Figura 114: Casa Tiriyo: cortes transversais e fachadas, p.37.

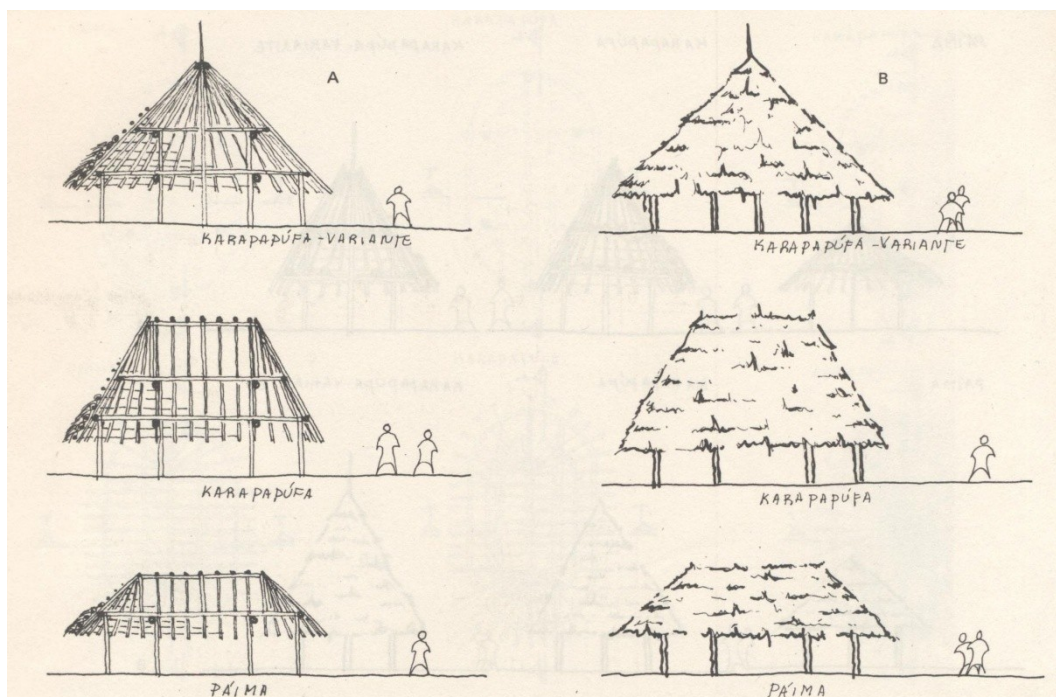


Figura 115: Casa Tiriyo: cortes longitudinais e fachadas, p.38.

