

**Universidade de São Paulo  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo  
FAUUSP**



**SISTEMA ESTRUTURAL TRELIÇADO MODULAR EM MADEIRA – SET 2M**

**DÉCIO GONÇALVES**

**São Paulo  
2007**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Universidade de São Paulo**  
**Faculdade de Arquitetura de Urbanismo**

**SISTEMA ESTRUTURAL TRELIÇADO MODULAR EM MADEIRA**  
**SET 2M**

**DÉCIO GONÇALVES**

Tese apresentada à Faculdade de  
Arquitetura e Urbanismo da Universidade de  
São Paulo – FAUUSP, como requisito para  
obtenção de Grau de Doutor.

Área de concentração: Projeto de Arquitetura  
Orientador: Prof. Dr. Arnaldo Antonio Martino

**São Paulo**  
**2007**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

ASSINATURA:

E-MAIL: dg@usp.br

G635s Gonçalves, Décio  
Sistema estrutural treliçado modular em madeira –  
SET 2M / Décio Gonçalves. - - São Paulo, 2007.  
365 p. : il.

Tese (Doutorado – Área de Concentração: Projeto  
de Arquitetura) – FAUUSP.  
Orientador: Arnaldo Antonio Martino.

1. Estruturas de madeira 2. Sistemas e processos  
construtivos 3. Treliças 4. Impactos ambientais  
I. Título

CDU 624.011.1



## Dedicatória

Aos meus pais, Armando e Josephina (*in memoriam*);  
Aos meus filhos, Armando, Fábio (*in memoriam*), Fernanda e Ana Carollina;  
E aos meus netos, Gabriela e Felipe.

## Agradecimentos

Ao Professor Arnaldo Martino, pelo privilégio de ser seu orientando.

Ao Professor Marcos Monteiro, titular da firma *Planear Engenharia*, pela generosa e criteriosa elaboração do dimensionamento inicial para a estabilização geral do sistema, através do cálculo estrutural do *SET 2M*.

Ao Professor Nilson Franco pela prestigiosa colaboração para esse sistema desde seu nascedouro.

Aos Professores interlocutores pela paciência e disponibilidade de seu precioso tempo: Augusto Carlos de Vasconcelos, Élide Monzéglio (*in memoriam*), Júlio Roberto Katinsky, Marcos Acayaba e Sylvio Sawaya.

Ao pessoal dos Departamentos da FAUUSP: bibliotecas da FAU/Maranhão e FAU/Campus Cidade Universitária; LAME, LPG e FOTO; bem como o pessoal do IPT.

Em particular, ao Chang Chi Ping pela sempre bem vinda ajuda na solução dos problemas de *hardware*; ao colega Arquiteto Anderson Habe, da firma *Gradua Projetos e Design*, pela sua dedicada participação nos trabalhos de *autocad* para as provas com programas e funcionais, assim como pela elaboração da maquete na escala 1:25 do Estudo de caso 4.1.1, e a precisa e correta revisão ortográfica dos elementos pré e pós textuais, bem como do texto em si, da Sibebe Fausto.

## Epígrafe

*Ó mar salgado, quanto do teu sal  
São lágrimas de Portugal!  
Por te cruzarmos, quantas mães choraram  
Quantos filhos em vão rezaram  
Quantas noivas ficaram por casar  
Para que fosses nosso, ó mar!*

*Valeu a pena? Tudo vale a pena  
Se a alma não é pequena.  
Quem quer passar além do Bojador  
Tem que passar além da dor.  
Deus ao mar o perigo e o abismo deu,  
Mas nele é que espelhou o céu.*

Segunda parte: **MAR PORTUGUÊS**  
*Possessio maris*  
Autor: Fernando Pessoa

## Resumo

GONÇALVES, D. ***Sistema estrutural treliçado modular em madeira – SET 2M.*** São Paulo, 2007. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. 365p.

O presente Trabalho de Tese objetiva a concepção e o desenvolvimento de um sistema estrutural treliçado modular em madeira. Avalia o comportamento de alguns dos seus principais elementos constituintes, através de experimentos realizados em laboratório e apresenta provas com programas funcionais, tornando factível a implantação do artefato arquitetônico em terrenos difíceis com mínimo impacto ambiental. Compara de forma estimativa os custos dessa estrutura executada em madeira, concreto e aço. É permeado em sua primeira fase por um breve relato da Arquitetura Brasileira em madeira, do colonial ao contemporâneo e pela descrição sucinta das características da madeira, privilegiando sua capacidade portante e finalmente pela concepção e desenvolvimento do sistema estrutural em madeira, objeto desse trabalho, denominado *Sistema estrutural treliçado modular em madeira – SET 2M*. Em sua segunda parte, procura-se dotar o sistema com provas de programas funcionais: três residências unifamiliares, uma multifamiliar e uma pousada. O sistema baliza-se no princípio que, para se pensar e construir uma edificação de boa qualidade com baixo custo de construção, deve-se “introduzir altos níveis de racionalidade e criatividade na concepção do espaço e na sua construção”. O *SET 2M* é caracterizado pela aplicação metodológica da sucessão e continuidade de eventos, assim como da coerência de decisões, em função de suas racionalidades de concepção e de construção, as quais objetivam organizar e prever diferentes operações em oficinas de marcenaria e serralharia em suas montagens no canteiro de obras. Essas montagens processam-se através da utilização de: 1) recursos simples, exigindo equipamentos e ferramentais disponibilizados correntemente no mercado na construção civil; 2) equipe composta por um número reduzido de pessoal; 3) prazo de execução exíguo, devido às suas características projetuais de concepção e de construção. A madeira se apresenta como um material atraente para essas concepções, pois equipara-se, em termos de custos, ao aço, material altamente empregado nos dias atuais e supera em muito o concreto protendido, material possível de execução quando pensado com as características específicas do *SET 2M*. Para a concepção e o desenvolvimento do *SET 2M* realizou-se, no laboratório do LAME da FAUUSP, maquetes e protótipos de alguns dos mais significativos de seus elementos constituintes, que atestaram de forma bastante satisfatória o comportamento do sistema. A estrutura foi calculada no nível de desenvolvimento inicial, possibilitando, assim, sua estabilização geral.

**Palavras-chave:** sistema; estrutura; treliça; modulação; madeira; impacto ambiental.

## Résumé

GONÇALVES, D. ***Système structural treillagé modulé en bois — SET 2M***. São Paulo, 2007. Thèse (Doctorat). Université de São Paulo. Faculté de Architecture et Urbanisme. 365p.

La thèse ici présentée vise la conception et le développement d'un système structural treillagé modulé en bois. Ce travail évalue le comportement de certains de ses éléments de constituant principal, par des expériences exécutés dans le laboratoire, et il présente des essais avec des programmes fonctionnels, en devenant faisables l'implantation du dispositif architectural dans les terres difficiles avec des moindres incidences sur l'environnement. Il compare et estime les coûts de cette structure exécutée en bois, béton et acier. Il se compose dans sa première phase par une brève histoire de l'Architecture Brésilienne en bois, du colonial au contemporain, d'une description rapide des caractéristiques du bois, favorisant sa capacité de charge, et finalement par la conception et le développement du système structural en bois, l'objet de ce travail, appelé le Système structural treillagé modulé en bois – SET 2M. Dans sa deuxième partie, il regarde pour doter le système avec des essais dans des programmes fonctionnels: trois résidences simples, une résidence familiale et une auberge. Le système est basé dans ce principe: pour penser et construire un bâtiment avec de la bonne qualité avec le moindre coût de construction, nous devons présenter des niveaux élevés de rationalité et de créativité dans la conception de l'espace et de sa construction. Le SET 2M est caractérisé par une application méthodologique de la succession et de la continuité des événements, aussi bien que de la concordance des décisions, en fonction de ses rationalités de conception et de construction, lesquelles visent à organiser et prévoir différentes opérations dans les joineries, les charpentes et les serrures dans ses montages au lieu de travail. Ces montages sont traités par l'utilisation de: 1) ressources simples, en exigeant un équipement et outils actuellement disponibles sur le marché de la construction civile ; 2) équipe composée par un nombre réduit de personnel; 3) courts période, dû à ses caractéristiques projetées de conception et de construction. Le bois se présente comme matériel attrayant pour ces conceptions, parce qu'il est comparé en coût à l'acier, fortement utilisé de nos jours, et il surpasse le béton lourd, un matériel possible d'exécution quand pensé avec les caractéristiques spécifiques du SET 2M. Pour la conception et le développement du SET 2M, nous avons construit, dans le laboratoire du LAME de la FAUUSP, des maquettes et des prototypes de ses éléments constitutifs plus expressifs, qui ont certifié de manière satisfaisante le comportement du système. La structure a été calculée au niveau du développement initial, faisant possible, ainsi, sa stabilisation générale.

**Mots-clés:** système; structure; treillage; module; bois; incidences sur l'environnement.

## Abstract

GONÇALVES, D. **Wooden modulated latticed structural system – SET 2M**. São Paulo, 2007. Thesis (PhD). University of São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. 365p.

The present Thesis aims the conception and the development of a wooden modulated latticed structural system. This work evaluates the behavior of some of its main constituent elements, through experiments carried through in laboratory, and presents tests with functional programs, becoming feasible the implantation of the architectural device in difficult lands with minimum environmental impact. It compares and esteems the costs of this structure executed in wood, concrete and steel. It is composed in its first phase by a brief story of the Brazilian Architecture in wood, from the colonial to the contemporary, a quick description of the characteristics of the wood, privileging its carrying capacity, and finally by the conception and development of the wooden structural system, the object of this work, called Wooden modulated latticed structural system – SET 2M. In its second part, it looks to endow the system with tests in functional programs: three single residences, one familiar residence and a resort inn. The system is based in this principle: to think and to construct a building of good quality with low cost of construction, we must introduce high levels of rationality and creativity in the conception of the space and its construction. The SET 2M is characterized by a methodological application of the succession and continuity of events, as well as of the coherence of decisions, in function of its rationalities of conception and construction, which aim to organize and to foresee different operations in joineries, carpentries and locksmiths in its assemblies in the building. These assemblies are processed by the use of: 1) simple resources, demanding equipment and tools currently available in the market in the civil construction; 2) team composed by a reduced number of staff; 3) short stated period, due to its projected characteristics of conception and construction. Wood presents itself as an attractive material for these conceptions, because it compares in cost to the steel, highly used nowadays, and it surpasses the extended concrete, a possible material of execution when thought with the specific characteristics of *SET 2M*. For the conception and the development of the SET 2M, we built in the laboratory of the LAME of the FAUUSP mockups and prototypes of its expressive constituent elements, which certified satisfactorily the behavior of the system. The structure was calculated in the level of initial development, making possible, thus, its general stabilization.

**Keywords:** system; structure; trellis; module; wood; environmental impact.

## Lista de ilustrações

Figura	Descrição	Página
1.1	Vedo estruturado com bambus	p.8
1.2	Vedo em taipa de mão	p.8
1.3	<i>A Casa do Nilo</i>	p.8
1.4	Maloca	p.10
1.5	Motivo decorativo	p.11
1.6	Croquis – <i>JM Tibaou Centre</i>	p.12
1.7	Jangada de índios	p.12
1.8	Maquete – <i>JM Tibaou Centre</i>	p.12
1.9	Capela antiga da <i>Igreja do Pátio do Colégio/SP</i>	p.14
1.10a 1.10b	“Construção em gaiola”	p.16
1.11	Croquis – obra <i>Thiago de Mello</i>	p.17
1.12	Obra <i>Thiago de Mello</i>	p.17
1.13	<i>Cabana Primitiva</i>	p.19
1.14	Ponte sobre o Rio Brenta/Itália de 1569	p.20
1.15	Ponte em Kintai-Bashi/Japão	p.20
1.16	Ligações I	p.22
1.17	Ligações II	p.22
1.18	Ligações III	p.22
1.19	Ligações IV	p.22
1.20	Ligações V	p.22
1.21	Ligações VI	p.23
1.22	Ligações VII	p.23

1.23	Ligações VIII	p.23
1.24	Ligações IX	p.23
1.25	Amarrações I	p.24
1.26	Amarrações II	p.24
1.27	Amarrações III	p.24
1.28	Corte - casa elevada	p.25
1.29	Maquete	p.25
1.30	Planta – “ <i>tsubo</i> ” - casa	p.26
1.31	Planta e corte - casa	p.26
1.32	“ <i>ma</i> ”	p.27
1.33	Parede divisória	p.28
1.34	Beirais generosos	p.30
1.35	Frestas para ventilação	p.30
1.36	Proteção dos pilares	p.31
1.37	Pagode de três andares	p.32
1.38	Pagode de cinco andares	p.32
1.39	Imponência construtiva	p.33
1.40	Verdade dos materiais	p.34
1.41	Corte esquemático I – <i>pit dwelling</i>	p.35
1.42	Corte esquemático II – <i>pit dwelling</i>	p.35
1.43	<i>Farm dwelling</i> derivada da <i>pit dwelling</i>	p.35
1.44	Estilo <i>Shinden-zukuri</i>	p.36
1.45	Antiga casa japonesa assobradada	p.37
1.46	O limite entre o exposto e o recluso	p.38



1.47	Pilotis x estrutura em alvenaria convencional	p.40
1.48	Planta livre x parede em alvenaria	p.40
1.49	Ossatura padrão “Dom-ino”	p.40
1.50	Fachada livre, independente do vedado	p.41
1.51	Casa <i>Elza Berquó</i> - Projeto de Vilanova Artigas	p.42
1.52	Detalhe do apoio do tronco de madeira, <i>Casa E. Berquó</i>	p.43
1.53	<i>Conceiçãozinha</i> – vista interna do pátio	p.43
1.54	<i>Conceiçãozinha</i> – detalhe do arco em alvenaria	p.44
1.55	Plantas e corte - <i>Park Hotel</i>	p.45
1.56	Fachada principal sudoeste - <i>Park Hotel</i>	p.45
1.57	Fachada norte, mostrando, em balanço, a galeria de acesso aos apartamentos - <i>Park Hotel</i>	p.47
1.58	Corte transversal - <i>Park Hotel</i>	p.48
1.59	Ambiente de estar e restaurante - <i>Park Hotel</i>	p.48
1.60	Vista do restaurante em direção ao ambiente de estar - <i>Park Hotel</i>	p.48
1.61	Varanda, face sudoeste - <i>Park Hotel I</i>	p.49
1.62	Corredor dos dormitórios - <i>Park Hotel</i>	p.49
1.63	Interior de um dormitório - <i>Park Hotel</i>	p.50
1.64	Planta do térreo, vendo-se à esquerda o anexo dos serviços - <i>Park Hotel</i>	p.50
1.65	Diamantina: colégio com passadiço e janela de treliça no térreo	p.51
1.66	Fachada, face sudoeste II - <i>Park Hotel.</i>	p.51
1.67	Varanda, face sudoeste II - <i>Park Hotel.</i>	p.52
1.68	<i>House and Office</i> – vista frontal	p.54
1.69	<i>House and Office</i> - elevação	p.55
1.70	<i>House and Office</i> - corte	p.55

1.71	<i>House and Office - planta</i>	p.55
1.72	<i>House and Office - lateral</i>	p.56
1.73	<i>House and Office - interno</i>	p.56
1.74	<i>House and Office – detalhes pilares de apoio</i>	p.56
1.75	<i>House and Office – vista interna</i>	p. 57
1.76a 1.76b	<i>House and Office – detalhes das colunas</i>	p.57
1.77	<i>Israel House</i>	p.58
1.78	<i>CPA Balbina - Planta da recepção, ambiente de estar, museu e almoxarifado</i>	p.60
1.79	<i>CPA Balbina - Perspectiva geral</i>	p.60
1.80	<i>CPA Balbina - Vista geral da fachada leste</i>	p.60
1.81a 1.81b	<i>CPA Balbina - Vistas internas dos pilares de sustentação da cobertura, dos vedos em alvenaria e da passarela</i>	p.62
1.82	<i>CPA Balbina - Detalhe de ancoragem dos pilares em madeira</i>	p.62
1.83	<i>CPA Balbina - Detalhe de encontro dos pilares com a estrutura do telhado</i>	p.63
1.84	<i>CPA Balbina - Detalhe dos vedos I</i>	p.64
1.85	<i>CPA Balbina - Detalhe dos vedos II</i>	p.64
1.86	<i>CPA Balbina - Cobertura do telhado em tabuinhas, mostrando sistema natural de exaustão</i>	p.65
1.87	<i>Poltrona Mole</i>	p.65
1.88	<i>Casa de 20 m<sup>2</sup></i>	p.66
1.89	<i>LABRA 1996: perspectivas</i>	p.66
1.90	<i>LABRA 1996</i>	p.67
1.91	<i>XALEX 1994: vista da piscina</i>	p.67
1.92	<i>GATO FELIX (1993): fachadas</i>	p.67
1.93	<i>XILIKIM (1983)</i>	p.67
1.94	<i>Casa do Arquiteto (1983)</i>	p.68

1.95	Planta da <i>Jacobs House</i>	p.70
1.96	Planta do pavimento térreo	p.71
1.97	Planta do pavimento superior	p.71
1.98	Corte transversal	p.72
1.99	Vista do banho	p.73
1.100	Sala de estar	p.73
1.101	“Gaiola montada”	p.74
1.102	Painéis de vedação e cobertura	p.74
1.103	<i>Residência Ricardo Baeta (1991-1994)</i>	p.76
1.104	Maquete: <i>Protótipo (1993)</i> – futura casa de praia do Arquiteto	p.77
1.105	<i>Residência Osmar Valentin (1993-1995)</i>	p.77
1.106	<i>Residência de praia do Arquiteto (1996-1997)</i>	p.77
1.107	Croquis I	p.78
1.108	Croquis II	p.78
1.109	Implantação	p.79
1.110	Sala/cozinha	p.79
1.111	Planta: dormitórios	p.80
1.112	Plantas: hospedes e brinquedo	p.80
1.113	Corte A	p.81
1.114	Vista norte I	p.81
1.115	Vista leste	p.82
1.116	Vista norte II	p.82
1.117	Treliça principal I	p.85
1.118	Treliça principal II	p.85

1.119	Treliça secundária	p.85
1.120	Seqüência de montagem das treliças para efeito do cálculo estrutural	p.85
1.121	Esquema de cálculo	p.86
1.122	Detalhe da ancoragem dos pilares	p.86
1.123	Ventilação do piso	p.87
1.124	Corte esquemático	p.90
1.125	Detalhes construtivos	p.90
1.126	Fachada principal	p.91
1.127	“Envelopamento” da estrutura de madeira	p.92
1.128	Fachada posterior	p.93
1.129	Estar	p.94
1.130	Vista interna	p.95
1.131	Vistas internas	p.96
1.132	Vistas externas	p.97
1.133	Vista externa dos dois blocos	p.98
1.134	Croquis	p.98
1.135	Vistas externas	p.99
<hr/>		
2.1	Floresta nativa de ciprestes submersos na costa do Pacífico	p.101
2.2	<i>Árvore pau-brasil</i>	p.102
2.3	Devastação da Floresta Amazônica	p.103
2.4	Pedra Preta, Floresta Amazônica (Município de Alta Floresta, Norte do Mato Grosso, apresentando ao fundo um desmatamento característico)	p.105
2.5	Floresta artificial: madeira de reflorestamento	p.105
2.6	Abate de uma árvore com motosserra em uma floresta nativa	p.106
2.7	Toras empilhadas no pátio da indústria após içamento	p.108

2.8	Destopo de toras	p.108
2.9	Arraste de toras	p.109
2.10	Transporte de toras	p.109
2.11	Toras de <i>ipê</i>	p.110
2.12	Toras de <i>jatobá</i>	p.110
2.13	Dados referentes à produção de madeira serrada e de painéis de madeira tropical – produtores florestas certificados da Amazônia	p.111
2.14	Setor de base florestal	p.112
2.15	Postes transportados em vagonetes para a autoclave onde serão impregnados com preservativos de madeira para aumentar sua durabilidade	p.113
2.16	Ripas de <i>peroba</i> dispostas em feixes	p.113
2.17	Empresas Florestais na Amazônia	p.114
2.18	Principais funções dos vários tipos de células de madeira	p.115
2.19	Corte transversal de um tronco de pinheiro branco ( <i>pin blanc</i> ), observação feita com filtro polarizante	p.116
2.20	Disco de madeira de uma <i>folhosa</i> : casca (a), alburno (b), cerne (c) e medula (d)	p.116
2.21	Planos fundamentais de observação de superfícies: transversal (a), radial (b) e tangencial (c)	p.118
2.22	Aspecto macroscópico da madeira nos três planos de observação: superfície transversal (P1), superfície tangencial (P2), superfície radial (P3), parênquima axial (Pa), poros (P <sub>0</sub> ) e tecido fibroso (Tf)	p.119
2.23	Seções de peças de madeira	p.124
2.24	Tabela de preservação da madeira (tradução feita pelo próprio autor)	p.125
2.25	Madeira atacada por fungos emboladores: (a) aspecto microscópico da superfície embolorada e (b) superfície e aplainada (madeira aparentemente sadia, sem manchas)	p.130
2.26	Brocas, que atacam árvore recém abatida	p.131
2.27	Cupins de madeira – “operários”	p.132
2.28	Cupins de madeira – resíduos (fezes)	p.132
2.29	Esquema geral do ciclo de vida dos cupins	p.132