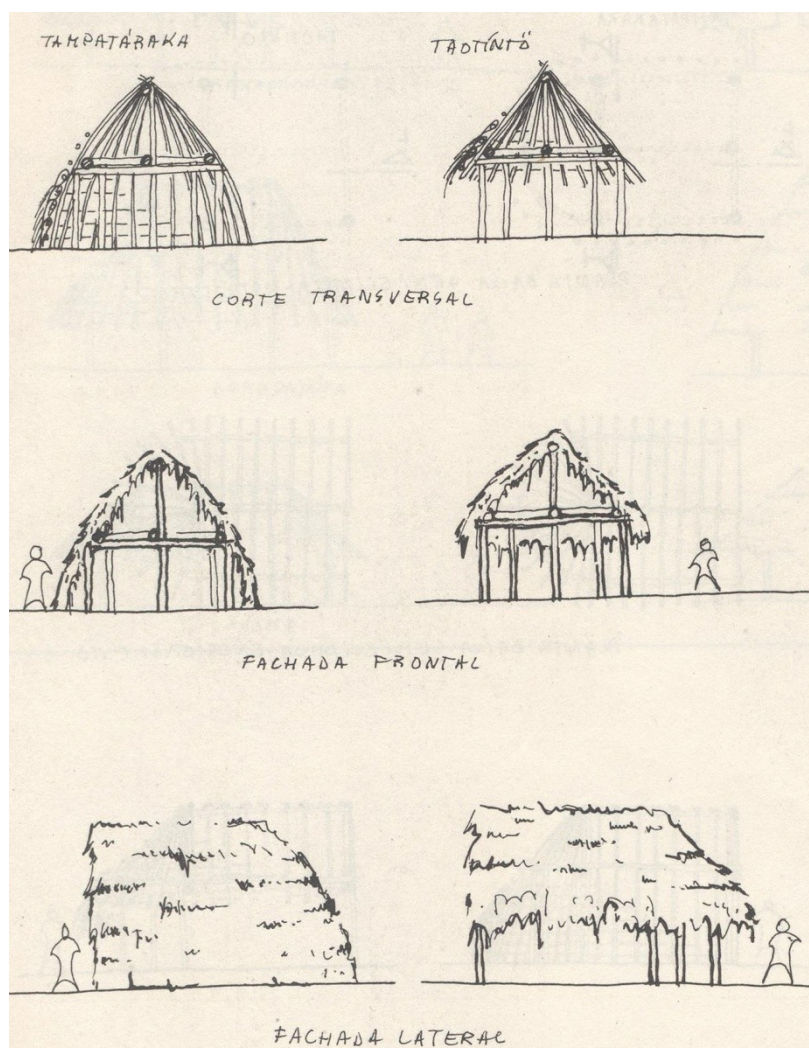


Figura 116: Casa Tiriyo: cortes transversais e fachadas lateral e frontal, p.40.

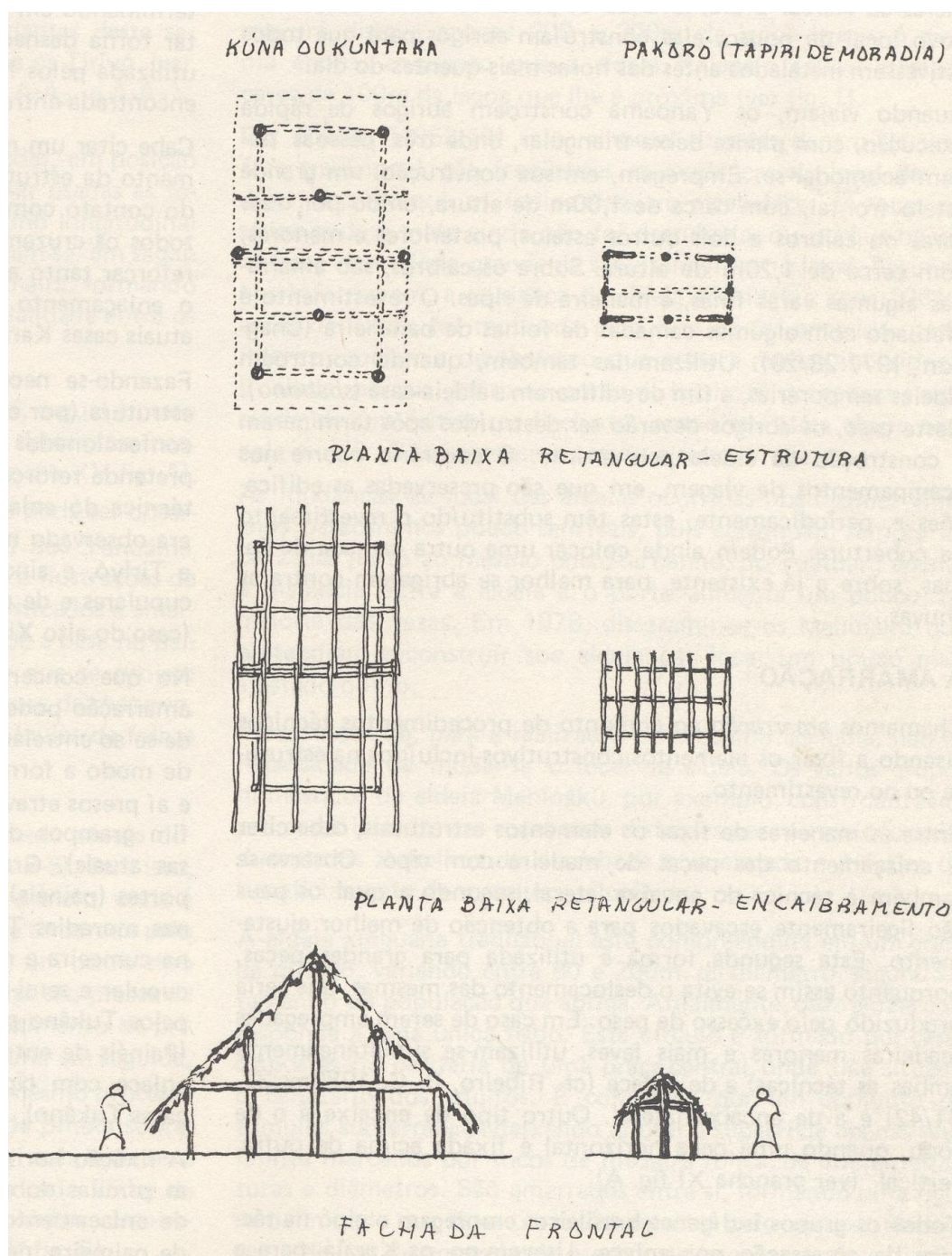


Figura 117: Casa Tiriyo: planta baixa retangular, p.41

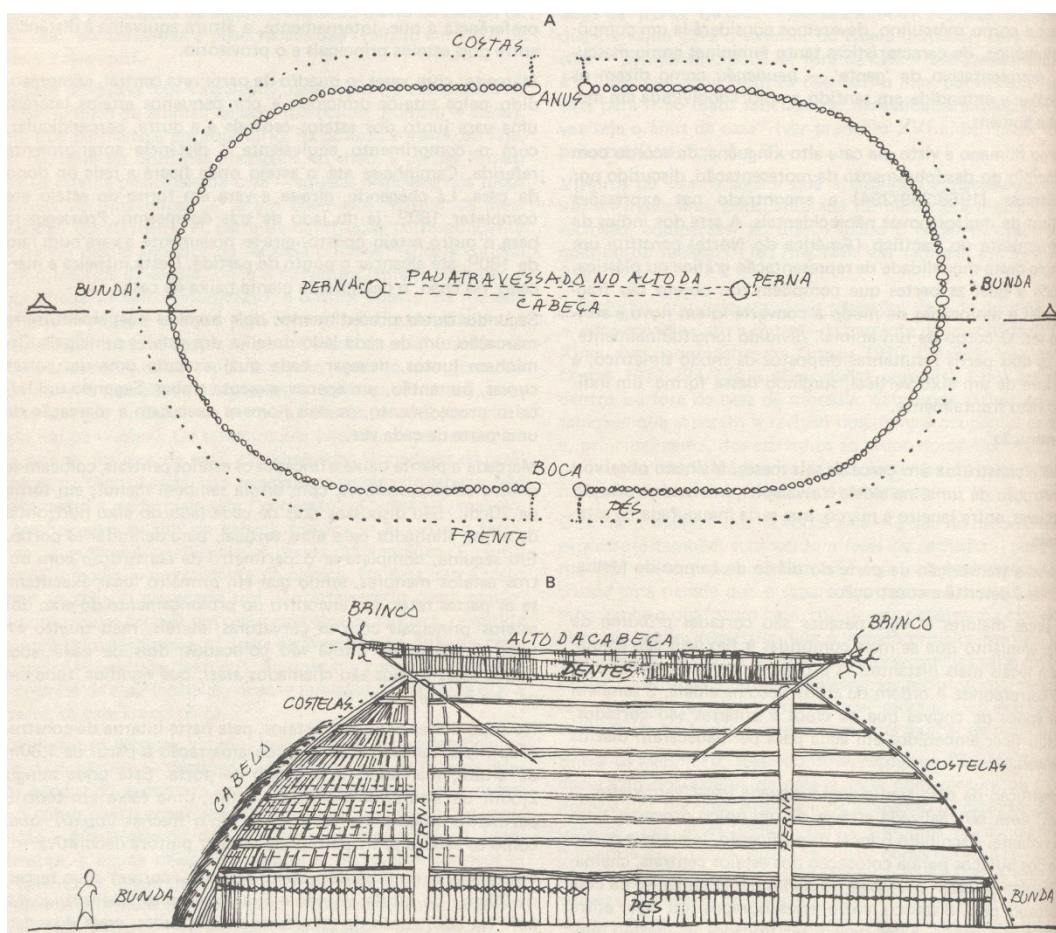


Figura 118: Casa xinguan: planta baixa e corte – antropoformismo, p.56.

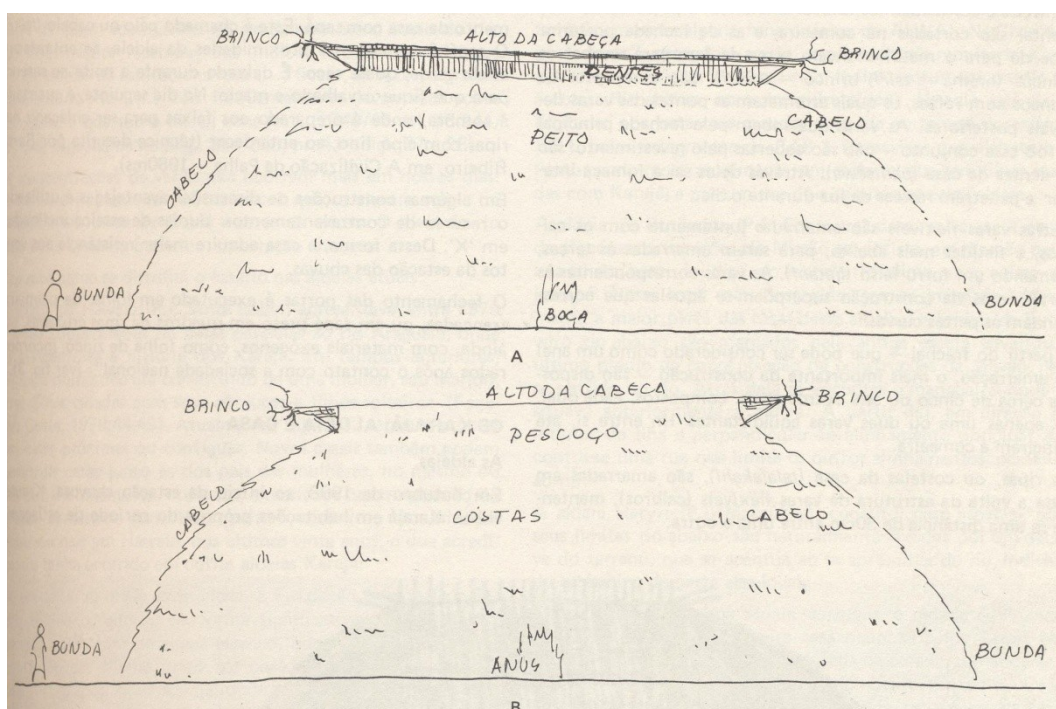


Figura 119: Casa xinguan: planta baixa, corte e fachada – antropoformismo, p.57.