2.30	Ciclo de vida de um fungo apodrecedor de madeira	p.133
2.31	Inseto adulto – madeiras atacadas: (a) corte longitudinal e (c) corte transversal	p.133
2.32	Cupins de madeira seca	p.134
2.33	Cupins subterrâneos – madeira coberta por “operários”, “soldados” e no centro uma “rainha primária” proveniente de um ninho	p.134
2.34	Tabela de classes de risco – grupos de organismos xilófagos, que podem atacar a madeira conforme o local e as condições em que ela é empregada	p.138
2.35	Fluxograma mostrando as principais decisões a serem tomadas quando da utilização de madeira em edificações, montada com base nas normas européias de Classes de risco	p.139
2.36	Teor de umidade nas principais capitais brasileiras	p.139
2.37	Processo de aspersão	p.140
2.38	Processo de pincelamento	p.140
2.39	Usina de tratamento de madeira: (a) layout de uma usina com preservante hidrossolúvel e (b) detalhe de uma autoclave carregada com madeira serrada	p.140
2.40	Abertura de valas	p.141
2.41	Perfuração	p.141
2.42	Aplicação do produto inseticida	p.141
2.43	Aplicação de inseticida	p.141
2.44	Expurgo ou fumigação com gás tóxico em peça de madeira	p.142
2.45	Tratamento com solução inseticida, utilizando seringa hipodérmica	p.142
2.46	Tratamento por injeção	p.142
2.47	Tratamento por aspersão	p.142
2.48	<i>The Israel House</i>	p.144
2.49	<i>Skyrose Chapel</i>	p.144
2.50	<i>Olympic Hall</i>	p.144
2.51	<i>Japanese Pavillon at Expo' 92</i>	p.144

2.52	Barco em madeira	p.145
2.53	Ponte sobre o Rio Simme, Suíça	p.145
2.54	Trenó de cães	p.145
2.55	Bicicleta de tres rodas	p.145
2.56	Torre de telecomunicação em Haute-Bayére, Suíça	p.145
2.57	Vilanova Antigas em seu atelier no prédio do IAB/SP	p.152
2.58	Estrutura de madeira de cobertura, obra <i>Casa Rio Branco Paranhos</i>	p.153
2.59	Obra <i>Casa Rio Branco Paranhos</i> (1943)	p.153
2.60	Integração da geometria do sistema portante e da claridade natural	p.155
2.61	Integração do sistema portante, da claridade e das instalações técnicas	p.155
2.62	Sistema de iluminação natural e, de ar condicionado	p.156
2.63	Grande volume construído em contraposição com volumes menores	p.157
2.64	Cobertura de duas águas com aeração e claridade	p.157
2.65	“Estrutura plissada”, disposta em raios sobre um espaço central sem apoio	p.157
2.66	Trama de teto em caixão perdido	p.159
2.67	Sistema portante principal subtensionado em dois eixos	p.159
2.68	Cúpula recobrimdo um estádio	p.159
2.69	Teto suspenso (tipo tenda)	p.159
2.70	Estrutura de uma cobertura transparente em duas águas	p.160
2.71	Estrutura em balanço sustentado por mão francesa	p.161
2.72	Estrutura estabilizada por contraventamento (cobertura em arco com suave curvatura)	p.161
2.73	Pórtico tri-articulado em madeira laminada colada	p.161
2.74	Estrutura portante com justaposição	p.162
2.75	Cobertura com nervuras principais dispostas em raios e nervuras secundárias concêntricas	p.162

2.76	Vigas secundárias principais	p.163
2.77	Contraventamento com sub-tirantes	p.164
2.78	Estrutura em treliça	p.166
2.79	Ligações por entalhe: a) empena de treliça de cobertura, entalhe de um dente; b) escora inclinada, entalhe de um dente; c) ligação de peça tracionada	p.166
2.80	Faixa de influência de nós de treliças planas	p.167
2.81	Mecanismo de viga	p.167
2.82	Mecanismo de arco	p.167
2.83	Mecanismo de treliça	p.167
2.84	Tesoura tipo <i>Howe</i> (diagonais normais)	p. 170
2.85	Tesoura tipo <i>Pratt</i> (diagonais invertidas)	p.170
2.86	Pinos metálicos: a) prego; b) parafuso auto-atarrachante; c) parafuso com porca e arruela	p.172
2.87	Placa perfurada inserida no interior dos elementos estruturais, com parafuso de articulação	p.172
2.88	Pinos em corte simples	p.173
2.89	Pinos em corte duplo	p.173
2.90	Ligação entre peça de madeira e peça metálica	p.174
2.91	Espaçamentos em ligações com pinos	p.174
2.92	Cavilhas lisas (à direita) e com estrias (à esquerda)	p.175
2.93	Traçado de furos de cavilhas por meio de gabarito	p.175
2.94	Ligações com cavilhas	p.175
2.95	Fabricação de vigamento (triangular) em marcenaria, com chapas metálicas e cavilhas	p.176
2.96	Ligações com anéis metálicos	p.176
2.97	Anéis metálicos	p.177
2.98	Anel metálico para ligação de peças de topo	p.177
2.99	Espaçamentos em ligações com anéis metálicos	p.177



2.100	Chapas metálicas com dentes estampados	p.178
2.101	Placas perfuradas pregadas com parafusos de articulação	p.178
2.102	Ligações por contato	p.179
2.103	Nó com peça de apoio	p.179
2.104	Pré-furação para ligações por pinos e cavilhas	p.180
2.105	Pórtico de hastes retas em madeira laminada e colada (em primeiro plano: peça a ser montada)	p.180
2.106	Arco em madeira laminada colada, içado por grua	p.181
2.107	Estrutura poste-e-viga, montada com peças de topo e inclinadas	p.184
2.108	Área de ligação de chapa metálica pregada	p.185
2.109	Construção histórica com estrutura poste-e-viga e, cobertura tipo asa de pomba	p.187
2.110	Apoio de barrote com cobre-junta sobre viga principal	p.187
2.111	Ligação por entalhe (samblatura)	p.188
2.112	Nó com peça metálica embutida na madeira	p.188
2.113	Nó de vigamento triangular com chapa metálica pregada embutida na madeira (sistema <i>Greim</i> )	p.190
2.114	Sistema <i>Greim</i>	p.191
2.115	Sistema <i>VB</i>	p.191
3.1	Obra <i>Residência Hélio Olga Júnior</i> – projeto do Arquiteto Marcos Acayaba	p.194
3.2	Árvore <i>jatobá</i> ( <i>hymenaea confertiflora</i> ) à esquerda e <i>pica pau macho</i> ( <i>dricopus lineatus</i> ) à direita	p.195
3.3	Obra: <i>Cathedral of John the Divine</i> - Maquete	p.196
3.4	Obra: <i>Cathedral of John the Divine</i> - Croqui esquemático	p.196
3.5	Obra: <i>BCE Building</i> - Vista lateral frontal	p.197
3.6	Obra: <i>BCE Building</i> - Vista interna I	p.197
3.7	Obra: <i>BCE Building</i> - Vista interna II	p.198
3.8	Obra: <i>BCE Building</i> - Interior I e II	p.198

3.9	Obra: <i>Kuala Lumpur International Airport</i> - Exterior	p.198
3.10	Obra: <i>Kuala Lumpur International Airport</i> - Interior I	p.198
3.11	Obra: <i>Kuala Lumpur International Airport</i> - Interior II	p.198
3.12	Obra: <i>Kuala Lumpur International Airport</i> - Interior III	p.198
3.13	Obra: <i>Kuala Lumpur International Airport</i> Maquete eletrônica – vista interna	p.199
3.14	Obra: <i>Kuala Lumpur International Airport</i> Maquete eletrônica – vista externa	p.199
3.15	Obra <i>Sagrada Família</i>	p.199
3.16	Obra <i>Stuttgart International Airport</i>	p.200
3.17	Croqui esquemático – concepção inicial	p.201
3.18	Cartão postal enviado de Curitiba pelo Engenheiro Luiz Antonio Carvalho de Campos (à esquerda) e fotomontagem, colocando as araucárias isoladas, simulando duas árvores vizinhas (à direita).	p.202
3.19	Fotomontagem, juntando as duas <i>araucárias</i> , que remetem a um sistema estrutural treliçado	p.202
3.20	Vista em corte de uma viga <i>Trigonit</i>	p.203
3.21	Treliça <i>Trigonit</i>	p.203
3.22	Croqui do próprio autor	p.203
3.23	Esboços do próprio autor	p.203
3.24	Ginásio poliesportivo do <i>Esporte Clube Pinheiros</i>	p.204
3.25	Viga laminada colada	p.204
3.26	Vista das vigas da cobertura	p.204
3.27	Planta cobertura	p.205
3.28	Terreno	p.206
3.29	Corte longitudinal	p.206
3.30	Corte transversal	p.207

3.31	Maquete eletrônica 01	p.207
3.32	Maquete eletrônica 02	p.208
3.33	Maquete eletrônica 03	p.208
3.34	Maquete eletrônica 04	p.209
3.35	Primeiro estereofunicular utilizado por Gaudí e publicado em 1928 por Rafois	p.210
3.36	Árvore; Pilares da obra <i>Sagrada Família</i>	p.210
3.37	Árvore	p.211
3.38	Asa de libélula, reforçada por nervuras	p.211
3.39	Teto de uma usina em Roma, obra de Nervi	p.212
3.40	Coluna da <i>Catedral de Salisbury</i>	p.212
3.41	Folha de uma <i>Vitória Régia</i>	p.213
3.42	Sistema “teto suporte”, obra de Nervi	p.213
3.43	Estrutura do tipo esponja	p.214
3.44	Tipo “suporte-árvore”	p.214
3.45	Maquete 01	p.214
3.46	Maquete 02	p.214
3.47	Primeiro modelo de forma de “suporte-árvore”	p.215
3.48	Modelo suspenso em passarela	p.215
3.49	Casca em treliça, repousando sobre seis “suportes-árvore”	p.216
3.50	Vista por baixo do modelo suspenso	p.217
3.51	Modelo suspenso e invertido	p.217
3.52	Vista lateral do modelo suspenso na escala 1:50 da grande casca central	p.217
3.53	Maquete: “suporte-árvore” da área de reunião	p.218
3.54	Arbusto submetido aos esforços de flexão na posição de repouso (à direita) e submetido ao de vento (à esquerda)	p.219

3.55	Primitiva cabana, contra-capla do livro <i>Essai sur l'architecture</i> , de Abbé Laugier, de 1755	p.220
3.56	Obra: <i>BEC Building</i>	p.222
3.57.	Obra: <i>Kuala Lumpur I Airport</i>	p.222
3.58.	Obra: <i>Stuttgart I Airport</i>	p.222
3.59	Obra: <i>Residência Ricardo Baeta- projeto de M. Acayaba</i>	p.222
3.60	Treliçado espacial – maquete na escala 1:50 – composta de três pavimentos mais a cobertura – segunda versão – execução do próprio autor	p.223
3.61	Comunicação por e-mail do número do Pedido de Patente Industrial feita pela Agência USP Inovação	p.224
3.62	Pilares 01– obra: <i>Sagrada Família</i>	p.226
3.63	Pilares 02– obra: <i>Sagrada Família</i>	p.227
3.64	Planta – obra: <i>The Palmer House</i>	p.229
3.65	Bola de futebol	p.229
3.66	Poliedros de Da Vinci	p.229
3.67	Cúpula de B. Fuller	p.230
3.68	Planta – <i>Dymention House</i>	p.230
3.69	Trama triangular: <i>Residência de praia de M. Acayaba</i>	p.231
3.70.	Trama triangular: <i>The Palmer House</i>	p.231
3.71	Perspectiva: <i>Residência Ricardo Baeta</i>	p.231
3.72	<i>Residência Osmar Valentim</i>	p.232
3.73	<i>Residência de praia de M. Acayaba</i>	p.232
3.74	Treliçado espacial – maquete na escala 1:50 – execução do próprio autor	p.235
3.75	Maquete com quatro pisos mais a cobertura (antes da montagem final e do incidente) executada no LAME da FAUUSP pelo próprio autor, com a prestigiosa colaboração do funcionário Laércio Evangelista dos Santos, bem como, dos demais integrantes do LAME	p.237
3.76	Treliçado espacial – maquete na escala 1:50 – quatro pavimentos mais a cobertura – primeira versão – executada pelo próprio autor (2005)	p.238

3.77	Treliçado espacial – maquete na escala 1:50 – quatro pavimentos mais a cobertura – segunda versão – executada pelo próprio autor (2005)	p.239
3.78	Protótipo de ligação metálica na escala 1.1 – nó articulado do “diamante” – vista inferior – executada pelo próprio autor	p.240
3.79	<i>Pau roxo</i>	p.244
3.80	<i>Pequiá</i>	p.244
3.81	<i>Itaúba</i>	p.244
3.82a 3.82b	Protótipo do pilar hexagonal central (PHC) de madeira na escala 1:1 com diâmetro de 28 cm – execução do próprio autor	p.247
3.83	Protótipo da ligação metálica na escala 1;1 – hexágono do “diamante” – vista da parte inferior – execução do próprio autor	p.250
3.84	“Diamante” da maquete na escala 1:50 – execução do próprio autor	p.251
3.85	“Diamante” de 2,60 x 1,50 m	p.252
3.86	“Diamante” de 1,50 x 1,50 m	p.252
3.87	Cavilhas de madeira do protótipo da ligação metálica na escala 1;1 – nó articulado do hexágono de “diamante” – vista superior	p.255
3.88	Malha hexagonal do piso – maquete na escala 1:50 – execução do próprio autor	p.257
3.89	Maquete eletrônica 05	p.258
3.90	Maquete eletrônica 06	p.258
3.91	Maquete eletrônica 07	p.259
3.92	Maquete eletrônica 08	p.259
3.93	Maquete eletrônica 09	p.260
3.94	Planta jirau cota 4.1	p.260
3.95	Planta térreo cota 8.0	p.261
3.96	Planta mezanino cota 12,3	p.262
3.97	Planta superior cota 16,4	p.263
3.98	Planta cobertura cota 20,5	p.263

3.99	Corte aa	p.264
3.100	Corte bb	p.265
3.101	Corte cc	p.266
3.102	Maquete na escala 1:10 da célula hexagonal modular (CHM) composta por: módulo (M) = plano de laje (PL) da (CHM); pilar hexagonal central (PHC); viga secundária (VS); treliça espacial (TE); barra inclinada (BI); hexágono do “diamante” (D)	p.267
3.103	Tabela de elementos constituintes da célula hexagonal modular (CHM)	p.268
3.104	Módulo (M): vista superior	p.268
3.105	<i>Obra Creche Municipal – execução da firma CALLIA ESTRUTURAS DE MADEIRA – autoria do Arquiteto André Takia – Fonte: foto da firma</i>	p.270
3.106	Tabela comparativa de valores referentes às estruturas de <i>SET 2M</i> em madeira, aço e concreto protendido	p.272
4.1	Acumulação de formas geométricas, gerando o triângulo equilátero	p.275
4.2	Módulo (M) e “diamante” de apoio (D)	p.276
4.3	Módulo (M): vista superior	p.277
4.4	Célula hexagonal modularl (CHM)	p.278
4.5	Treliça espacial (TE)	p.279
4.6	Foto montagem de duas células hexagonais modulares (CHM) juntas	p.280
4.7	<i>SET 2M – versão final – maquete virtual digitalizada através do software MIX, executada pelo Engenheiro Marcos Monteiro</i>	p.281
4.8	Hexágono interno (setas vermelhas) – plano de laje (PL) com três células hexagonais modulares (CHM) que formam uma das possibilidades do <b>SET 2M com variações projetuais</b>	p.282
4.9	Habitação unifamiliar I – planta do 1º pavimento	p.283
4.9.1	Habitação unifamiliar I – planta do 2º pavimento	p.284
4.9.2	Habitação unifamiliar I – planta estrutural	p.285
4.9.3	Habitação unifamiliar I – planta da cobertura	p.286
4.9.4	Habitação unifamiliar I – corte AA	p.287

4.9.5	Habitação unifamiliar I - corte AA	p.288
4.9.6	Habitação unifamiliar I – elevação 1 frontal	p.289
4.9.7	Habitação unifamiliar I - elevação 1 frontal	p.290
4.9.8	Habitação unifamiliar I - corte BB	p.291
4.9.9	Habitação unifamiliar I - corte BB	p.292
4.9.10	Habitação unifamiliar I – elevação 2 frontal	p.293
4.9.11	Habitação unifamiliar I - elevação 2 frontal	p.294
4.10	Habitação multifamiliar – planta do pavimento tipo	p.295
4.10.1	Habitação multifamiliar – planta estrutura	p.296
4.10.2	Habitação multifamiliar – planta da cobertura	p.297
4.10.3	Habitação multifamiliar – corte AA	p.298
4.10.4	Habitação multifamiliar corte AA	p.299
4.10.5	Habitação multifamiliar – elevação frontal	p.300
4.10.6	Habitação multifamiliar – elevação frontal	p.301
4.10.7	Habitação multifamiliar – corte BB	p.302
4.10.8	Habitação multifamiliar - corte BB	p.303
4.10.9	Habitação multifamiliar – elevação 2 frontal	p.304
4.10.10	Habitação multifamiliar – elevação 2 frontal	p.305
4.11	Pousada – planta do 2º pavimento	p.306
4.11.1	Pousada – planta do 1º e 3º pavimentos	p.307
4.11.2	Pousada – planta estrutural	p.308
4.11.3	Pousada – planta de cobertura	p.309
4.11.4	Pousada – corte AA	p.310
4.11.5	Pousada– corte AA	p.311

4.11.6	Pousada - elevação frontal	p.312
4.11.7	Pousada - elevação frontal	p.313
4.11.8	Pousada – corte BB	p.314
4.11.9	Pousada – corte BB	p.315
4.11.10	Pousada – elevação 2 lateral	p.316
4.11.11	Pousada– elevação 2 lateral	p.317
4.12	Habitação unifamiliar II – planta do pavimento	p.318
4.12.1	Habitação unifamiliar II – planta estrutural	p.319
4.12.2	Habitação unifamiliar II – planta de cobertura	p.320
4.12.3	Habitação unifamiliar II – corte AA	p.321
4.12.4	Habitação unifamiliar II – corte AA	p.322
4.12.5	Habitação unifamiliar II – elevação 1 frontal	p.323
4.12.6	Habitação unifamiliar II – elevação 1 frontal	p.324
4.12.7	Habitação unifamiliar II – corte BB	p.325
4.12.8	Habitação unifamiliar II – corte BB	p.326
4.12.9	Habitação unifamiliar II – Elevação 2 lateral	P327
4.13	Habitação unifamiliar II – planta do pavimento	p.328
4.13.1	Habitação unifamiliar II – planta estrutural	p.329
4.13.2	Habitação unifamiliar II – planta de cobertura	p.330
4.13.3	Habitação unifamiliar II – corte AA	p.331
4.13.4	Habitação unifamiliar II – corte AA	p.332
4.13.5	Habitação unifamiliar II – elevação 1 frontal	p.333
4.13.6	Habitação unifamiliar II – elevação 1 frontal	p.334
4.13.7	Habitação unifamiliar II – elevação 1 frontal	p.335



4.13.8	Habitação unifamiliar II – elevação 1 frontal	p.336
4.13.9	Habitação unifamiliar II – elevação 1 frontal	p.337

## Sumário

<b>Apresentação</b> .....	1
<b>Capítulo I: Um relato sobre a História da Arquitetura Brasileira em madeira – do colonial ao contemporâneo</b> .....	6
<b>1.1 Introdução</b> .....	6
1.1.1 A História da Arquitetura colonial luso-brasileira: arte e técnica.....	6
1.1.2 A madeira como elemento de aculturação.....	10
1.1.3 Sistemas construtivos empregados nas edificações coloniais brasileiras: do descobrimento até fins do século XIX.....	13
1.1.3.1 Sistemas convencionais.....	13
1.1.3.2 Sistema <i>poste e viga</i> em madeira.....	15
1.1.4 Sistema <i>poste-e-viga (post-and-beam system)</i> em madeira no mundo: reflexo da Arquitetura tradicional japonesa.....	18
1.1.4.1 O carpinteiro e a madeira: uma relação poética.....	18
1.1.4.2 O sistema <i>poste-e-viga</i> no Japão: noções.....	27
1.2 Sistema estrutural <i>poste-e-viga</i> em madeira: interface entre a Arquitetura tradicional japonesa e a Arquitetura moderna.....	35
1.2.1 Aspectos gerais da Arquitetura tradicional japonesa – rebatimento na Arquitetura moderna no mundo e no Brasil.....	35
1.3 Arquitetura contemporânea em madeira no Brasil.....	41
1.3.1 Generalidades.....	41
1.3.2 <i>Park Hotel (1944-45)</i> : uma obra emblemática.....	44
1.3.3 Arquitetura pós-1980.....	52
1.3.3.1 Duas obras exemplares no mundo de autores internacionais: alta tecnologia e criatividade em madeira.....	53