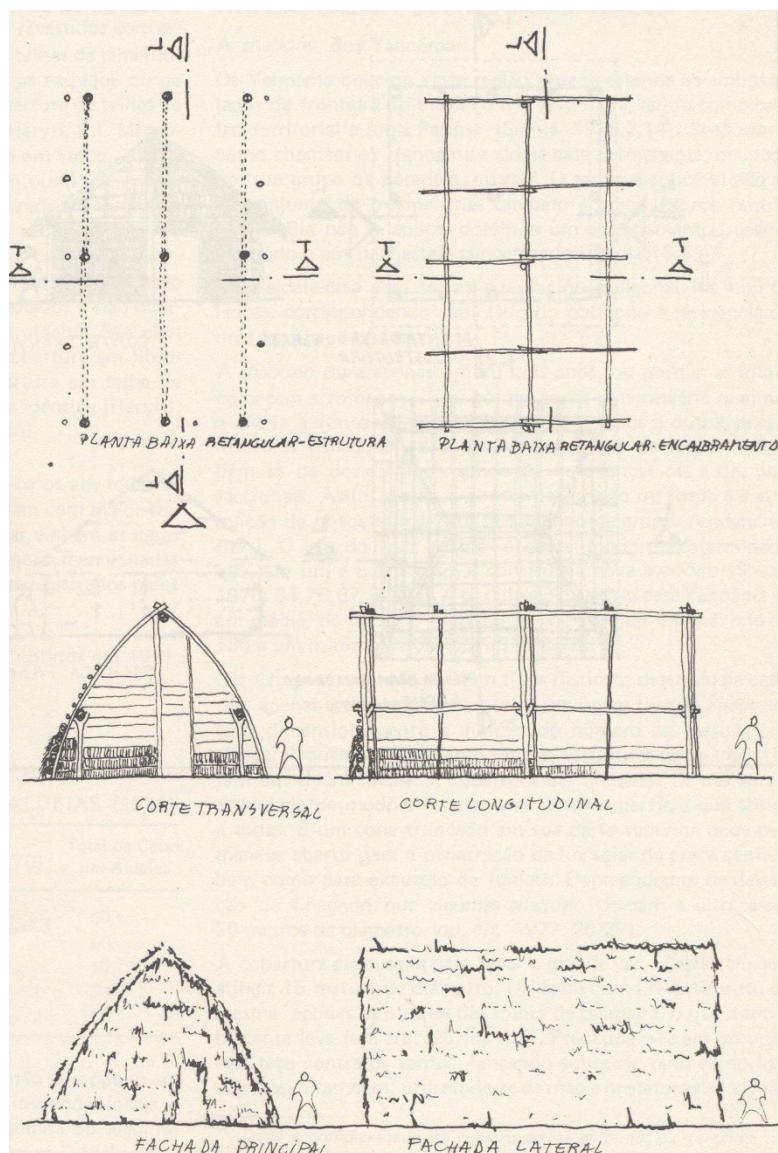


Figura 120: Antiga casa Karajá: cortes e fachadas

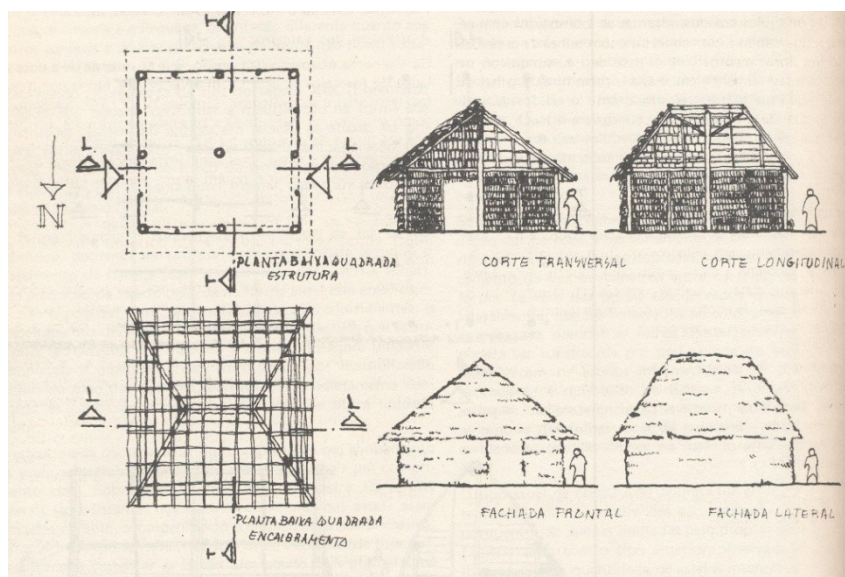


Figura 121: Habitação Karajá: planta, corte, fachada e encaibramento, p.66.