1.3.3.1.1 <i>House and Office</i> (1996).....	53
1.3.3.1.2 <i>The Israel house</i> (1994).....	58
1.3.3.2 Algumas obras exemplares em madeira no Brasil de autores nacionais....	59
1.3.3.2.1 <i>Centro de Proteção Ambiental de Balbina</i> (1983): o neovernacular de Severiano Porto e Mario Emílio Ribeiro.....	59
1.3.3.2.2 O sistema SR2: <i>Sistema de Arquitetura industrializada em madeira</i> : criação de Sergio Rodrigues.....	65
1.3.3.2.3 Marcos Acayaba: experimentos investigativos singulares em madeira.....	75
1.3.3.2.4 Marta e Marcelo Aflalo: a obra <i>Residência do casal</i> : a madeira como um campo fértil de pesquisa criativa e inovadora.....	88
1.3.3.2.5 <i>Casa e Estúdio</i> de Vinicius Andrade e Marcelo Morettin: um pavilhão integrado à natureza.....	97
<b>Capítulo II: Características da madeira: sua capacidade portante.....</b>	<b>100</b>
2.1 A madeira: origem, propriedades e aplicabilidades.....	100
2.1.1 Pau-brasil ( <i>caesalpinia echinata</i> ): o início da comercialização da madeira no Brasil.....	102
2.1.2 Recursos florestais e sua exploração.....	104
2.1.3 O processo industrial.....	111
2.1.4 Estrutura biológica da madeira.....	114
2.1.5 Propriedades físicas, mecânicas, químicas e demais especificidades da madeira.....	119
2.1.6 Preservação da madeira.....	124

2.1.6.1	Generalidades.....	124
2.1.6.2	Zonas ameaçadas.....	126
2.1.6.3	Preservação química da madeira.....	130
2.1.6.4	Preservação biológica da madeira.....	135
2.1.6.5	Controle da biodeterioração da madeira.....	137
2.2	Madeira sua capacidade portante: sistemas estruturais.....	143
2.2.1	Idéias básicas sobre a concepção de um sistema estrutural em madeira...	149
2.2.2	Sistemas portantes.....	162
2.2.3	Estruturas do tipo treliçado em madeira.....	165
2.2.4	As articulações dos nós das treliças.....	168
2.2.5	Ligações de peças estruturais.....	171
2.2.6	Critérios de concepção de detalhes construtivos: normas Americana e Européia (EUROCOP 5).....	182
<b>Capítulo III:</b>	<b>Sistema estrutural treliçado modular em madeira tipo “árvore” - SET 2M.....</b>	<b>193</b>
3.1	Concepção inicial.....	193
3.1.1	Preliminares.....	193
3.1.2	Desenvolvimento do projeto.....	201
3.1.3	A questão complexa da linguagem metafórica a árvore: O sistema SET 2M.....	209
3.2	O sistema SET 2M: Exercício Projetual Estrutural I.....	225
3.2.1	Introdução.....	225
3.2.2	Estado da técnica e da arte.....	226
3.2.3	Objetivos, soluções e vantagens da aplicabilidade do SET 2M.....	233
3.2.4	Descrição resumida do SET 2M.....	234

3.2.5 Descrição detalhada do SET 2M.....	241
3.2.6 Concepção projetual.....	243
3.2.7 Dimensionamento inicial.....	253
3.3 Resumo.....	257
3.4 Pranchas do “Exercício Estrutural Projetual I”.....	258
3.5 Considerações a respeito de custos estimativos do SET 2M original concebido em madeira, com as hipotéticas estruturas correspondentes ao concreto e ao aço.....	267
3.5.1 Material madeira.....	268
3.5.2 Material concreto protendido.....	271
3.5.3 Material aço.....	272
<b>Capítulo IV: SET 2M - Provas com programas funcionais: Estudos de casos.....</b>	<b>275</b>
4.1 Estudos de casos.....	282
4.1.1 Estudo de caso I.....	283
4.1.2 Estudo de caso II.....	295
4.1.3 Estudo de caso III.....	306
4.1.4 Estudo de caso IV.....	318
4.1.5 estudo de caso V.....	328
<b>Capítulo V: Conclusões.....</b>	<b>338</b>
<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>343</b>
<b>Apêndice.....</b>	<b>349</b>

## Apresentação

*Ser original é aproximar-se das origens*

**Antoni Gaudí**

O presente trabalho, através de sua forma, conteúdo e escopo, busca uma identidade do que vem a ser o conceito de tese, segundo o Dicionário: “proposição sobre qualquer princípio de arte ou de ciência que se sustenta em público”, mais precisamente no universo acadêmico, e de forma específica, para a área da Arquitetura, orientando-se em direção ao seu foco central: o projeto do edifício.

Parte-se do pressuposto que, quando trata da forma, o projeto desenvolve-se analogamente a uma pesquisa acadêmica, fundamentado em uma teoria que o sustente, e que o seu enunciado suporte e justifique os resultados auferidos. Conforme esse método, torna-se crucial em todo o seu desenvolvimento um apurado espírito crítico, com o intento de incluí-lo no conjunto de valores do que se entende como uma tese acadêmica.

No aspecto do conteúdo, o trabalho privilegia a temática tão cara à Universidade, direcionada ao interesse social, quando trata das habitações multifamiliares e das edificações de pesquisa e lazer. Tampouco se esquece das habitações unifamiliares, campo fértil para explorações de pesquisas projetuais e construtivas.

O objetivo geral do trabalho tem o seu ponto de partida na concepção de um sistema estrutural modulado em madeira, que torna factível a implantação de diversos programas funcionais, tais como habitações uni e multifamiliares, edificações de lazer e pesquisa, de interesse social, entre outros.

Tomam-se como pré-requisitos determinadas hipóteses, que consubstanciam e caracterizam o presente trabalho:

- implantação dos artefatos arquitetônicos em terrenos considerados difíceis, ou seja, com forte declividade;
- mínimo impacto ambiental ao sítio, através de apenas três pontos de apoio no solo;
- processos produtivos e construtivos racionais e que remetam a uma economia substancial do material madeira;
- ótima relação consumo do material madeira ( $m^3$ ) por área construída ( $m^2$ ), definida como *rendimento estrutural* (R);
- emprego de treliças espaciais, que possibilitam planos de lajes (PL) com envergaduras da ordem de 30 m;
- utilização de ligações metálicas, que propiciam o emprego de elementos constituintes em madeiras de reduzidas dimensões, entre outras.

O tema abordado nesse trabalho recebe o título de *Sistema estrutural treliçado modular em madeira*, cognominado pela abreviatura *SET 2M*.

O *SET 2M* propicia, através das ramificações verticais sucessivas, remeter à imagem metafórica de uma “árvore”, possibilitando atingir-se, sob o enfoque de uma abordagem nova, em que:

- a) Cargas horizontais, provenientes primordialmente dos ventos, sejam estabilizadas pelo conjunto de treliças espaciais dispostas segundo um triângulo equilátero, portando os esforços escoam e se dissipam em três direções;
- b) Grandes vãos entre pilares adequados a suportar estruturas de porte, bem como dimensões de planos de lajes (PL);

Resultou desse trabalho, o **Pedido de Patente** depositado junto ao **INPI** (Instituto Nacional de Propriedade Industrial) sob nº **P.I. 0.600.454-7** com o título **“SISTEMA ESTRUTURAL MODULAR TIPO ÁRVORE”**, em 27/01/2006, do qual a Universidade de São Paulo figura como Titular.

Em relação ao estado da arte e da técnica, três referências fazem-se pertinentes:

- 1) A emblemática obra *Sagrada Família* (i. 1883) em Barcelona, Espanha, do admirável Arquiteto catalão Antoni Gaudí, que faz uma alusão formal à árvore em seus pilares, empregando o concreto armado, em que a armação das ferragens simula concretamente as fibras de uma espécie arbórea, unindo e trasladando esforços ao longo dos troncos e dos ramos, na mesma linha de correspondência com os elementos do concreto armado, através de nós considerados rígidos;
- 2) As brilhantes resoluções em madeira das *Usonian Houses*, de autoria do mestre Frank Lloyd Wright, nos EUA, na década de trinta do século passado, quando do *crash* da bolsa novaiorquina em 1929. O criativo Arquiteto apresenta para a classe média, à época bastante debilitada financeiramente, residências unifamiliares de custo bastante baixo, da ordem de US\$ 1.000, através de projetos inovadores e métodos construtivos racionais e modulares exemplares;
- 3) As inventivas concepções do Arquiteto Marcos Acayaba, Professor da FAUUSP, com seus pilares, que remetem à árvore, através da conjunção de pilares inclinados como verdadeiras mãos francesas, conectadas a um pilar hexagonal central (PHC), na obra *Residência de praia do autor – RMA* (1996), entre outras, do mesmo autor.

O trabalho é estruturado através de cinco capítulos, com suas referências bibliográficas, anexos e demais elementos, que compõem o texto em si, mais os componentes usuais de pré-texto, tudo conforme o pré-estabelecido no exigido nos programas de pós-graduação da USP, através do documento: “Diretrizes para elaboração de dissertações e teses da USP”. Os Anexos são inseridos em um CD-ROM, colocados na contra-capas (parte interna) de cada exemplar da Tese de Doutorado.

Esses Anexos são designados pelos seguintes títulos: 1) Anexo A: “Relatório de visita à *Pousada Park Hotel*” – obra do Arquiteto Lucio Costa, realizada no dia



16/11/2003 pelo próprio autor; 2) Anexo B: “Entrevista com o Arquiteto Marcos Acayaba (2001)”; 3) Anexo C: “Repertório de algumas obras de autoria e execução do próprio autor” e 4) Anexo D: “Dimensionamento inicial do *SET 2M*, elaborado pelo Professor e Engenheiro Marcos Monteiro, titular da firma *PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA*”.

Os três primeiros capítulos tratam dos pressupostos teóricos que embasam o presente trabalho, o terceiro especificamente refere-se à concepção propriamente dita do *SET 2M*. O quarto capítulo se refere às provas com programas funcionais, ou seja, a factibilidade do sistema estrutural para adequar diferentes projetos e artefatos arquitetônicos, conforme as hipóteses e pressupostos assumidos e, por fim, as conclusões do presente Trabalho de Tese, alocada no quinto capítulo.

De uma forma geral, o primeiro capítulo faz um breve relato da Arquitetura brasileira em madeira, desde a época colonial do descobrimento do Brasil, chegando aos tempos atuais, concluindo que, a sua relevância, apesar de serem obras esparsas, no entanto, são impregnadas de substancial valor arquitetônico.

O segundo capítulo trata das características da madeira, em particular das suas propriedades mais consistentes: mecânicas, físicas e químicas, realçando sua característica como um elemento portante significativo, ombreando-se aos demais materiais, como o aço, o concreto armado, entre outros.

A concepção desse sistema estrutural permeia o terceiro capítulo, desde a sua criação, embasada por experimentos executados em maquetes e protótipos, através de inúmeras tentativas e erros, até a concepção final desse sistema estrutural treliçado modular em madeira, denominado ***SET 2M original***.

O quarto capítulo complementa o terceiro, que se apresenta como sendo da área da Engenharia, ao passo que as provas com programas funcionais expressam o viés da Arquitetura no quarto capítulo, com a pretensão de sê-lo, conforme o estabelecido pelo Mestre Lúcio Costa: “construção concebida com uma determinada intenção plástica, em função de uma determinada época, de um determinado meio, de um

determinado material, de uma determinada técnica e de um determinado programa” (COSTA, 1962).

Essa nova versão projetual recebe o nome de ***SET 2M com variações projetuais***.

Finalizando, o quinto capítulo faz um fecho do trabalho com conclusões pensadas como pertinentes.

## Capítulo I: Um relato sobre a História da Arquitetura Brasileira em madeira - do colonial ao contemporâneo

### 1.1 Introdução: uma visão geral

#### 1.1.1 A História da Arquitetura colonial luso-brasileira: arte e técnica

Segundo o Arquiteto, Professor e Doutor Júlio Roberto Katinsky, a História da Arquitetura no Brasil, enquanto entendida como disciplina sistemática, remonta a um passado bastante próximo, a década de trinta do século XX. *Grosso modo*, dispõe-se de relatos sucintos de viajantes nos séculos XVI, XVII e XVIII, sendo que existem pouquíssimas obras descritas até o ano de 1800 (KATINSKY, 1981).

Os portugueses, ao se estabelecerem no Brasil no início do século XVI, encontraram um continente praticamente intacto e, literalmente, fizeram aqui um rebatimento, em termos construtivos, do que haviam criado na Europa. A cidade da Bahia, durante quase 215 anos, de 1549 a 1763, teve o privilégio de ser a primeira metrópole lusitana no mundo novo, capital do Brasil, tornando-se à época, uma réplica fiel de Lisboa e do Porto, duas das maiores cidades de Portugal, uma cidade tão medieval quanto Lisboa, às vésperas das grandes reforma impostas pelo Marquês de Pombal (SMITH, 1955).

De forma bastante sucinta, para contextualizar o tema, pode-se apontar três distintas fases estilísticas ao longo da evolução da era colonial, durante o período de 1549 a 1820, no Brasil. A primeira chamada de período missionário, caracterizada pelo estilo **Missionário**, assim chamado em função do tamanho, estilo e material empregado em suas edificações, que se inicia com a fundação da cidade da Bahia e se estende por cerca de um século, coincidindo com a fundação das primeiras igrejas e com a gradual substituição por materiais mais duráveis (SMITH, 1955).

Lúcio Costa, referindo-se à arquitetura dos jesuítas no Brasil acentua que

Quanto à técnica, excluídas as primeiras construções sumárias de cobertura vegetal ‘de pouca dura’ – como diziam, então os padres – houve uma primeira série de edificações ainda provisórias, estrutura de madeira e barro-de-mão, quase sempre assobradadas, com compartimentos forrados e cobertura de telha (COSTA, 1941).

A segunda fase, que compreende o período aproximado de 1655 a 1760, devido à produção de uma série de edificações na Bahia (predominantemente entre 1655 e 1718), em função de suas “proporções e grande desenvoltura, sugere o uso da palavra monumental” (SMITH, 1955), daí estilo **Monumental**.

O terceiro estilo, o **Mundano** (cerca de 1760 a 1820), se inicia à época da transferência da capital do vice-reinado da Bahia para o Rio de Janeiro. Este coincide com a introdução dos motivos rococó e a redução das construções às proporções não tão monumentais como as encontradas no segundo período, porém mais próximas às necessidades programáticas de uma cidade provinciana, caracterizando-se pelo “estilo arquitetônico”, perdendo a sua “imponência em troca da delicadeza” (SMITH, 1955).

Quanto aos materiais, os primeiros colonizadores, ao chegarem ao Brasil, se depararam com índios morando em casas feitas de madeira recobertas de barro e as evidências indicam que as suas primeiras edificações também tenham sido elaboradas com esse mesmo sistema construtivo, pois os colonos empregaram não só na Bahia, mas em outras cidades ao longo da costa, a antiga técnica construtiva de madeira e barro denominada “pau a pique”.

Contemporaneamente, de forma exemplar, o Arquiteto José Zanine Caldas revisita essa técnica construtiva tradicional, dita vernacular, na obra *A Casa do Nilo* (1983), edificada em Rio do Ouro, São Gonçalo, RJ (SILVA, 1995).

Sendo um projeto de autoconstrução, a sua base filosófica era a certeza de que um homem de baixa renda poderia construir ele próprio seu espaço de morar, fazendo uma casa de taipa, combinando barro e madeira. *Nilo* foi motivado pelo nome do morador da casa, a qual se originou de um projeto de pesquisa, que aproveitava madeiras de sobras de pequenas serrarias existentes na região, para a confecção dos painéis de taipa, bem como dos esteios e dos elementos estruturais do telhado.



Figura 1.1 – Vedo estruturado com bambus  
Fonte: Silva, 1995



Figura 1.2 – Vedo em taipa de mão



Figura 1.3 – A Casa do Nilo. Fonte: Silva, 1995

Em contrapartida a essas classificações sistemáticas e fechadas, dentre as quais inclui-se, por exemplo, a de Smith (apesar de não se lhes negar valores histórico e didático) Costa propõe uma maior abrangência de enfoque, acrescentando às afinidades de estilo, aquelas de partido de composição. Com essa abordagem, ele supõe que esse critério apresente, sobre os demais, o benefício de “(...) grifar livremente as características próprias de um determinado período, de uma determinada técnica ou de uma determinada região (...)” (COSTA, 1941).

Por fim, com clareza de pensamento e poder de síntese brilhantes, Costa, em seus escritos, consegue contextualizar como se deve analisar qualquer obra de Arquitetura, pois, segundo ele,

(...) importa ter primeiro em vista, além das imposições do meio físico e social, consideradas no seu sentido mais amplo, o ‘programa’, isto é, quais as finalidades dela e as necessidades de natureza funcional a satisfazer; em seguida, a técnica; quer dizer, os materiais e o sistema de construção adotada; depois o partido, ou seja, de que maneira, com a utilização dessa técnica, foram traduzidas, em termos arquitetônicos, as determinações daquele programa; finalmente a comodulação e a modenatura, entendendo-se por isso as qualidades plásticas do monumento (COSTA, 1941).

Lúcio Costa, fazendo um paralelo entre ciência e arte afirma que “(...) se Arquitetura é fundamentalmente arte, não o é menos, fundamentalmente, construção. É, pois, a rigor, construção concebida com intenção plástica. Intenção essa que a distingue, precisamente, da simples construção” (COSTA, 1962). E conclui, definindo a “(...) Arquitetura como construção concebida com uma determinada intenção plástica, em função de uma determinada época, de um determinado meio, de um determinado material, de uma determinada técnica e de um determinado programa” (Idem).

### 1.1.2 A madeira como elemento de aculturação

A madeira foi o elo principal direto e contínuo do intercâmbio de grupos individuais distintos, que pertenciam a culturas diferentes, possibilitando com isso, falar-se da formação de uma brasilidade arquitetônica.

Tome-se como primeira referência, a *maloca* dos índios nativos, representante de uma arquitetura vernacular, alheia às influências externas, de culturas de povos dominantes encontrada aqui quando da chegada dos colonizadores portugueses no início do século XVI.



Figura 1.4 – Maloca. Fonte: SPHAN (1940)

A cobertura usualmente empregada era de folhas de palmeiras, largamente encontradas, muito úteis para protegerem seus ocupantes das intempéries e das variações climáticas, propiciando um precário, mas adequado conforto ambiental.

A estrutura era composta por elementos verticais de paus roliços, tipo esteio, de seções delgadas, espaçados cerca de quatro metros, e elementos em arco, tipo abóbada, também estruturados com paus roliços, enfeixando-se no ponto mais alto.

Em alguns raros casos, havia, como observa Lúcio Costa, o emprego de um motivo decorativo (Figura 1.5), quase sempre de aves, feito com palha de espigas de milho (COSTA, 1941).



Figura 1.5 – Motivo decorativo. Fonte: SPHAN (1940)

Fazendo-se um contraponto entre essa arquitetura vernacular brasileira com culturas de outros povos autóctones, vê-se como esse intercâmbio traz em seu bojo uma diversidade de resoluções arquitetônicas, onde o respeito ao sítio e aos traços históricos dos povos, quando bem dosados, podem ter, como acentuado por Lúcio Costa, “(...) o reconhecimento da legitimidade da intenção plástica, consciente ou não, de toda obra de Arquitetura digna desse nome – seja ela erudita ou popular” (COSTA, 1962).

Esse é o exemplo da obra *J M Tjibaou Centre* (1991), em Nouméa, New Caledonia, de autoria do brilhante Arquiteto milanês Renzo Piano, projeto vencedor de um concurso internacional inspirado nas tradições dos índios *Kanaks* e em honra ao herói morto Tjibaou.

A aparente contradição do flerte entre o simples do folclórico e o que existe de mais atual em termos de sofisticação tecnológica, e ainda, a convivência do gestual romântico da forma com a abstração e austeridade, associadas ao Modernismo, fazem com que essa obra singular tenha se tornado um ícone na Arquitetura internacional em madeira.



A estrutura é composta de elementos metálicos, aos quais são fixados os elementos de madeiras da própria região, como sarrafos e vigas, predominando o uso do pinho.