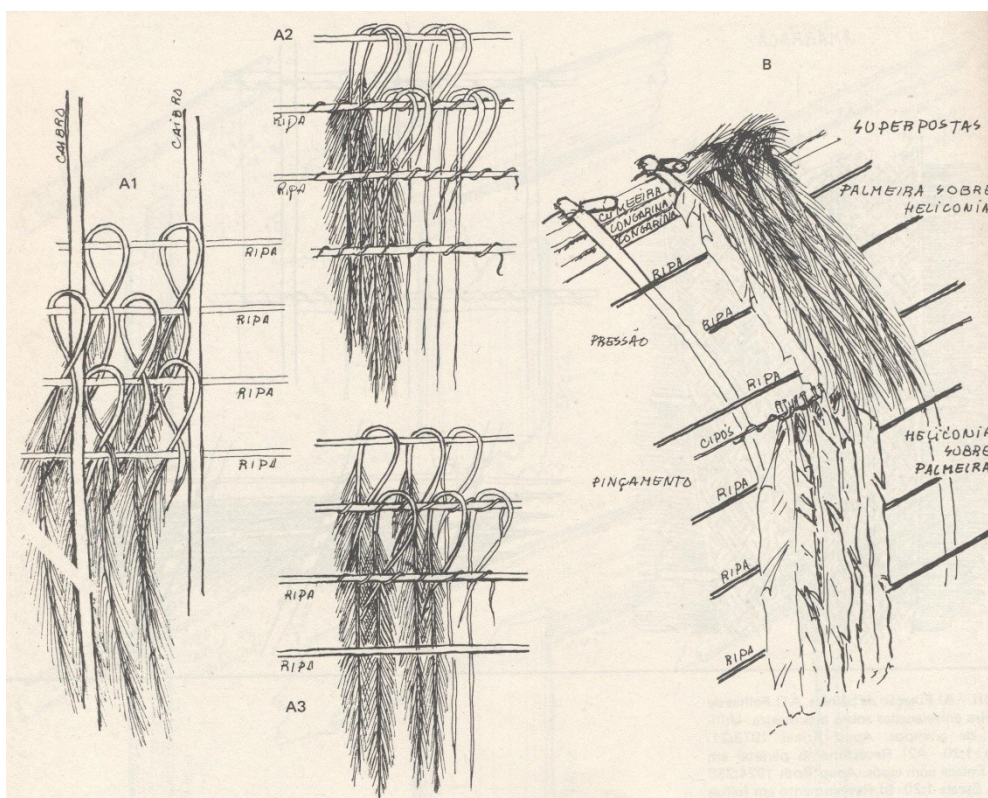


Figura 122: Revestimento em folha de palmeira. A1: fixação sobre pressão; A2: enlace com cipós (tipo Karajá); A3: enlace com cipós (tipo Tiriyo) e B: revestimento em folha de palmeira e Heliconia superposta, p.48.