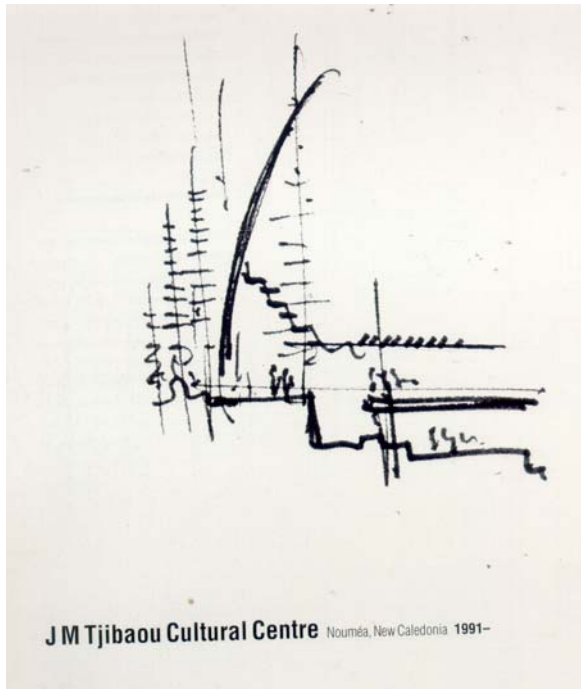


Figura 1.6 – Croquis

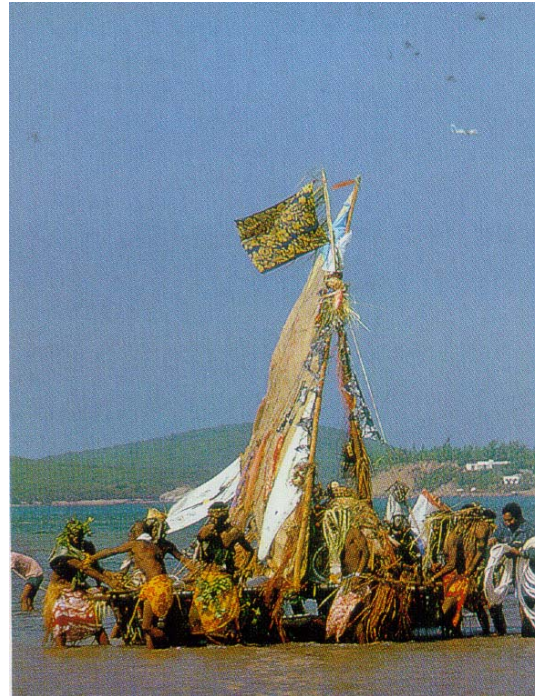


Figura 1.7 – Jangada dos índios

Fonte: Buchanan (2000)

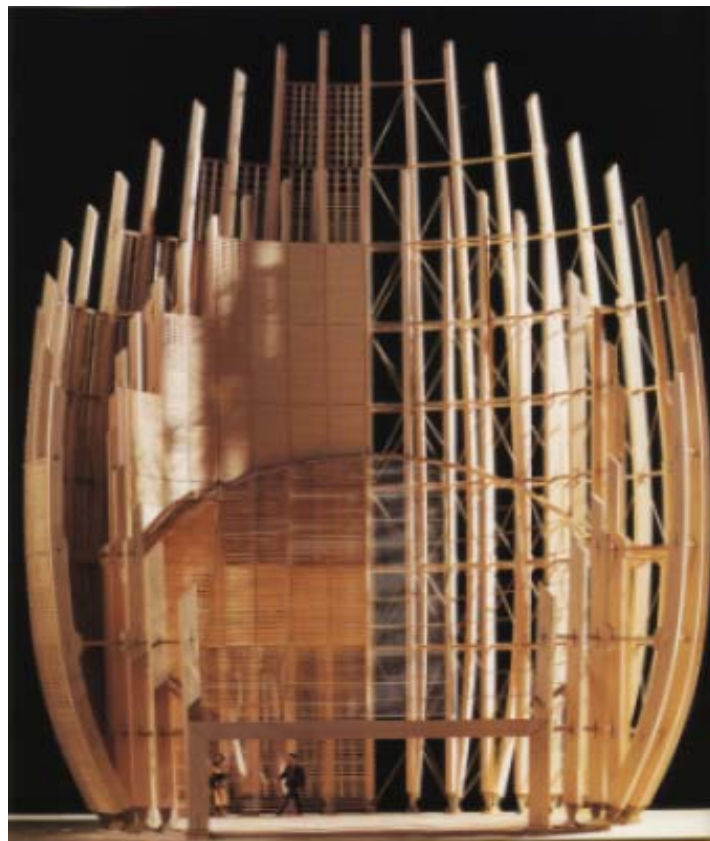


Figura 1.8 – Maquete. Fonte: Buchanan (2000)

### **1.1.3 Sistemas construtivos empregados nas edificações coloniais brasileiras: do descobrimento até fins do século XIX**

#### **1.1.3.1 Sistemas convencionais**

Quanto aos sistemas construtivos convencionais empregados nas construções coloniais brasileiras, além do já citado sistema “pau-a-pique” (estrutura em madeira e barro-de-mão) – “de pouca dura”, existem registros, que datam de 1583 a 1585, constatando a presença, já nessa época, do sistema construtivo em alvenaria. Segundo Lúcio Costa, o Padre Anchieta, referindo-se à área cultivada do primitivo Colégio de Olinda, afirma que “(...) ainda que grande, está toda cercada de parede de tijolo (...)”, o que comprova, também, que o emprego do tijolo nas edificações é muito anterior ao domínio holandês, ocorrido nas primeiras décadas do século XVII (COSTA, 1941).

À época do descobrimento, com exceção das primeiras construções sumárias de cobertura vegetal, era usada de forma rudimentar uma primeira série de edificações provisórias com “estrutura em madeira e barro-de-mão, quase sempre assobradas” e cobertas com telhas de barro, como já acentuado anteriormente.

Com o passar do tempo essas construções provisórias vão sendo substituídas, ainda no primeiro século, por construções de caráter definitivo, como a taipa de pilão ou de pedra e cal, dependendo da escolha dos recursos disponíveis e das conveniências locais. Nas regiões onde houvesse barro de boa qualidade e onde pedra e cal fossem difíceis de serem obtidas, empregava-se a taipa de pilão, como por exemplo, na cidade de São Paulo - com exceção da orla litorânea.

Por vezes não se dispunha de cal, empregando-se as construções ditas de “pedra e barro” como, por exemplo, a antiga *Igreja do Colégio de São Paulo*, que era de certa maneira, um compromisso entre essa técnica e a de pedra e cal.



Figura 1.9 – Capela antiga da Igreja do Pátio do Colégio/SP. Fonte: SPHAN (1940)

Corroborando essa “postura construtiva” desse período colonial, Louis Léger Vauthier, Engenheiro e Arquiteto francês, relata “com alguma simpatia” a arquitetura tradicional brasileira, classificando-a como “feia e forte”, que retratava à época, “a casa de feitiço português com reminiscências mouriscas e orientais adaptadas ao clima e a paisagem da América tropical” (VAUTHIER, 1960).

Esse relato desenvolve-se em quatro cartas, que tratam da arquitetura doméstica do Brasil, quando de sua vinda ao país em missão profissional como chefe de obras públicas da Província de Pernambuco, no período de 1840 a 1846.

Por outro lado, Luís Saia, analisando a história dos edifícios urbanos paulistas deste período até fins do século XIX, narra que a história da sobrevivência da taipa de pilão, como processo construtivo, confunde-se com o desenvolvimento da região. Segundo ele, raríssimas são as construções da época em alvenaria, sendo que, posteriormente, com a vinda de mestres de obras de procedência européia, principalmente italiana, a alvenaria começou a ganhar destaque nas edificações (SAIA, 1957).

Com o advento das técnicas modernas de construção e do emprego de materiais como o ferro, o vidro, das madeiras serradas em bitolas comerciais, da telha francesa, entre outros, houve uma gradativa e consistente mudança no processo construtivo para a alvenaria nas edificações paulistanas.

### **1.1.3.2 Sistema poste-e-viga em madeira**

Há, de certa forma, pelo menos um consenso em torno da polêmica criada a respeito da origem desse sistema - comprovadamente ele não se originou no Brasil.

Existem algumas hipóteses a respeito dessa origem, dentre elas, uma bastante crível do Arquiteto, Professor e Doutor Marcos Acayaba, quando afirma que

(...) a origem da arquitetura colonial no Brasil data do século XVI, foi trazida pelos jesuítas, e isso se nota nas construções de Ouro Preto. O que tem de fundação, pilares de madeira, esteios, pau-a-pique, estrutura do telhado com beiral, tudo isso forma uma arquitetura popular corrente em madeira, com uma técnica construtiva trazida do Japão pelos jesuítas. Essa técnica vem até os séculos XVII e XVIII, e continua até hoje, em Minas Gerais, Goiás e Estados do Sul. A origem [de] tudo isso, é [a] arquitetura japonesa popular.<sup>1</sup>

Em contrapartida, o Professor Katinsky, em relato pessoal ao próprio autor, afirma que o *sistema estrutural poste-e-viga*, segundo ele também conhecido como *sistema de construção em gaiola*, ao contrário da hipótese anterior do Professor Acayaba, ambos Arquitetos e Professores da FAUUSP, teria se originado da própria arquitetura tradicional portuguesa. Em sua opinião, o sistema construtivo é de origem lusitana, remetendo à arquitetura tradicional japonesa apenas no que se refere aos elementos e motivos decorativos<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup>Informação verbal obtida pelo próprio autor em entrevista com o Arquiteto e Professor Marcos Acayaba em 2001.

<sup>2</sup>Informação verbal fornecida pelo Arquiteto e Professor Katinsky ao próprio autor, em 08-12-2005.

Esse sistema é constituído de esteios e vigas de madeira, que dão sustentação às edificações, onde os vedos têm somente a função de fechamento e não mais de elementos estruturais, como nos sistemas convencionais, de alvenaria, pedra, entre outros.



Figuras 1.10a e 1.10b – “Construção em gaiola” – projeto Herzog & Volz. Fonte: Natterer (1998)

Lúcio Costa, a esse respeito, didaticamente ensina que nas arquiteturas passadas, as paredes eram

(...) de cima a baixo do edifício mais espessas até se esparramarem, solidamente ancoradas no solo, desempenhavam função capital: formavam a própria estrutura, verdadeiro suporte da fábrica. Um milagre veio, porém, libertá-las dessa carga secular. A revolução imposta pela nova técnica conferiu outra hierarquia aos elementos da construção, destituindo as paredes do pesado encargo que lhes fora sempre atribuído e do qual – seja dito a bem da verdade – souberam desempenhar a contento e com exeqüível dedicação. (...) A nova função que lhes foi confiada – de simples vedação – oferece, sem os mesmos riscos e preocupações - outras comodidades. Toda responsabilidade foi transferida no novo sistema, a uma ossatura independente (COSTA, 1962).

A partir de sua viagem à Diamantina de 1922, em Minas Gerais, Costa dá um verdadeiro mergulho na história da arquitetura colonial, ao tomar contato com essa arquitetura, resgatando sua verdadeira legitimidade, singeleza e simplicidade, de uma arquitetura colonial luso-brasileira eminentemente antiga na sua origem, porém moderna na sua essência.



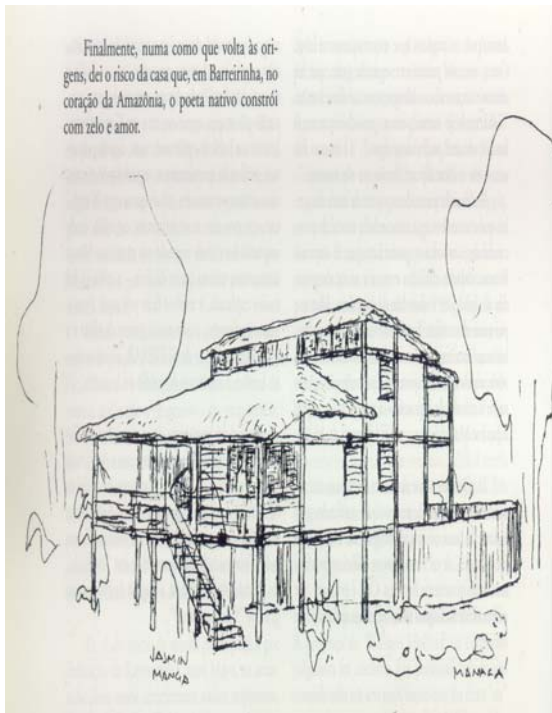


Figura 1.11 – Croquis – obra Thiago de Mello

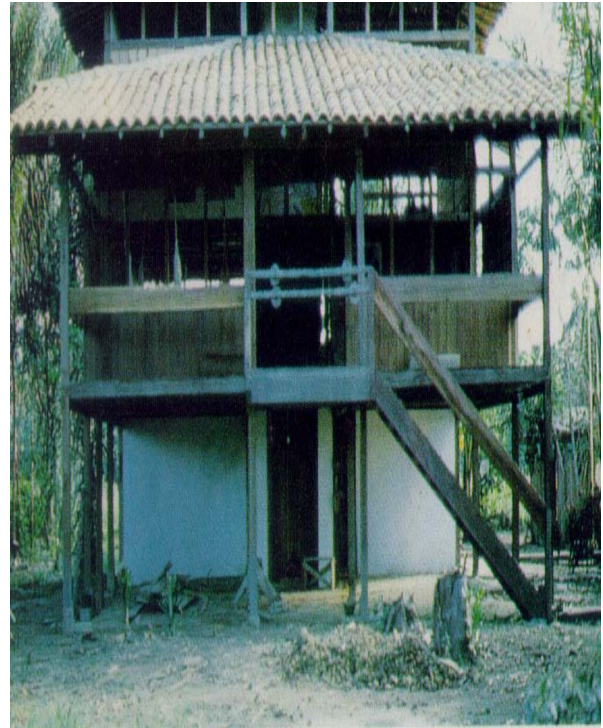


Figura 1.12 – Obra Thiago de Mello

Fonte: Costa (1995)

Ele capta perfeitamente o conceito de *espírito do tempo* estabelecido por Giedion, assim explicitado: “(...) o historiador, especialmente o de arquitetura, deve estar em íntimo contato com as idéias do seu tempo. Somente quando está impregnado do espírito do tempo, acha-se em condições de poder determinar aquelas pegadas do passado, que as precedentes gerações haviam passado inadvertidas” (GIEDION, 2004).

#### 1.1.4 O sistema *poste-e-viga* (*post-and-beam system*) em madeira no mundo: reflexo da Arquitetura tradicional japonesa

##### 1.1.4.1 O carpinteiro e a madeira: uma relação poética

A palavra carpinteiro remonta, em termos etimológicos, segundo Frampton, à palavra *tekton*, que significa carpinteiro ou construtor, derivada da língua grega, a princípio tratando apenas do trabalho simples de carpintaria. Em termos históricos, a palavra *tekton* (*carpinteiro*) evolui para atividades mais nobres, indo desembocar no artesanato de carpintaria, aludindo de forma mais abrangente à arte de construção. Mais tarde, assume o papel da figura do poeta, mas de forma geral, refere-se ao artesão, que trabalha diversos materiais maciços, predominantemente a madeira, exceto o metal. Já no século V da era cristã, esse termo experimenta uma evolução significativa, de algo específico e puramente físico, para uma noção do ato de *fazer com arte*, envolvendo a idéia de *poesia*. Este fato teria acontecido na Grécia antiga, na passagem do período pré-socrático para o Helenismo, tendo como relator o filósofo Aristóteles. Uma derivação importante que vai se processar posteriormente é a do termo correlato *architekton*, ou seja, formado em português por arqui, significando o maior, mais construtor, resultando a palavra arquiteto, com toda a tensão que o termo carrega (FRAMPTON, 1996).

Uma relação poética entre carpinteiro e madeira pode ser vista na gravura de C. Eisen de 1755, publicada no *Essai sur l'architecture*, de Abbé Laugier, onde aparecem quatro colunas, que remetem às ordens gregas, encimadas por resistentes arquitraves, e a própria estrutura da árvore servindo de cobertura para a cabana, com telhado em duas águas, como os dos templos gregos antigos em madeira (FRAMPTON, 1996).



Figura – 1.13 – Cabana primitiva. Fonte: Frampton (1996)

Por outro lado, a inter-relação dessas duas entidades, madeira e carpinteiro, enquanto entendida como o desenvolvimento de um ato poético, tem a sua magna expressão na derivação da ordem grega dórica (em mármore ou granito) da construção em madeira, tese essa defendida por Auguste Choisy em seu texto *Histoire de l'architecture*, de 1899 (FRAMPTON, 1996).

A primitiva coluna em madeira caracterizava-se como um esteio, um poste, sobre o qual se assentavam vigas horizontais de travamento em madeira, e acima desse conjunto é colocada a estrutura do telhado. Por essa similaridade, também a derivada dórica é um esteio, não mais em madeira, mas sim, em pedra nobre, levando-se em conta nessa substituição os fatores ligados à “perpetualidade” construtiva.



Em termos dessa mesma “perpetualidade”, na Renascença, em 1569, o Arquiteto italiano Andréa Palladio, utilizando técnicas construtivas com preocupações de preservação da madeira mais elaboradas, projeta em Bassano, na Itália, uma ponte de madeira sobre o Rio Brenta, encontrando-se ainda nos dias atuais em perfeitas condições de uso.

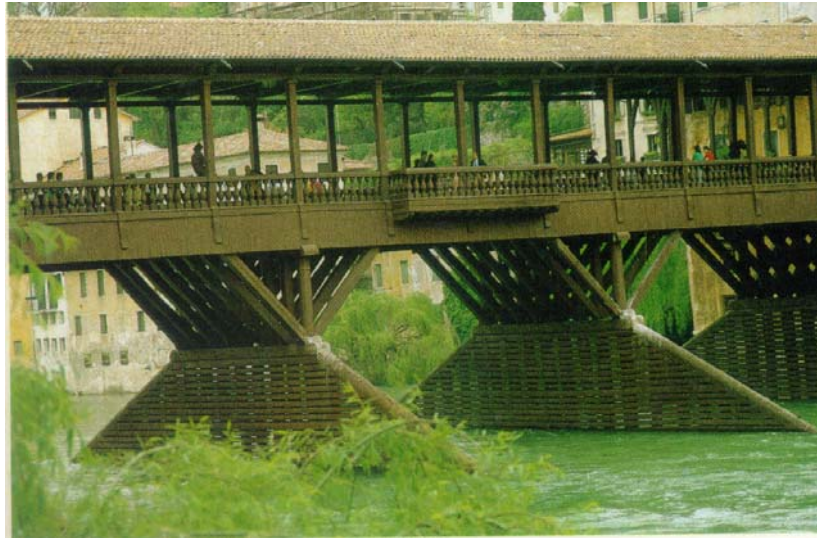


Figura 1.14 – Ponte sobre o Rio Brenta (Itália, 1569). Fonte: Natterer (1998)

O mesmo ocorre com uma ponte bastante singela, de 1673, em Kintai-Bashi, sul do Japão, comprovando, em ambos os casos, que perpetualidade construtiva é um fator ligado à técnica construtiva, e não ao material em si.



Figura 1.15 – Ponte em Kintai-Bashi (Japão, 1673). Fonte: Natterer (1998)

No Japão, historicamente, a função do tradicional carpinteiro japonês tem-se confundido com as figuras do arquiteto e do engenheiro, bem como dos atuais carpinteiro e marceneiro. Seu rol de atividades era tão abrangente e de tamanha relevância para esse contexto, que se tornou praticamente impossível desassociar a discussão da carpintaria e marcenaria da discussão da própria arquitetura japonesa. Segundo Yobuto e Davis (*apud* SEIKE, 1990), a carpintaria no Japão desenvolveu-se dentro de um sistema de cooperativa familiar fechado, onde havia totais condições de proteção e segredo das técnicas empregadas. Consta, segundo esses autores, que após a mudança da capital imperial para a cidade de Kyoto em 704, esses grupos dominavam o *design* japonês, criando o padrão Kyoto (ou *kyoma*) de construção modular. Posteriormente, o governo foi transferido para o vilarejo, situado em um sítio pantanoso, de nome Edo (atual Tóquio), no início do período Edo (1603-1868), sendo que muitos dos documentos desse sistema disponibilizados atualmente, foram recolhidos nessa época (SEIKE, 1990).

A primeira grande revolução na marcenaria e na arquitetura japonesas se processou durante o período *Yayoi*, compreendido entre os anos de 200 a C. a 250 d.C. com a introdução das ferramentas em ferro, resultando num salto de qualidade nas edificações.

Para esse carpinteiro tradicional, seus instrumentos (denominados de *dogu*) de desenho (compasso, esquadro), de corte e entalhe (cinzéis, martelos, machados, goivas, formões) e de instalações (nível, linha de prumo) utilizados em seus trabalhos artesanais em madeira, não eram considerados simplesmente instrumentos, mas algo transcendente, assim como “instrumentos do caminho do carpinteiro”, de certa forma investidos de um “grau de divindade” (SEIKE, 1990).

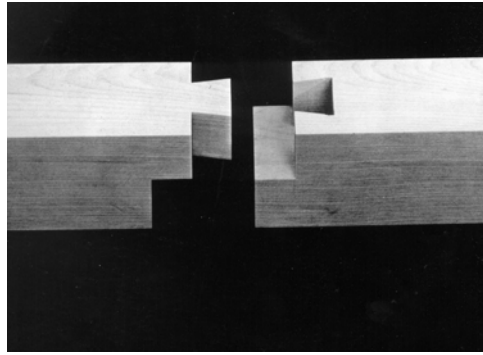


Figura 1. 16 Ligações

Fonte: Seike (1990)

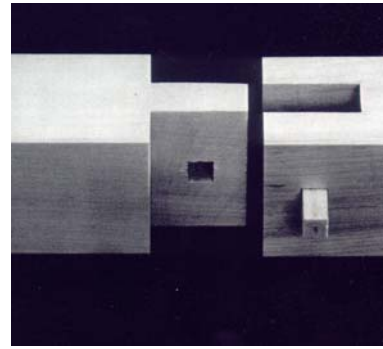


Figura 1.17 – Ligações

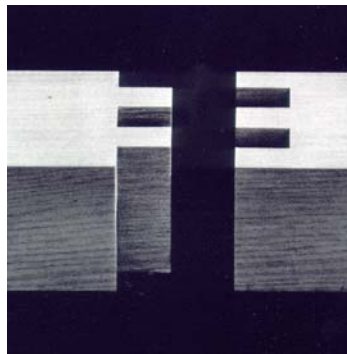


Figura 1.18 - Ligações

Fonte: Seike (1990)

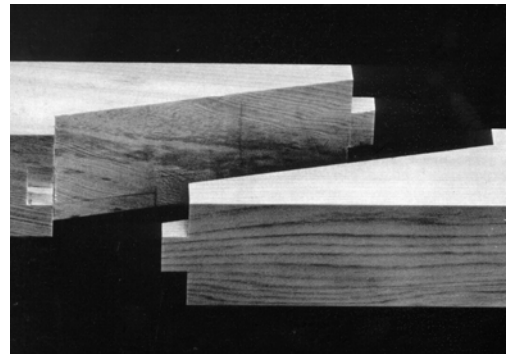


Figura 1.19 – Ligações

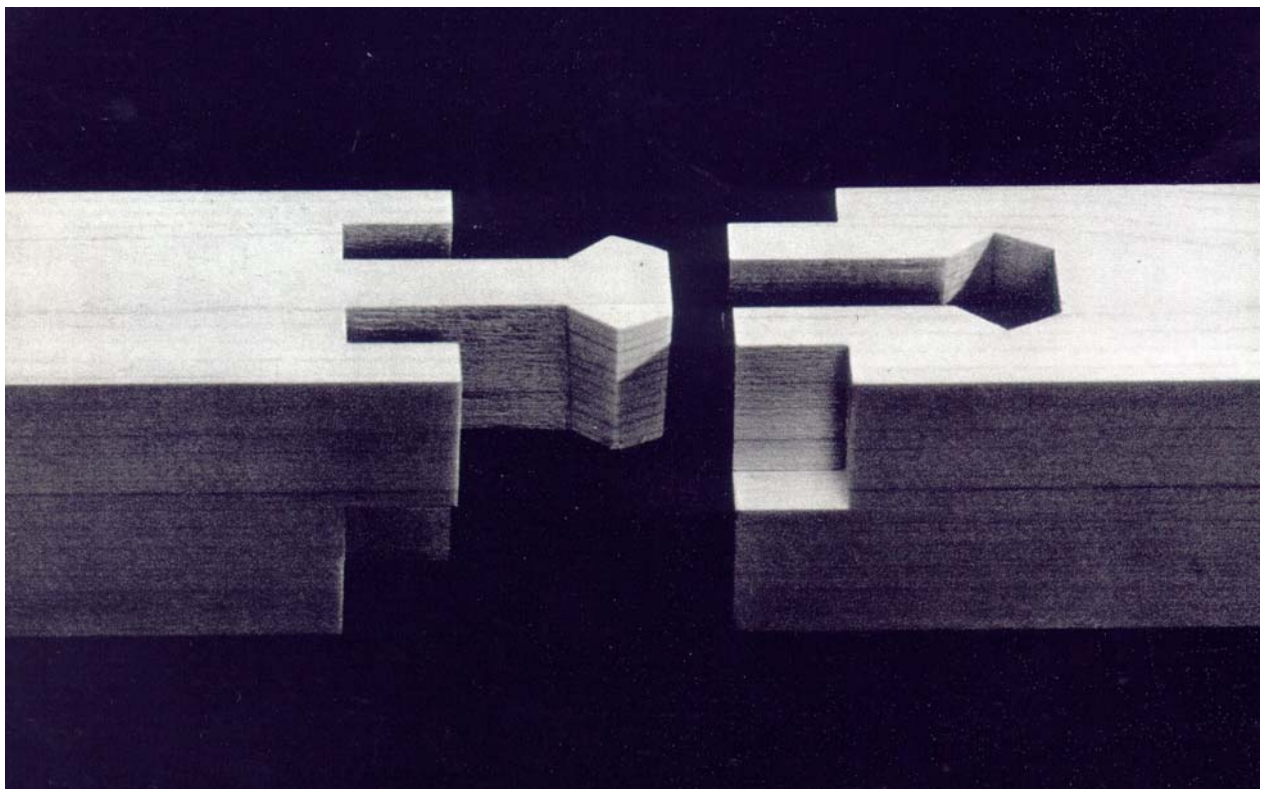


Figura 1. 20 – Ligações. Fonte: Seike (1990)

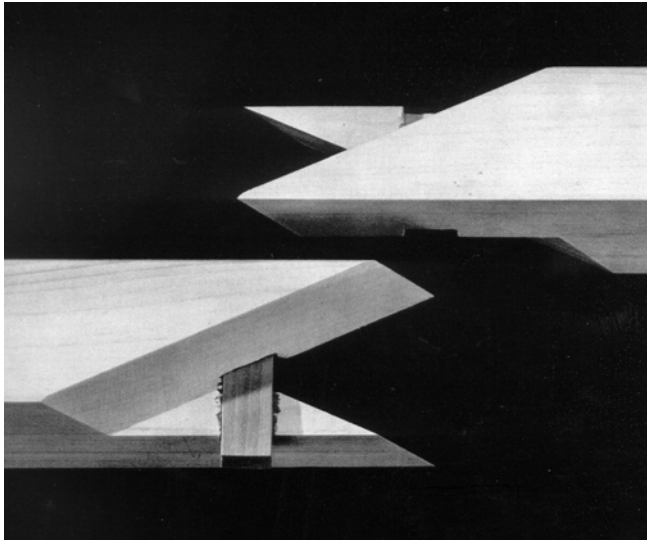


Figura 1. 21 - Ligações

Fonte: Seike (1990)

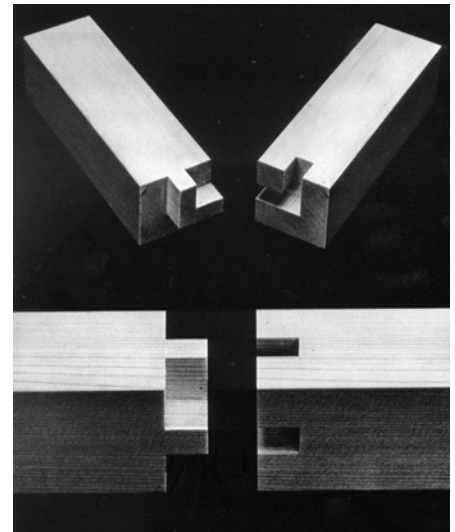


Figura 1.22 – Ligações

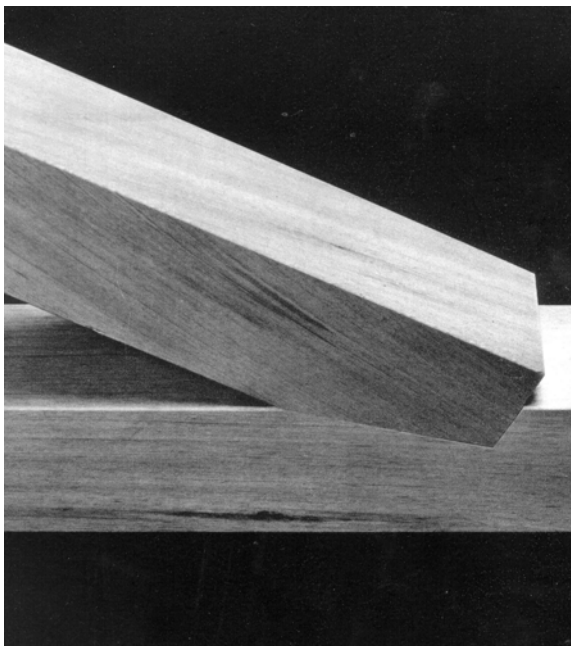


Figura 1. 23 - Ligações

Fonte: Seike (1990)

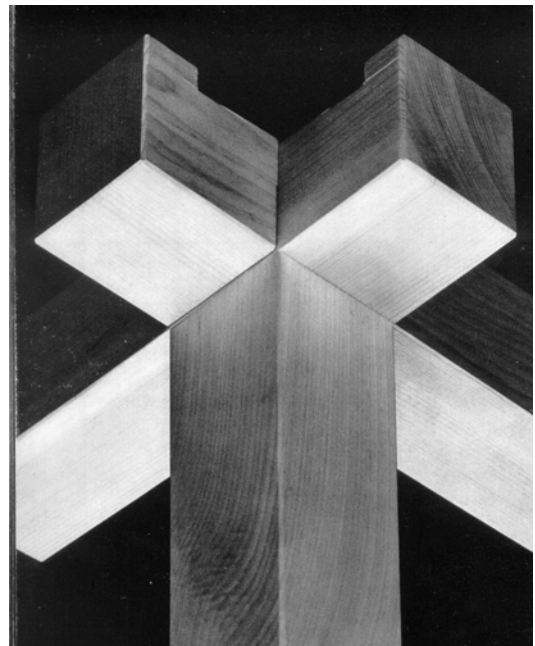


Figura 1.24 – Ligações

No *sistema poste-e-viga* pré-ferramental em ferro, os elementos estruturais eram ligados através de engenhosas amarras de corda rústica e ramos de trepadeiras. Esse processo em si limitava as construções ao nível do chão, com estrutura em madeira e telhado de palha, pois a estabilidade poderia ser prejudicada em caso de edificações mais elevadas.



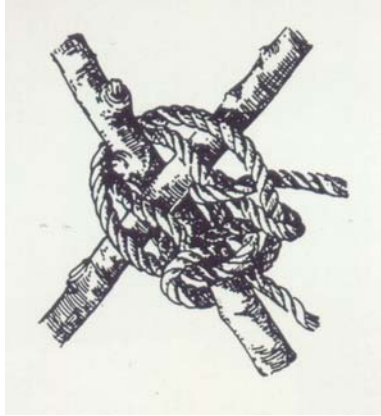


Figura 1.25 - Amarrações



Figura 1.26 - Amarrações

Fonte: Zwerger (2000)

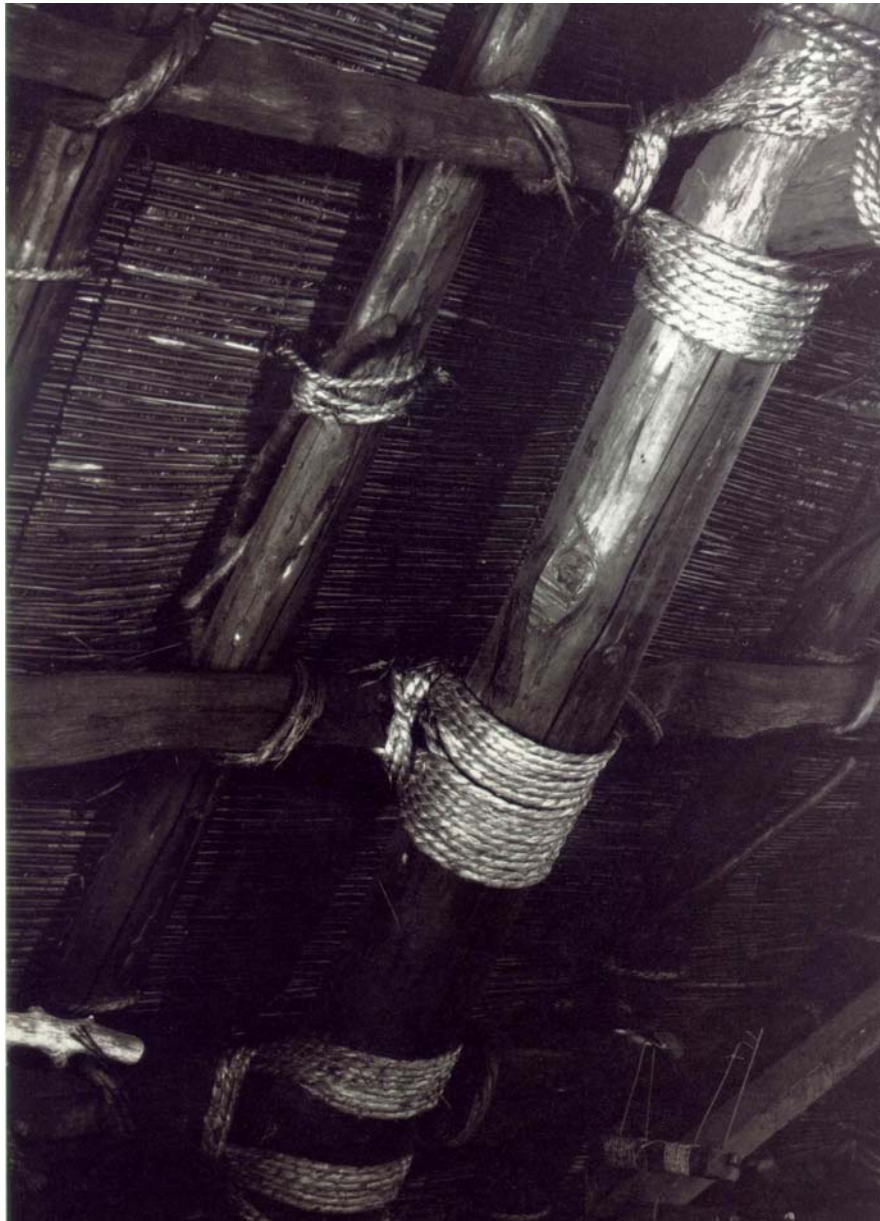


Figura 1.27 – Amarrações. Fonte: Zwerger (2000)

Com o novo ferramental, os carpinteiros puderam amoldar a madeira com furos e cortes de várias formas, e preenchê-los com cavilhas, tarugos, cunhas, entre outros, criando formidáveis ligações, e como conseqüência, fazendo com que, principalmente postes e vigas, atingissem comprimentos jamais pensados. Nasceram assim, formalmente, as edificações mais elevadas.

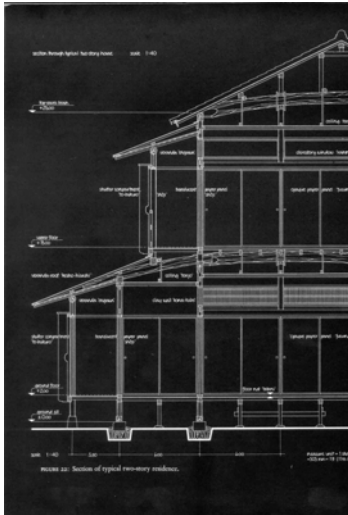


Figura 1.28 – Corte/casa elevada

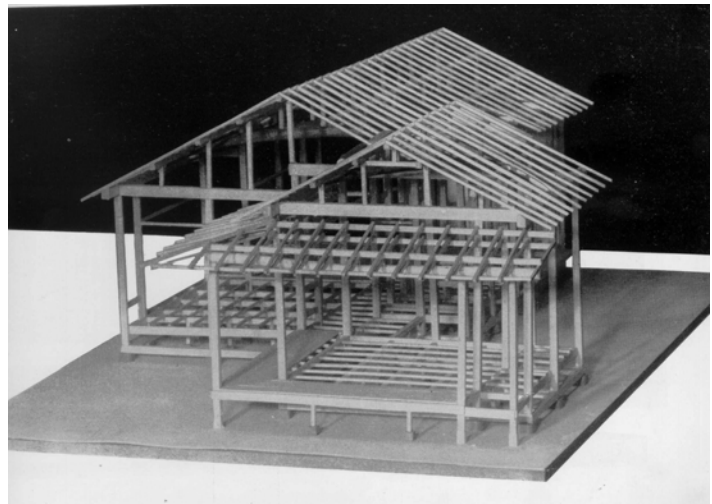


Figura 1.29 -Maquete

Fonte: Engel (1983)

Uma das características que sobressai na arte e na cultura japonesa, segundo Seike (1990), é o conceito de *ma*, significando espaço. Esse conceito pode ser sentido na música, quando se toca um tambor: após cada batida, que precede uma outra, faz-se um silêncio. Esse intervalo entre os sons das batidas do tambor não é pausa nem tampouco descanso, mas sim algo de vital, que permanece, ou seja, um espaço foi criado. O conceito *ma*, quando remete à arquitetura, representa o espaço medido entre dois elementos estruturais verticais (os postes), originando as palavras *magusa*, em inglês *lintel* (em português: verga) e *mado*: janela ou propriamente porta (SEIKE, 1990).

Em termos dimensionais *ma* tornou-se o elemento fundamental da construção modular no Japão: 1,80 m.

Quando *ma* não se refere somente à largura, mas também, à altura, resulta: 1,80 x 1,80 m, ou seja, 3,24 m<sup>2</sup>, passando a denominar-se *tsubo*, cuja área é igual a dois *tatamis*.

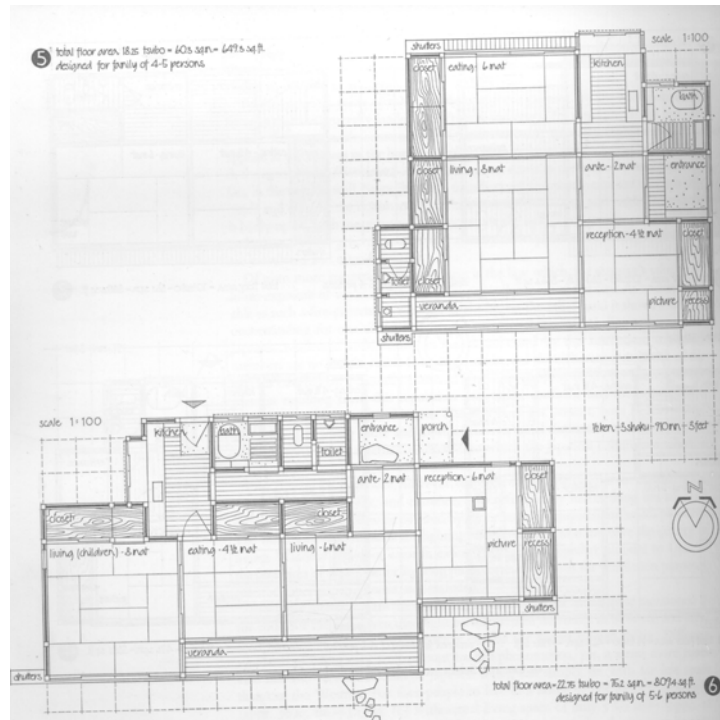


Figura 1.30 - Planta – “tsubo” – casa. Fonte: Engel (1983)

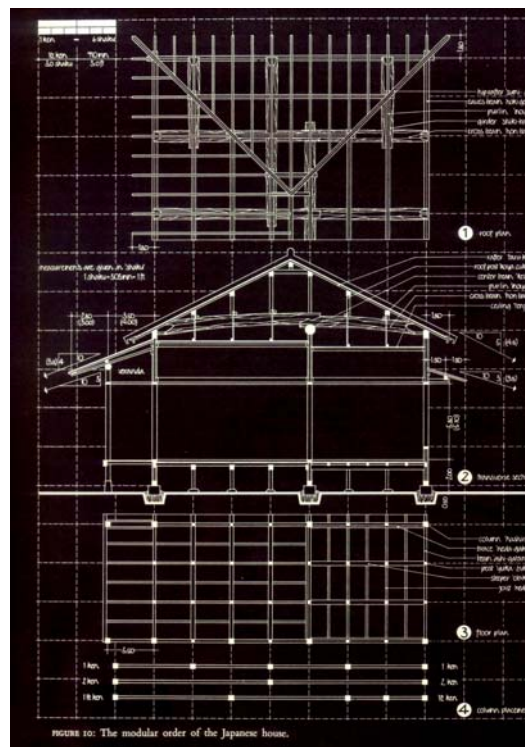


Figura 1.31 - Planta e corte – casa. Fonte: Zwerger (2000)

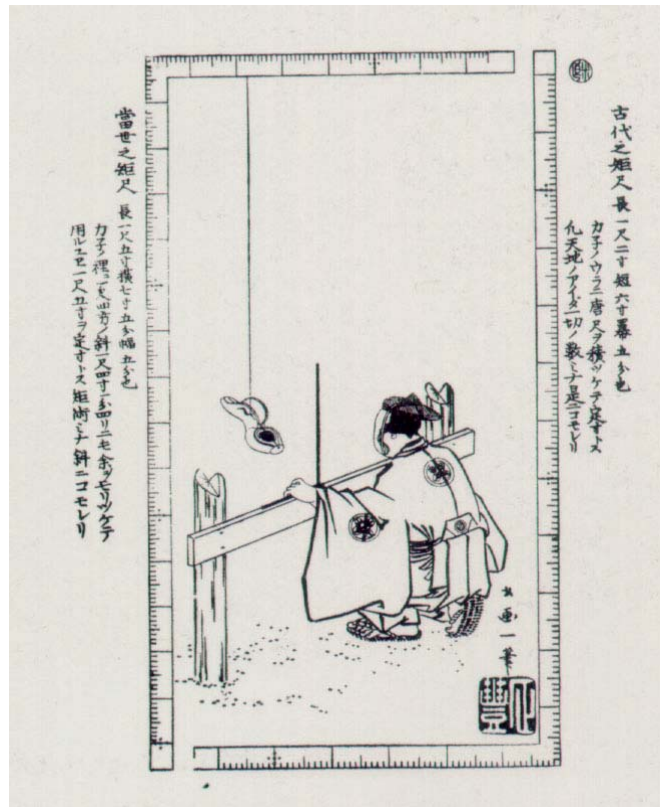


Figura 1.32 – “ma”. Fonte: Engel (1983).

#### 1.1.4.2 O sistema poste-e-viga no Japão: noções

A madeira constitui-se no principal material estrutural empregado na arquitetura tradicional japonesa (situação essa que permanece ainda nos tempos atuais), diferentemente dos países europeus, que usavam pedras e tijolos como materiais principais em seus sistemas construtivos, isso desde os tempos antigos grego e romano.

O *sistema verga ou arco (lintel or arch system)* da arquitetura antiga européia caracterizava-se pela colocação de verga (elemento retilíneo) ou de arco (elemento curvo) por cima de peças de pedra ou tijolo de dimensões reduzidas.

Essas peças formavam as aberturas de janelas e portas, assentadas por diferentes materiais, como óleo de baleia branca, cobre derretido, cinzas de origem vulcânica, conchas do mar, areia do mar ou de rios, entre outros (KISHIDA, 1954).



A *verga* ou o *arco* funcionava como elemento de distribuição de carga para os apoios de pedras ou tijolos, tornando-se ambos os elementos indispensáveis para a estabilidade da construção, mas apresentando uma limitação de largura das aberturas de portas e janelas, à medida que se necessitasse fazer paredes de áreas cada vez mais reduzidas.