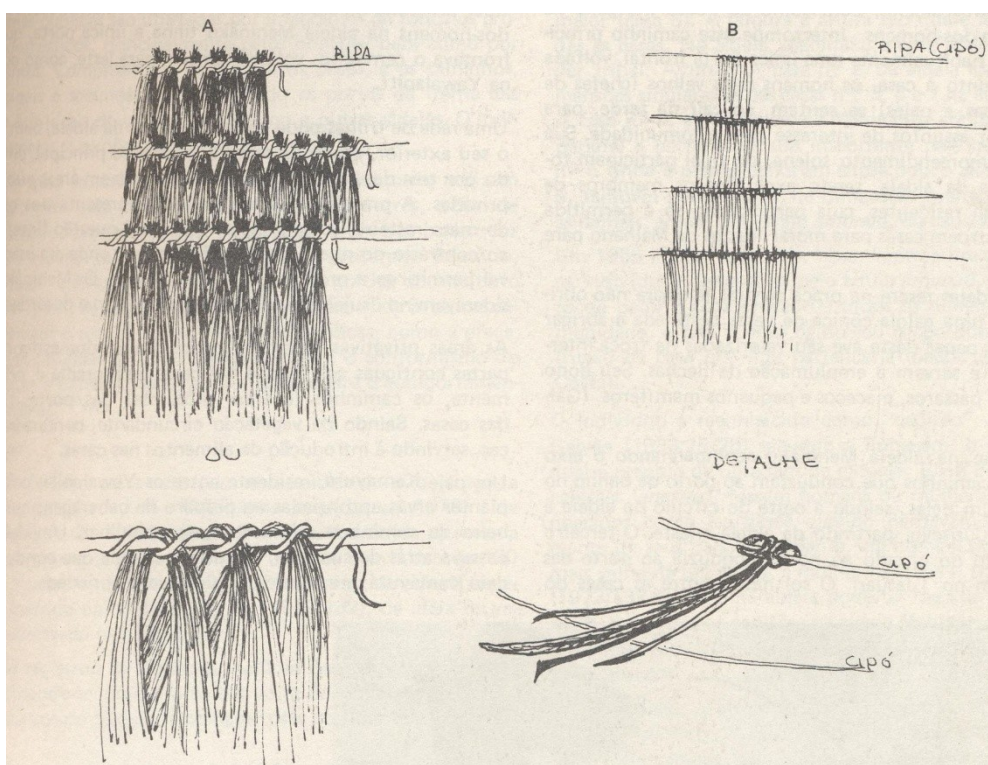


Figura 123: Tipos de amarração. Revestimento em sapé. A: enlace com cipós; B: enlace com o limpo da pínula, p.49.

Anexo 2 – Acréscimo da vazão com a relação entre as áreas de entrada e saída de ar