Ao contrário, em construções em madeira em países como o Japão, de longa tradição no emprego desse material, a coluna, e não a parede era o principal elemento de suporte de carga, o real elemento portante. Os vãos das portas e janelas passaram a ser tão espaçados quanto o desejo projetual imaginasse, chegando até as extremidades do espaço total entre colunas ou esteios, encimadas por vigas, ambas em madeira.

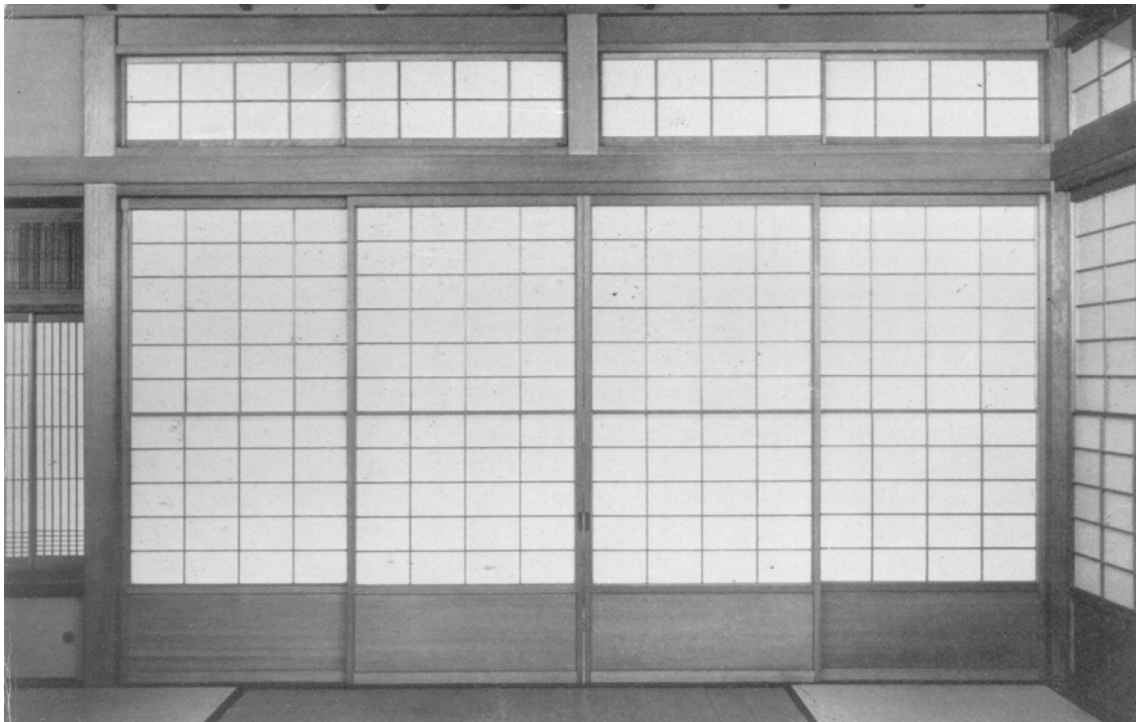


Figura 1.33 – Parede divisória. Fonte: Engel (1983)

As paredes passaram a ter simplesmente a função de separação de ambientes, não mais a de suportar carga, como as empregadas nos países europeus nos tempos antigos.

Pode-se perfeitamente perceber nesse contexto um interessante exemplo de relação de harmonia entre a construção e o projeto, ou conforme acentua o mestre Lúcio Costa, a expressão do edifício, quando “satisfeitas as proporções do conjunto, e as relações entre as partes e o todo – se concentra nisto que constitui propriamente o jogo dos cheios e vazios” (COSTA, 1962).

Engel, analisando também a casa tradicional japonesa, acentua poeticamente que a “(...) expressão do edifício é o elemento que se comunica com a psique do homem. Ela expressa como conteúdo, tanto a mera forma visual externa, quanto o significado espiritual representado pela forma” (ENGEL, 1983).

Um outro fator bastante favorável ao *sistema poste-e-viga* aplicado na arquitetura japonesa em relação ao de *verga ou arco* empregado na antiga Europa, é sua capacidade de resistir com grande eficiência a terremotos, que ocorrem com frequência e intensidade no Japão.

Os edifícios em pedra ou tijolo têm uma longa lista de amargas experiências em situações de abalos sísmicos. Tome-se, por exemplo, o devastador terremoto com o conseqüente *tsunami*, ocorrido em Lisboa em 01 de novembro de 1755, ocasionando a morte, segundo previsões da época, de 60 a 100 mil pessoas, atingindo o grau 9 na Escala Richter, praticamente dizimando a cidade, reconstruída posteriormente, à época do Marquês de Pombal.

Em relação aos edifícios em madeira ocorre o oposto, devido à articulação dos nós não rígidos, e também quando tomadas as devidas precauções construtivas, como por exemplo, mantendo-se a madeira afastada da umidade, aplicando-se beirais generosos, possibilitando-se ocorrências de frestas para que haja aeração do ambiente, entre outras, os mesmos resistem de forma satisfatória a severos terremotos.



Figura 1.34 – Beirais generosos. Fonte: Zwerger (2000)

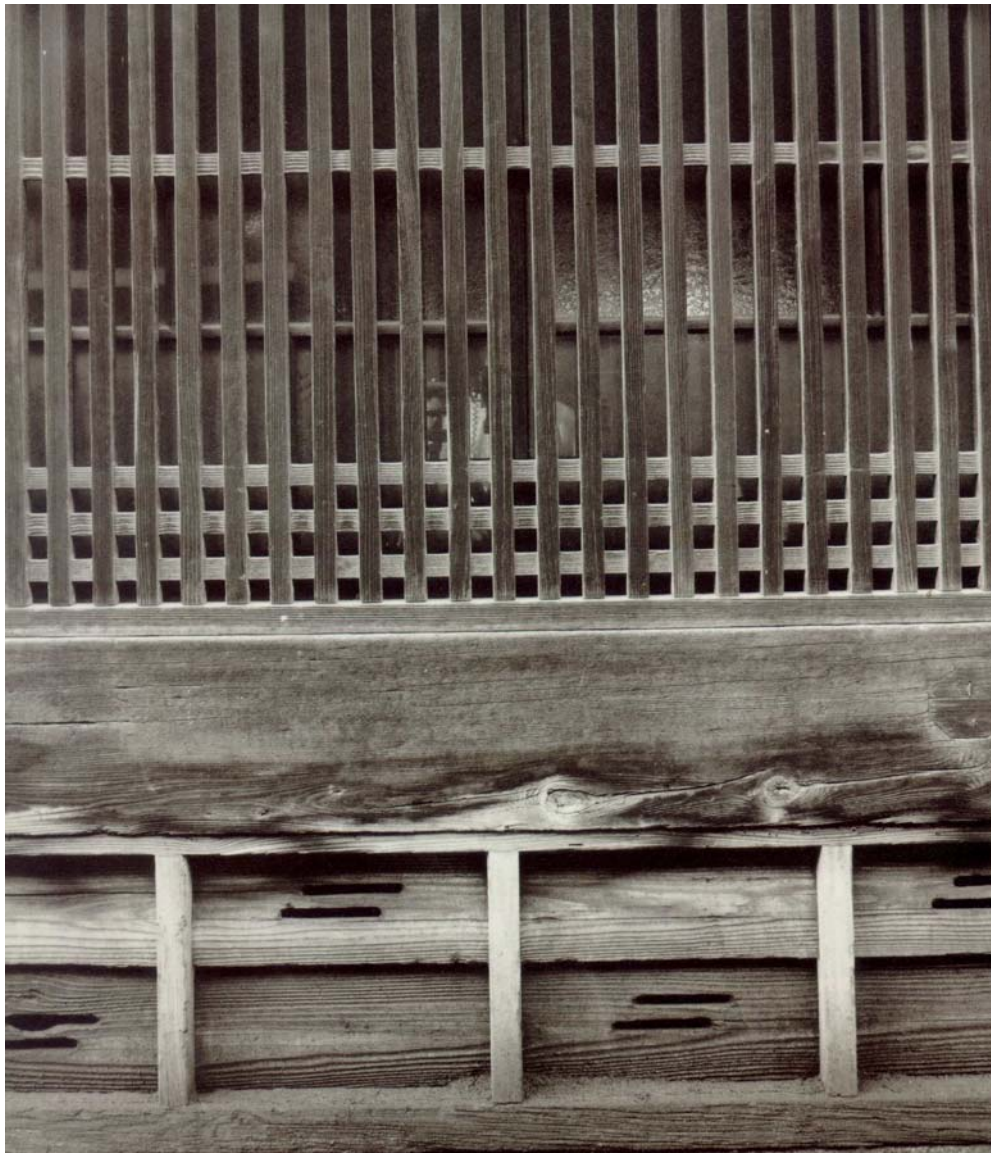


Figura 1.35 – Frestas para ventilação. Fonte: Zwerger (2000)





Figura 1.36 – Proteção dos pilares. Fonte: Zwerger (2000)

Alguns antigos edifícios no Japão foram destruídos devido a defeitos construtivos, ao contrário de exemplares de *Pagodas* (templos budistas) construídos com esmero,

de três a cinco andares, que apesar de suas formas aparentemente instáveis e a incidência de terremotos de alta intensidade, permanecem intactos há séculos.



Figura 1.37 - *Pagoda de 3 andares*

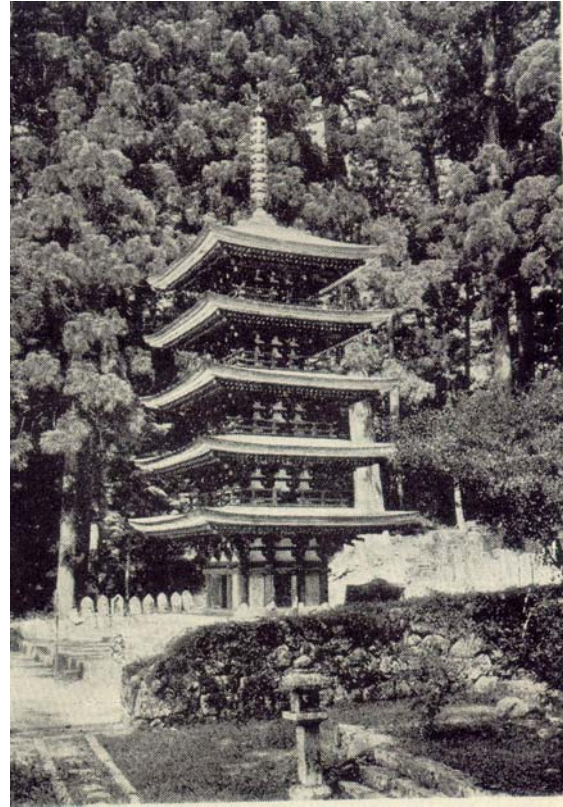


Figura 1.38 - *Pagoda de 5 andares*

Fonte: Kishida (1954)

Uma outra característica marcante na arquitetura tradicional japonesa é que os elementos estruturais constituintes do sistema *poste-e-viga* também são elementos ornamentais. Colunas, vigas, terças e demais elementos estruturais de uma edificação estão sempre expostos, aparentes, ao contrário daqueles elementos da arquitetura européia, onde os mesmos, via de regra, permanecem escondidos da visão do observador.





Figura 1.39 - Imponência construtiva. Fonte: Zwerger (2000)

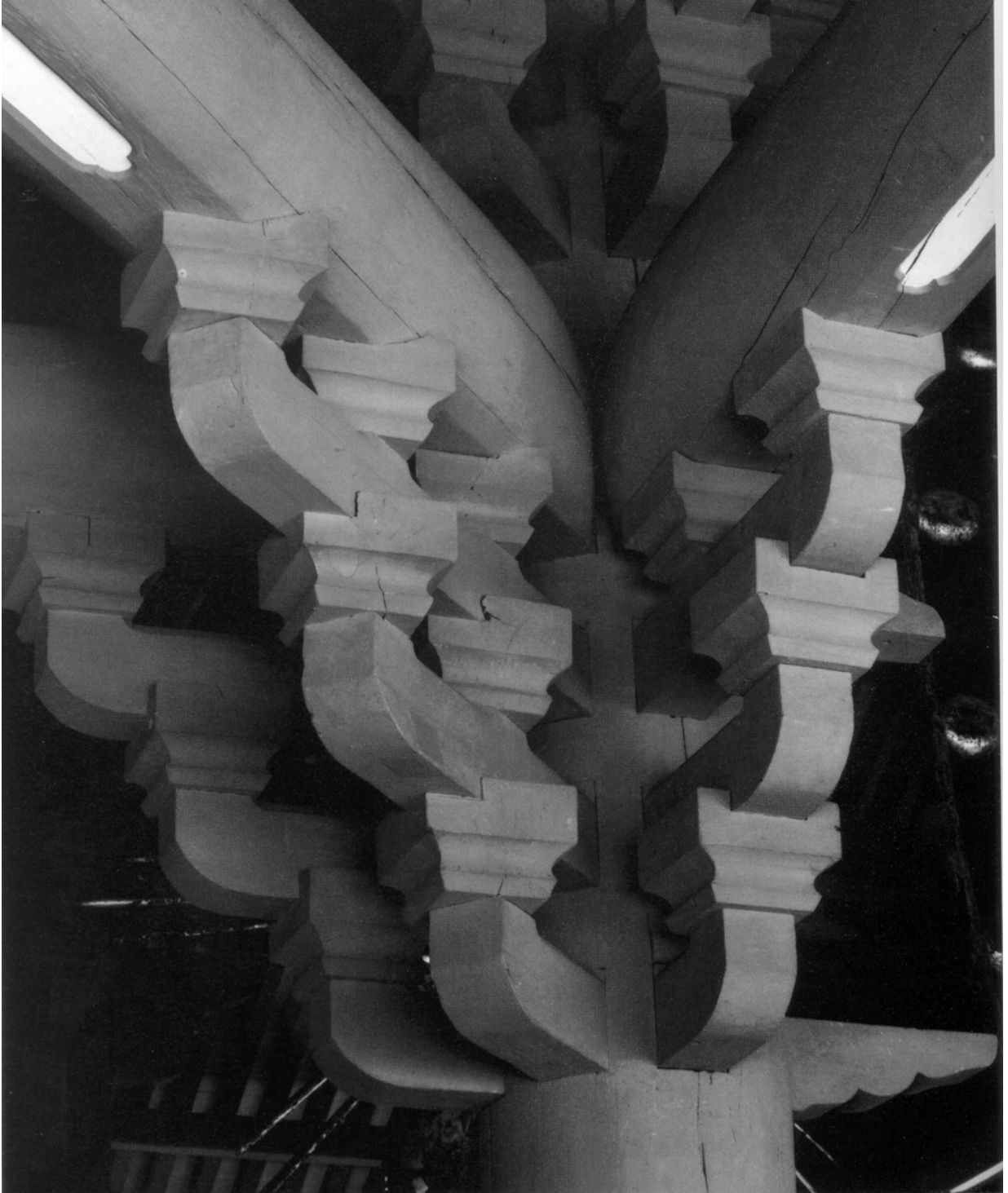


Figura 1.40 – Verdade dos materiais. Fonte: Zwerger (2000)

*Grosso modo*, nessa arquitetura antiga europeia maquia-se uma decoração, nem sempre permeada de valor. A esse propósito, Lúcio Costa escreve que: “O enfeite é, de certo modo, um vestígio bárbaro – nada tendo a ver com a verdadeira arte, que tanto pode servir dele como ignorá-lo” (COSTA, 1962).

## 1.2 Sistema estrutural poste-e-viga em madeira: interface entre a Arquitetura tradicional japonesa e a Arquitetura moderna

### 1.2.1 Aspectos gerais da Arquitetura tradicional japonesa: a casa como referência – rebatimento na Arquitetura Moderna no mundo e no Brasil

A mais primitiva evidência registrada no Japão de algo possível de ser interpretado como habitação, segundo Yobuto e Davis (*apud* SEIKE, 1990), são vestígios espalhados ao longo do território japonês das chamadas *pit dwellings* (habitações construídas diretamente em cavidades feitas no solo).

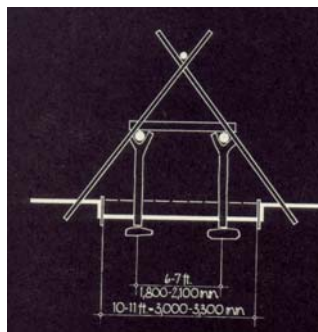


Figura 1.41 – corte esquemático – *pit dwelling*

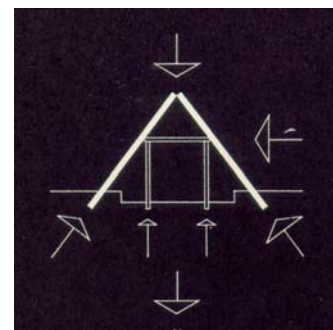


Figura 1.42 – corte esquemático – *pit dwelling*

Fonte: Engel (1983)



Figura 1.43 – *Farm dwelling* derivada da *pit dwelling*. Fonte: Engel (1983)

Por volta do ano 3000 a.C; encontram-se evidências dispersas de ocorrências dessas casas, na região central de Honshu, apesar de ainda não serem estruturas impregnadas de legitimidade e intenção plástica.

Conforme Kishida, o estudo da habitação ao longo dos tempos no Japão (do século X até início da segunda metade do século passado) sofreu um processo complexo de transformações, movido por profundas mudanças políticas, caracterizadas por



diferentes fases, representadas por estilos construtivos variados, destacando-se entre outros: *Shinden-zukuri*, *Buke-zukuri*, *Shoin-zukuri*, *Buke-yashida*, e os mais atuais *Japanese dwelling-houses* (KISHIDA, 1954).

O estilo *Shinden-zukuri* foi empregado por sucessivos Imperadores japoneses e por suas cortes (sendo portanto, um estilo elitista), durante e depois do século X, e sua origem remonta às casas de campo dos tempos antigos, amplas e luxuosas.



Figura 1.44 – Estilo *Shinden-zukuri*. Fonte: Kishida (1954)

No século XVI, com a mudança do governo central para *Edo* (atual *Tokio*), um novo estilo floresceu: o *Buke-yashida* (*yashida* significando residência), mais simples que os anteriores, desenvolvido a partir do *Shoin-zukuri*, já apresentando características que passariam a predominar nas casas mais atuais.

Já no século XIII, com o poder político passando às mãos dos militares (ou classe dos samurais) dois novos estilos foram implantados: o *Buke-zukuri* (*buke* significando família de samurais e *zukuri*, estilo construtivo) e o *Shoin-zukuri*.

As *Japanese dwelling-houses*, às quais se refere Kishida, são uma combinação da casa da cidade e a citada *Buke-yashida*, que tomaram emprestado o estilo dos quiosques da cerimônia do chá.

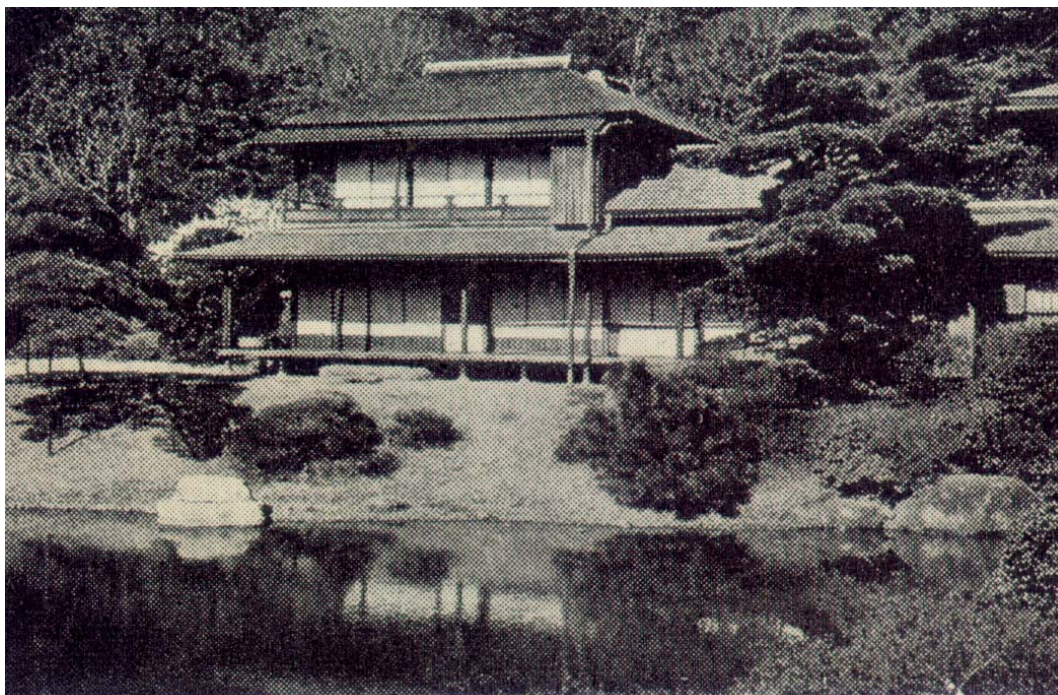


Figura 1.45 – Antiga casa japonesa assobradada. Fonte: Kishida (1954)

Essas casas caracterizam-se pela simplicidade, pela sua total integração ao entorno (interno e externo se fundem de forma silenciosa, sem tensões), adequadamente seguras em relação a abalos sísmicos.

Em contrapartida, são desprovidas do conforto da vida moderna e inflamáveis à medida que novos equipamentos domésticos a gás e elétricos foram introduzidos sem os devidos cuidados, bem como algumas dessas construções não obedeciam aos recuos laterais previstos em época passada. Eram praticamente beiral-a-beiral, isso em função da disponibilidade cada vez menor de áreas para construções (KISHIDA, 1954).

Atualmente, no Japão, um grande número de pessoas trabalha durante o dia em edifícios modernos, ocidentais, e à noite, as que habitam casas isoladas em madeira, o fazem à moda antiga.

Em 1983, segundo pesquisa, 77,4% do total das unidades habitacionais foram construídas com estrutura de madeira. Para o mesmo ano, 81,5% das novas

unidades de casas isoladas e geminadas, foram construídas com esse material (JAPAN, 1966).

As casas japonesas refletem a personalidade do seu povo, que valoriza a intimidade e o respeito pelo bem estar próprio e do outro, apresentando áreas bem definidas de viver em comunidade, onde cercas separam a vida pública da privada, entre o mundo exposto e o recluso.



Figura 1.46 - O limite entre o exposto e o recluso. Fonte: Engel (1983)

Walter Gropius, Arquiteto alemão, um dos criadores e expoentes da Escola Bauhaus na primeira metade do século passado, racionalista em sua essência, ressaltando a relevância da Arquitetura japonesa, acredita que suas características peculiares foram grande apelo ao arquiteto moderno do mundo Ocidental. Esse fato não se deu devido a uma tendência de modismo decorrente dos motivos de *design* orientais, mas baseado no reconhecimento de certas descobertas no domínio da criação da forma, a qual tem permanente relevância em todas as redes de atividades da sociedade humana (ENGEL, 1983).

O *sistema estrutural poste-e-viga* empregado na casa japonesa em madeira foi elemento fundamental na concepção de quatro dos cinco princípios da Arquitetura

Moderna, ou seja: pilotis, planta livre, fachada horizontal, fachada livre, todos, indistintamente, empregados há séculos na Arquitetura tradicional japonesa em madeira.

Charles Edouard Jeanneret-Gris, Le Corbusier, estabelece essa nova Arquitetura, dita moderna, em contrapartida à antiga, clássica, que se fundamenta nos cinco princípios corbusianos, sendo quatro do *sistema poste-e-viga* em madeira da Arquitetura tradicional japonesa, mais o quinto, o teto livre ou teto jardim, o qual dispensa nas construções a cobertura tradicional, isso em função do surgimento de novas técnicas construtivas, entre elas a impermeabilização de lajes.

Esses princípios foram definidos por Le Corbusier e seu primo, Pierre Jeanneret, no texto *Œuvres Complètes - 1910-1929, Vol. 1*, inseridos no tópico *Les 5 Points d'Une Architecture Nouvelle*, como: *Les pilotis* (os pilotis), *Les toits-jardins* (os tetos-jardins), *Le plan libre* (a planta livre), *La fenêtre en longueur* (a janela horizontal) e *La façade libre* (a fachada livre) (CORBUSIER e JEANNERET, 1965).

A aplicação desses cinco princípios modernistas foi de relevância vital para a contextualização da Arquitetura Moderna no mundo e no Brasil, particularmente pós-1930, excetuando-se o teto-jardim, em razão da prevalência de clima tropical na maior parte do território brasileiro.

Le Corbusier e Jeanneret, o Pierre, ilustram as vantagens da aplicabilidade desses pontos em relação ao sistema construtivo convencional, que utilizava uma estrutura em que o concreto armado esperava “pacientemente” a alvenaria ser respaldada, para então, participar como mais um dos elementos estruturais do conjunto. “A ossatura independente é mais ágil, mais contemporânea, moderna” (CORBUSIER e JEANNERET, 1965).



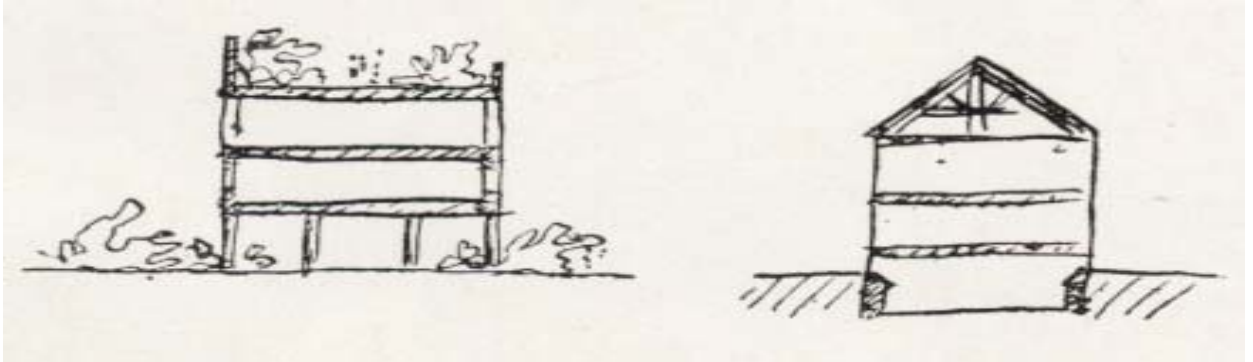


Figura 1.47: Pilotis x estrutura em alvenaria convencional. Fonte: Corbusier e Jeanneret (1965)

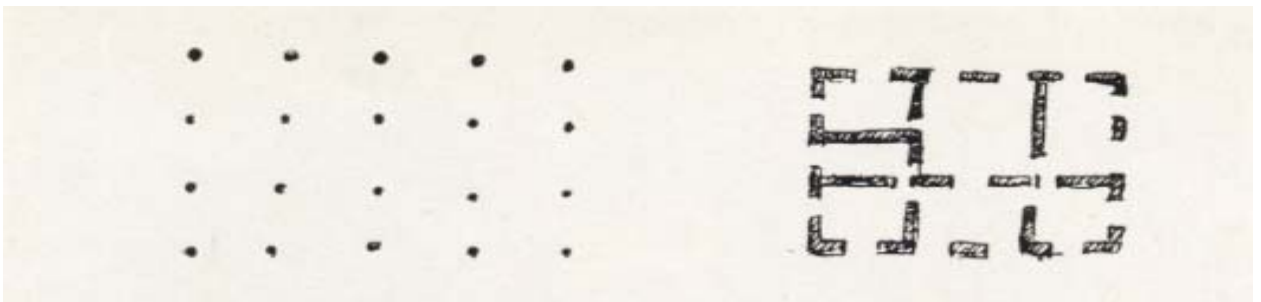


Figura 1.48 – Planta livre x paredes em alvenaria. Fonte: Corbusier e Jeanneret (1965)

A aplicabilidade desses princípios possibilitou a total independência da estrutura dos vedos, ou, como o mestre Lúcio Costa a ela se referia, a “ossatura independente”, correspondente ao sistema “Dom-ino” criado por Le Corbusier (COSTA, 1962).

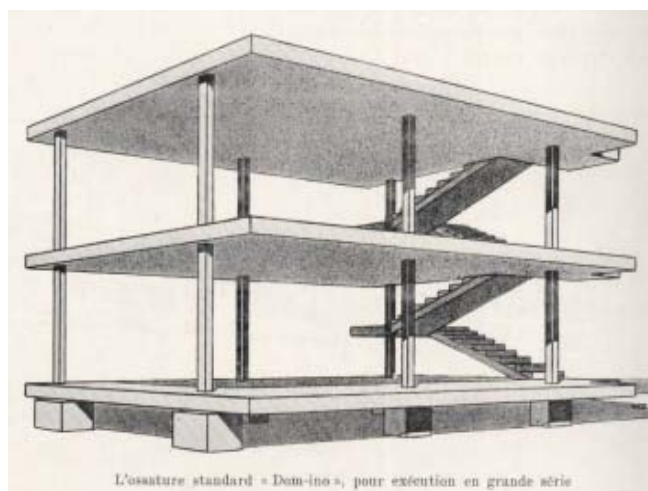


Figura 1.49 – Ossatura padrão “Dom-ino”. Fonte: Corbusier e Jeanneret (1965)

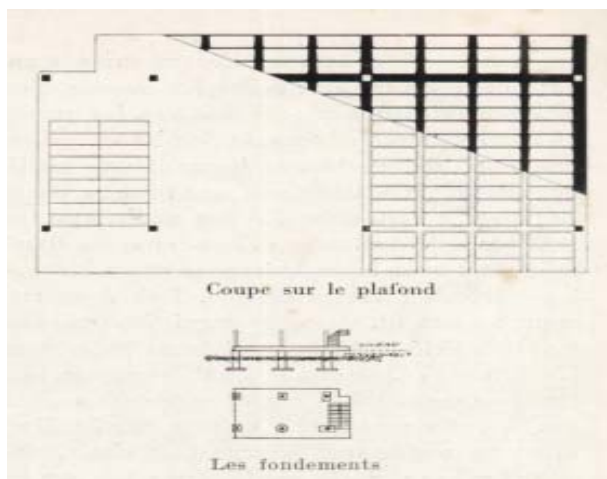


Figura 1.50 – Fachada livre, independente do vedo. Fonte: Corbusier e Jeanneret (1965)

Le Corbusier trouxe para o Brasil a linguagem arquitetônica moderna em suas viagens de 1929 e 1936, quando foi consultor da obra fundamental para a inserção do Brasil na comunidade internacional, a magnífica e imponente obra do Ministério da Educação e Saúde Pública (MES), atual Palácio Gustavo Capanema, no Rio de Janeiro.

### 1.3 Arquitetura contemporânea em madeira no Brasil

#### 1.3.1 Generalidades

A Arquitetura contemporânea em madeira brasileira não apresenta uma produção em massa, muito ao contrário, são obras esparsas, mas impregnadas de fortes tensões experimental e investigativa, bem como dotadas de alta dose de criatividade.

O Brasil, apesar ser coberto com uma das mais expressivas e variadas reservas florestais no mundo, apresenta um emprego pífio da madeira nas construções, se comparado com os Estados Unidos, que apresentam, hoje em dia, um setor industrial significativo na construção civil, responsável por 74% dos metros quadrados habitáveis (CARUANA, 1998).

Conforme não há ou não houve no Brasil uma opção devidamente assumida, entendendo-se neste caso, também o aspecto político por uma arquitetura voltada para a madeira, salvo àquela submetida às necessidades imediatas, ou mesmo precárias. As pesquisas com arquitetura em madeira, relevantes, porém esparsas, foram feitas por arquitetos e engenheiros de forma isolada e com resultados que podem sugerir “convergências de preocupações” (SEGAWA, 1997).

Dentro desse enfoque de “convergências de preocupações”, vale ressaltar a obra *Casa Elza Berquó* (1967), em concreto, do mestre Artigas, onde o autor aplica, para apoio das lajes planas, troncos de árvores que suportam parte da estrutura da cobertura.

Segundo Artigas, esse projeto de residência “meio pop e meio irônico era para externar que toda a técnica do concreto daquela época, magnífica por sinal, não passava de uma tolice irremediável em face das condições políticas daquele momento” (ARTIGAS, 1997).

Nessa obra, Artigas estabelece a verdade dos materiais concreto, madeira e tijolo, aplicados sem enfeites, conseguindo através da ironia e da subversão de conceitos, criar uma obra exemplar.



Figura 1.51 – Casa Elza Berquó: projeto Artigas. Fonte: Vilanova Artigas (1997)

O problema do contacto do tronco com a laje de concreto é resolvido pela colocação de neoprene, permitindo que a carga do telhado seja transmitida ao apoio do piso e à fundação.



Figura 1.52 – Detalhe do apoio do tronco de madeira - Casa Elza Berquó. Fonte: Vilanova Artigas (1997)

Outra obra exemplar do mestre Artigas, que contextualiza essa “convergência”, é a *Conceiçãozinha* (1976), Escola Estadual de Primeiro Grau, no Guarujá (SP), onde a estrutura é em alvenaria de tijolos de barro, alguns vedos são em blocos de cimento e a estrutura de telhado é em madeira.



Figura 1.53 - Conceiçãozinha: vista interna do pátio. Fonte: Vilanova Artigas (1997)





Figura 1.54 - *Conceiçãozinha*: detalhe do arco em alvenaria. Fonte: Vilanova Artigas (1997)

### **1.3.2 *Park Hotel* (1944-45): uma obra emblemática**

De concepção rústica, projeto do arquiteto Lúcio Costa, uma “cabana na montanha”, emprega materiais do próprio local, como a pedra e a madeira, em que são adicionados aos materiais da própria região, extensos panos de vidro e *brise-soleil*.

Sustentada por pilotis, uma obra moderna em sua essência, a princípio um hotel pensado como provisório, com apenas dez apartamentos, para abrigar os futuros loteadores do condomínio do Parque Clemente. Por ironia, de provisório tornou-se um ícone da arquitetura brasileira em madeira, referencial para qualquer pesquisa profunda nessa área!



Figura 1.55 – Plantas e corte - *Park Hotel*. Fonte: Wisnik (2001)



Figura 1.56 – Fachada principal sudoeste - *Park Hotel*. Fonte: Wisnik (2001)

O piso superior em balanço, funcionalmente, é composto de quartos avarandados, com terraços cobertos, protegidos das intempéries, descortinando uma visão magnífica do Parque São Clemente, constituindo-se numa resolução do partido arquitetônico admirável, do ponto de vista do *skyline*.

Interessante notar a criatividade de Costa quando, quase que brincando, brinda o visitante com a inserção do moderno, aplicando os conceitos corbusianos no térreo: planta livre, fachada livre, pilotis, *brise-soleil*; e, no pavimento superior, emprega os conceitos da arquitetura tradicional luso-brasileira, resgatada por ele de forma brilhante.

A Pousada do *Park Hotel* é um esplêndido exemplo de arquitetura calcada na habilidade e na ponderação, resultado de muita reflexão e pesquisa, em que a razão mesmo predominando sobre a intuição, não a eliminou, mas valorizou-a.

O andar térreo está apoiado sobre pilotis, parcialmente fechado por grandes superfícies envidraçadas (salão e sala de jantar) e pelo *brise-soleil* móvel, em madeira, da sala de jogos para crianças.

A decisão de usar esses grandes painéis envidraçados no pavimento térreo deveu-se ao fato da orientação solar ser face sudeste na sua parte frontal, em uma região serrana, portanto com predominância de ventos frios e temperaturas baixas no inverno, mesmo considerando-se ser uma região do Estado do Rio de Janeiro.

Todos os quartos são providos de banhos com ventilação permanente e iluminação natural, graças ao hábil desencontro entre os telhados, sendo que uma galeria alongada na fachada posterior dá acesso aos quartos.

A “ossatura independente” da estrutura de madeira, em relação aos vedos, propicia uma estanqueidade e uma impenetrabilidade dos espaços, resultando uma definição precisa dos ambientes, bem iluminados e bem arejados.

A silhueta do telhado de uma água com sua volumetria trapezoidal fica realçada de forma magnífica.

A inteligente resolução do autor de dotar o pavimento superior dos apartamentos com iluminação e aeração naturais, através da implantação de uma galeria, propicia ao conjunto um excelente conforto ambiental.



Figura 1.57 - Fachada norte, mostrando, em balanço, a galeria de acesso aos apartamentos - *Park Hotel*  
Fonte: Wisnik (2001)

Merecem destaque as janelas desta fachada, as quais são dispostas em linha contínua, todas retangulares e apresentando características semelhantes entre si, mas a horizontalidade das aberturas da faixa superior, retomada na construção de pedra que abriga a escada, é contrabalançada em ambos os lados pela verticalidade discreta dos caixilhos colocados no corredor.

A ambientação e o acabamento interior são definidos por Costa com rigor, despojados, mas ao mesmo tempo sofisticados. Os acabamentos em madeira e pedra dão ao ambiente um toque de bom gosto, muito da personalidade do autor, discreto, sóbrio, culto e sofisticado. As diversas tonalidades são mescladas com maestria.

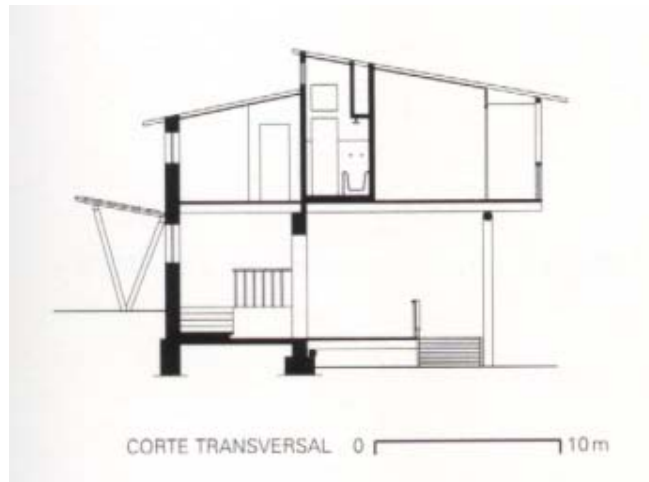


Figura 1.58 – Corte transversal - *Park Hotel*. Fonte: Wisnik (2001)



Figura 1.59 – Ambiente de estar e restaurante - *Park Hotel*. Fonte: Wisnik (2001)



Figura 1.60 – Vista do restaurante em direção ao ambiente de estar - *Park Hotel*. Fonte: Wisnik (2001)



Figura 1.61 – Varanda, face sul - *Park Hotel*. Fonte: Wisnik (2001)



Figura 1.62 - Corredor dos dormitórios - *Park Hotel*. Fonte: Wisnik (2001)





Figura 1.63 – Interior de um dormitório - *Park Hotel*. Fonte: Wisnik (2001)

Os serviços foram projetados num pavilhão adjacente ao principal, semi-enterrado e de costas para a colina, dando a impressão de esconder-se, quase que totalmente, em meio à natureza vizinha à *Pousada*, harmonizando-se com os demais elementos de forma sutil.

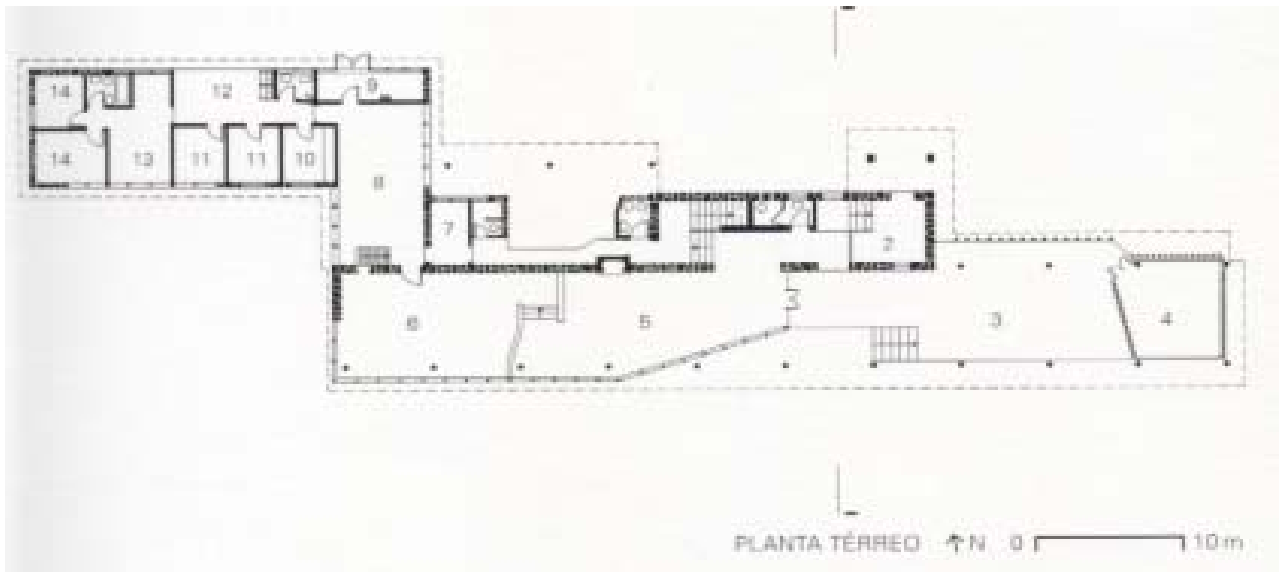


Figura 1.64 – Planta do térreo, vendo-se à esquerda o anexo dos serviços - *Park Hotel*. Fonte: Wisnik (2001)

Há que se fazer um paralelo, na linguagem arquitetônica, entre os traços que lembram a arquitetura tradicional luso-brasileira e os que são eminentemente contemporâneos. Os traços tradicionais imperam na escada de acesso e por todo o pavimento superior, através da varanda contínua, ao longo da fachada principal, com o telhado de telhas de barro do tipo canal, dotado de beirais salientes, como neste colégio, em Diamantina.



Figura 1.65 – Diamantina: colégio com passadiço e janela de treliça no térreo. Fonte: Costa (1995)

As paredes laterais de meio tijolo de barro, com revestimento, pintadas na cor branca, a galeria de circulação em madeira na fachada posterior, o modelo e o desenho dos caixilhos (térreo e superior), lembram a arquitetura tradicional luso-brasileira.

A arquitetura contemporânea aplicada no térreo é predominante, com a estrutura em recuo, permitindo total liberdade na articulação e na organização dos espaços na planta, estruturados com um jogo de pilotis, que se alternam em ocultar-se e expor-se deliberadamente.



Figura 1.66 – Fachada sudoeste - *Park Hotel*. Fonte: Wisnik (2001)





Figura 1.67 – Varanda, face sudoeste - *Park Hotel*. Fonte: Bruand (1991)

Esses elementos possibilitam uma interpenetração e integração dos espaços interno e externo, onde as paredes de pedra bruta dão um efeito meramente decorativo. A aplicação de extensos panos de vidro, do *brise-soleil* da sala de jogos das crianças, todos estes elementos em conjunto, fazem parte de um repertório integrante de uma arquitetura contemporânea.