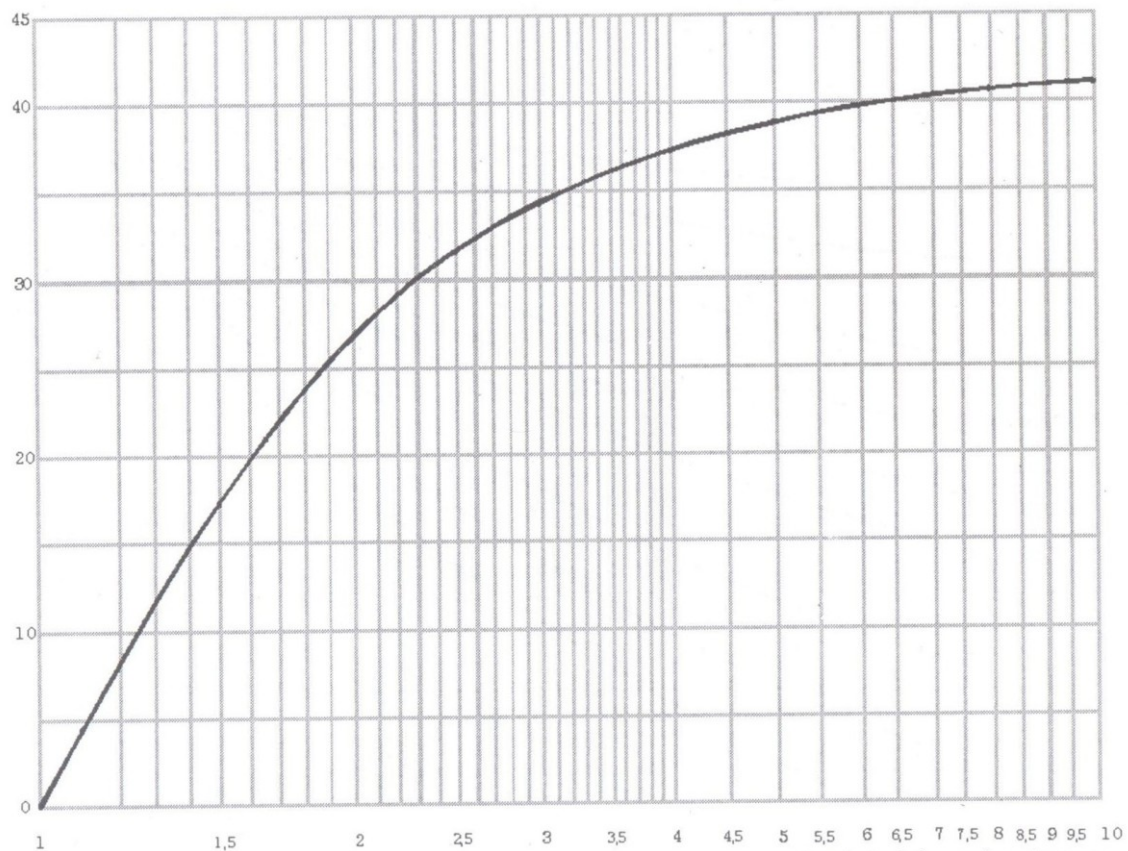


Figura 124: Acréscimo da vazão com a relação entre os vãos de entrada e saída de ar (TOLEDO, E., 1999, p. 162).

A abscissa do gráfico representa a razão entre as áreas dos vãos de ventilação, variando de 1 a 10 e a ordenada representa o acréscimo percentual do fluxo de ar se comparado a aberturas de entrada e saída de ar mesmo vão. Correspondendo o limite, para a razão de 10, de aproximadamente 41%.

Anexo 3 – Equipamentos de Proteção Individual

Copilamos abaixo os itens do anexo 1 da NR nº 6, pertinentes aos serviços relacionados no Modelo de Catálogo de Composição de Serviços – Apêndice 19:

- a) Proteção da cabeça: capacete para proteção contra impactos de objetos sobre o crânio;
- b) Proteção dos olhos: óculos para proteção contra impactos de partículas volantes;
- c) Proteção auditiva:
 - c.1) No uso de motosserra ou serra circular: protetor auditivo circum-auricular para proteção do sistema auditivo contra níveis de pressão sonora superiores ao estabelecido na NR-15;
 - c.2) No uso de outras ferramentas ou em ambientes em que estejam em uso: protetor auditivo de inserção para proteção contra níveis de pressão sonora superiores ao estabelecido na NR-15;
- d) Proteção respiratória: peça semifacial filtrante (PFF1) para proteção contra poeiras e névoas;
- e) Proteção do tronco: vestimentas para proteção contra riscos de origem meteorológica;
- f) Proteção dos membros superiores:
 - f.1) No corte do bambu, limpeza e transportes em geral: luvas para proteção contra agentes cortantes e perfurantes;
 - f2) Na confecção do fibrobarro: luvas para proteção contra umidade proveniente de operações com uso de água;
 - f3) Na aplicação de resina: luvas para proteção contra agentes químicos;
 - f4) Nas amarrações: luva de alpinista para proteção contra o atrito provocado pelas cordas;
 - f4) Nas atividades diversas: luvas para proteção contra agentes abrasivos e escoriantes;
- g) Proteção dos membros inferiores: calçado para proteção contra agentes cortantes e perfurantes;
- h) Proteção contra quedas com diferença de nível: cinturão de segurança com dispositivo trava-queda para proteção em operações com movimentação vertical ou horizontal.