É interessante salientar como Costa integra e harmoniza o emprego de elementos luso-brasileiros, como as treliças de madeira, ocultando parcialmente o *brise-soleil* da sala de jogos, permitindo uma suave integração com produtos de técnica moderna, resultando uma composição original, que se inscreve sutilmente na linguagem arquitetônica luso-brasileira, em um perfeito sincretismo de elementos.

### 1.3.3 Arquitetura pós-1980

A Arquitetura brasileira em madeira atinge pós-1980 sua maturidade, pelo repertório de obras permeadas de valor arquitetônico, consciência ecológica e busca da verdade construtiva. Apesar de esparsas, são dotadas dos mesmos conceitos arquitetônicos abordados por Le Corbusier no texto *Architecture ou Révolution*.

Nesse texto, Le Corbusier, tratando do tema *une architecture*, acentua que essa arquitetura “tem uma ampla associação com os conceitos de sistema arquitetônico e

a idéia da arquitetura como expressão de uma cultura particular” (*apud* ETLIN, 1994). Em *Vers une Architecture*, o mesmo Le Corbusier se refere “ao desafio de criar um novo e moderno sistema arquitetônico que poderia responder às sensibilidades e necessidades contemporâneas e simbolizar a cultura contemporânea, do mesmo modo que a arquitetura histórica havia feito em tempos antigos” (Idem).

Essa Arquitetura contemporânea brasileira em madeira preenche esses valores conceituais através de suas obras exemplares, tendo como obra síntese o *Park Hotel* (1944-45), início de um processo com características marcantes. Essa Arquitetura atende aos princípios de: racionalidade construtiva, modulação, verdade construtiva e consciência ecológica, desembocando nas obras contemporâneas de valor arquitetônico indiscutível.

No Brasil, hoje, são pensadas obras em madeira permeadas de muita tensão, pois são frutos de experimentos investigativos levados às últimas conseqüências, em termos de melhor opção construtiva, para um determinado sítio e um programa previamente estabelecido, no mesmo nível de experimentações em madeira que se processam no mundo, principalmente em países como a Inglaterra, os países nórdicos, a Austrália e Alemanha, entre outros.

### **1.3.3.1 Duas obras exemplares no mundo de autores internacionais: alta tecnologia e criatividade em madeira**

#### **1.3.3.1.1 *House and Office* (1996)**

A obra *House and Office*, do arquiteto alemão Dieter Thiel, insere-se nesse contexto, conjugando um estúdio e uma casa de hóspedes em dois blocos distintos distribuídos horizontalmente, “escondendo” a casa de hóspedes do olhar menos avisado de quem se encontra no estúdio de um editor de livros, com todo o seu

envolvimento com a sua atividade profissional. Para tanto, o arquiteto dispôs o bloco de hóspedes diagonalmente ao eixo do estúdio.

Esse projeto demonstra a possibilidade projetual de uma edificação com alta tecnologia, no emprego de materiais atuais, tendo como material relevante a madeira.

Este artefato é inserido no entorno de forma a causar o mínimo de interferência ao sítio. Desde os pilotis, que não agredem o solo, à sua disposição em termos de *layout*, o autor respeitou a sensibilidade da natureza, mantendo as espécies arbóreas lá existentes. Implantada em um terraplano, essa resolução arquitetônica é inovadora, quando comparada às brilhantes soluções de autores nacionais, que se especializaram em terrenos adversos.

Uma nova linguagem arquitetônica é apresentada, demonstrando que as possibilidades das obras em madeira não se restringem só a sistemas construtivos convencionais, *poste-e-viga*, mas que há todo um repertório a ser aplicado, ainda inexplorado por muitos arquitetos nacionais, mesmo considerando a defasagem tecnológica entre esses países desenvolvidos e o Brasil.



Figura 1.68 – *House and Office* - vista frontal. Fonte: Stungo (1998)

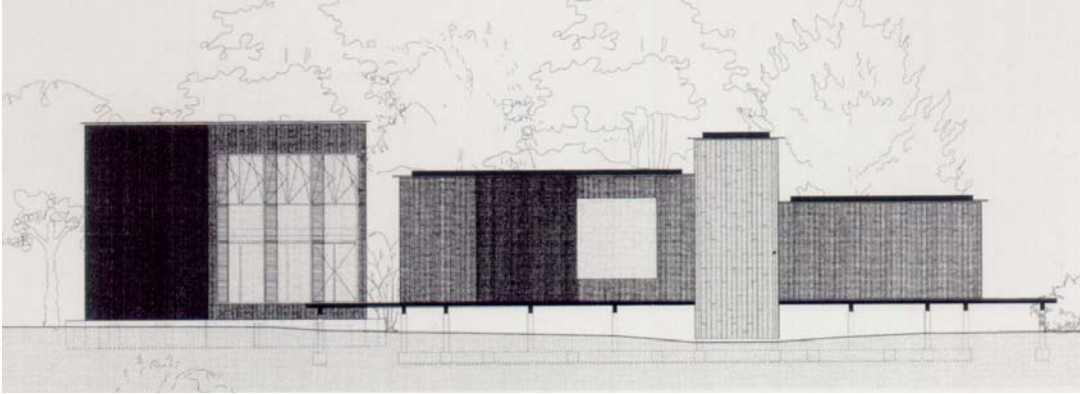


Figura 1.69 – *House and Office* - elevação. Fonte: Stungo (1998)

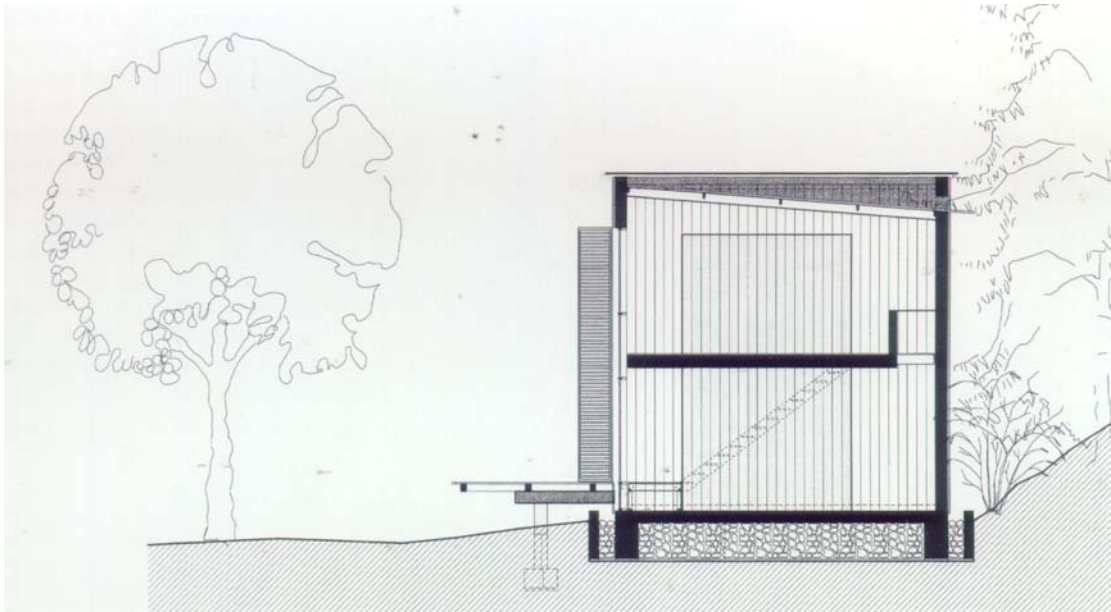


Figura 1.70 – *House and Office* –corte. Fonte: Stungo (1998)

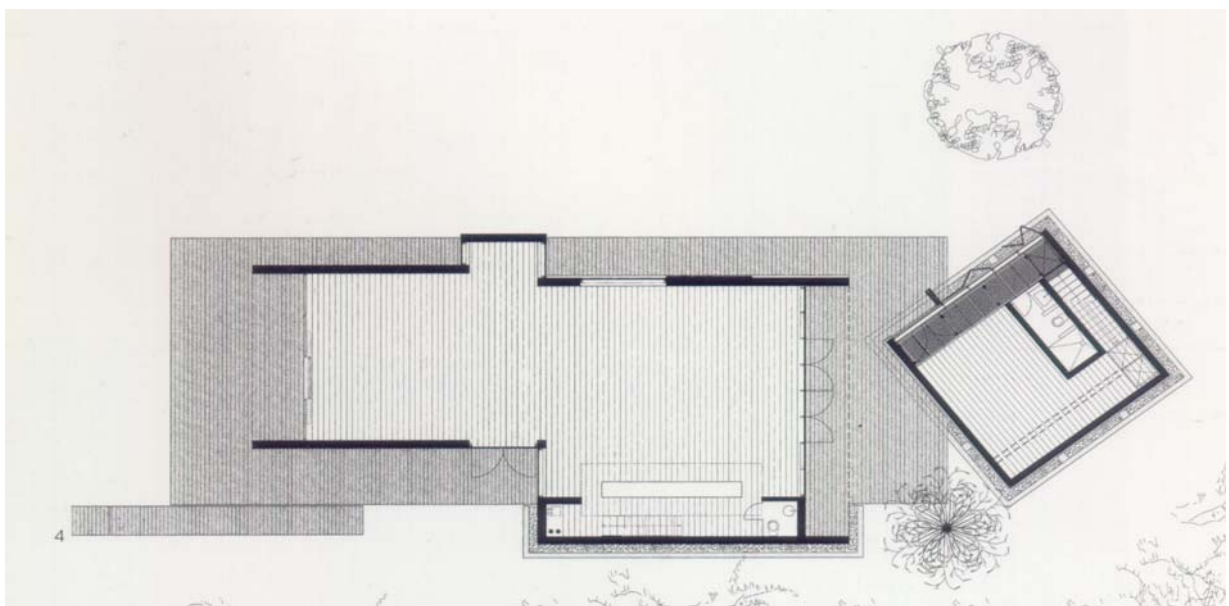


Figura 1.71 – *House and Office* –planta. Fonte: Stungo (1998)





Figura 1.72 – *House and Office* –lateral. Fonte: Stungo (1998)



Figura 1.73 – *House and Office* - interno



Figura 1.74 – *House and Office* - detalhes de pilares de apoio

Fonte: Stungo (1998)



Figura 1.75 – *House and Office* – vista interna. Fonte: Stungo (1998)

O sistema estrutural é o *post-and-beam não convencional*, sendo os esteios constituídos por colunas laminadas compostas com alma vazia, na mesma dimensão das vigas laminadas, com a mesma concepção construtiva das colunas. Os vedos são compostos por sarrafos, na parte interna e externa, encaixados pelo sistema de macho-e-fêmea.

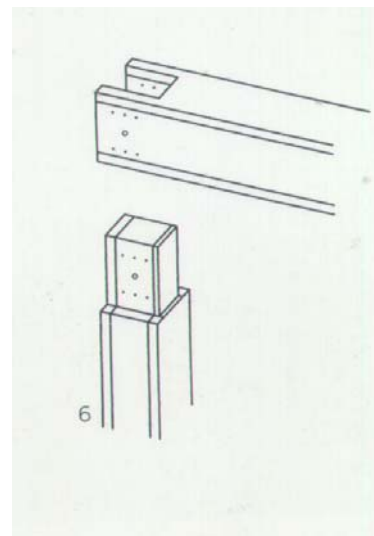
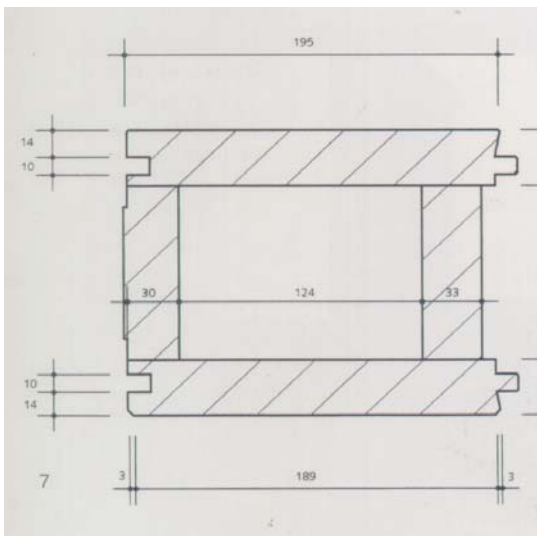


Figura 1.76a e 1.76b – *House and Office* – detalhes das colunas. Fonte: Stungo (1998)



### 1.3.3.1.2 *The Israel House* (1994)

Aos arquitetos australianos Stutchbury & Pape apresentou-se o desafio de inserir um artefato arquitetônico em um sítio de encosta, ao pé de uma rocha e solo de declividade acentuada, causando o mínimo impacto ao ambiente. O projeto destinou-se a um *designer* gráfico, Ken Israel, comportando três pavimentos: o subsolo, agrupando a área de serviço e banho, no térreo a sala de estar, e no superior o dormitório principal, encimado por uma cobertura tipo “guarda-chuva”, de telhas corrugadas em aço.



Figura 1.77 – *Israel House*. Fonte: Stungo (1998)



O sistema estrutural é o *post-and-beam não convencional*, com a aplicação de elementos metálicos para a sua conexão, sendo os vedos compostos de painéis de chapas de cimento (tipo *dry wall*).

### **1.3.3.2 Algumas obras exemplares no Brasil de autores nacionais**

#### **1.3.3.2.1 *Centro de Proteção Ambiental de Balbina (1983): o neovernacular de Severiano Porto e Mário Emílio Ribeiro***

Este projeto foi encomendado pela estatal federal Eletronorte para minimizar os impactos ambientais que seriam causados pela futura implantação da Usina Hidrelétrica de Balbina, através da construção de laboratórios, museu, oficinas, zonas administrativas, áreas de lazer e alojamentos, sendo que estes não saíram do papel.

O terreno disponibilizado para essa implantação foi de aproximadamente 40.000 m<sup>2</sup>, com área total coberta de 6.100 m<sup>2</sup>, sendo a área construída, mais as passarelas, igual a 2.900 m<sup>2</sup>. O projeto arquitetônico foi de Severiano, em parceria com o seu amigo arquiteto Mário Emílio Ribeiro, com visível preocupação com o sítio, a técnica e o programa.

O programa arquitetônico atendeu às necessidades impostas pela própria intenção da Eletronorte de proteger o meio ambiente de possíveis impactos da construção e operação da futura usina.

Caracterizou-se essa implantação pela originalidade da construção em plena selva amazônica, com todas as possíveis implicações ambientais, as quais poderiam trazer profundas alterações ao ecossistema regional. Essa implantação pioneira, com certeza, servirá de base para outras futuras iniciativas da mesma natureza.

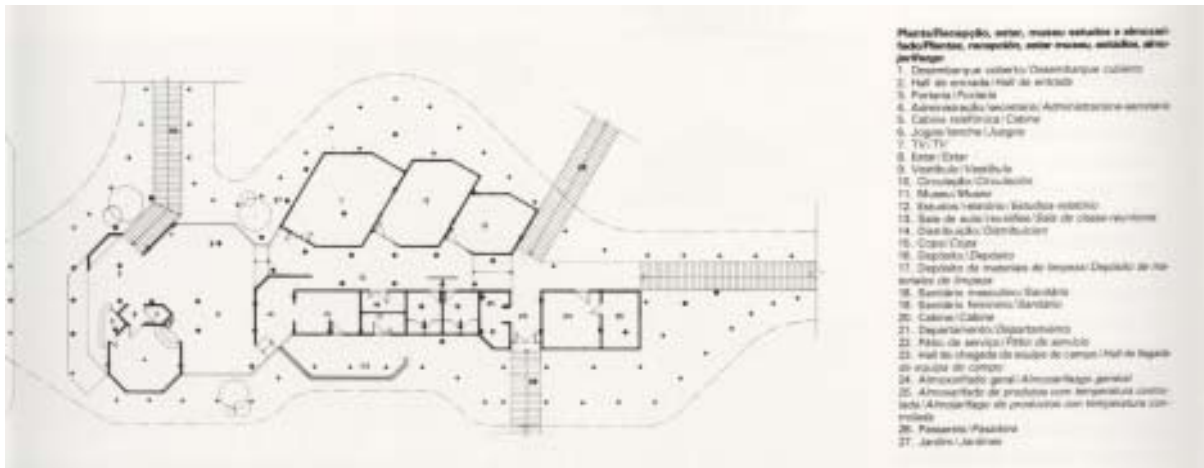


Figura 1.78 – CPA Balbina - Planta da recepção, ambiente de estar, museu e almoxarifado.

Fonte: Arquivo Ruth Zein (1994)

A madeira maciça da região da floresta nativa foi o material predominantemente empregado na obra. Desde os elementos da estrutura, dos pisos de todos os ambientes, internos e externos, às telhas, denominadas “tabuinhas”, de uso corrente na região, sempre houve constante preocupação no detalhamento do projeto, em termos ecológicos.



Figura 1.79 – CPA Balbina - Perspectiva geral. Fonte: Segawa (1997)



Figura 1.80 – CPA Balbina - Vista geral da fachada leste – Fonte: Segawa (1997)

O partido arquitetônico é decorrente da consolidação da arquitetura neovernacular de Severiano Porto e Mário Emílio Ribeiro, os quais empregam uma linguagem própria, em madeira, da região amazônica.

Este experimento exemplar em madeira, fruto de uma longa e cuidadosa pesquisa da parceria Porto e Ribeiro, por mais de vinte anos, tem uma ligação umbilical com a modernidade brasileira dos anos 40.

O emprego dos pilotis resultou na “ossatura independente”, e por sua vez na planta livre e na fachada livre, e no “teto-jardim”, aí não plano, e sim de uma volumetria exótica e rica ao mesmo tempo, isso em decorrência das telhas de tabuinhas, fiéis princípios corbusianos aclimatados à arquitetura do lugar.

A inserção deste artefato rústico e imponente, a volumetria da cobertura ondulada, uma verdadeira “membrana” protetora das intempéries (chuvas torrenciais e forte calor), aliada às condicionantes programáticas, compõem o partido arquitetônico de Balbina.

As formas e as volumetrias da cobertura de grandes proporções são decorrentes do sistema construtivo adotado, provido de altos e esbeltos pilares, sustentando vigas e, sempre que possível, com a presença de mãos francesas, tudo em madeira.

O sistema estrutural empregado é o *poste-e-viga*.

A resolução arquitetônica da cobertura ondulada em madeira é tão inovadora, que prescinde da ortogonalidade convencional das construções com este material, com reflexos da organicidade das estruturas das casas indígenas amazônicas; além do mais, a questão ecológica está sempre presente em todas as definições construtivas.



Figura 1.81a e 181b – CPA Balbina - Vistas internas dos pilares de sustentação da cobertura, dos vedos em alvenaria e da passarela. Fonte: Segawa (1997)

A estrutura da cobertura é resolvida de forma simples e prática, não se fixando no sistema convencional de tesouras, mas num pilar que sustenta a linha da cumeeira. Este é ancorado em uma viga que, por sua vez, apóia-se nos pilares - esteios sobre anéis, não ancorados diretamente ao solo.



Figura 1.82 – CPA Balbina - Detalhe de ancoragem dos pilares em madeira. Fonte: Arquivo Ruth Zein (1994)

Desta forma, a madeira não tem nenhum contato direto com o solo, preservando-se da umidade e de agentes nocivos à sua vida útil, não comprometendo a segurança da estrutura.



Figura 1.83 – CPA *Balbina* - Detalhe do encontro dos pilares com a estrutura do telhado  
Fonte: Arquivo Ruth Zein (2002)

Os vedos são em alvenaria, com altura de respaldo das portas e caixilharia, ambos em madeira, propiciando uma ventilação natural em toda a extensão da construção e, como consequência, um conforto ambiental adequado.



Figura 1.84 – CPA Balbina - Detalhe dos vedos I. Fonte: Arquivo Ruth Zein (1990)



Figura 1.85– CPA Balbina - Detalhe dos vedos II. Fonte: Arquivo Ruth Zein (2002)





Figura 1.86 – CPA Balbina - Cobertura do telhado em “tabuinhas”, mostrando sistema natural de exaustão  
Fonte: Arquivo Ruth Zein (2002)

#### 1.3.3.2.2 O sistema SR2: Sistema de Arquitetura industrializada em madeira: criação de Sérgio Rodrigues

Sergio Rodrigues, em 1960, arquiteto renomado, um dos expoentes do modernismo no Brasil, reconhecido internacionalmente como um notável designer de móveis, particularmente pela criação da poltrona *Mole*, e com uma vasta experiência nos segredos da madeira, criou o “Sistema de Arquitetura Industrializada em Madeira”: (SR2).



Figura 1.87 – Poltrona *Mole*. Fonte: Santos (2000)



Segundo Galvão, citando relato pessoal feito por Sérgio Rodrigues, a denominação do termo SR2 tem origem no apelido do arquiteto, pois seu nome completo é: **Sergio Roberto Santos Rodrigues**, sendo que os amigos do Colégio Santo Inácio, no Rio de Janeiro, chamavam-no SR2 (Galvão, 2001).

O SR2 é composto por elementos pré-moldados em madeira, permitindo a montagem de qualquer programa de necessidades, considerando-se desde a simples casa como a da figura abaixo, de 20 m<sup>2</sup>, à mais complexa e sofisticada edificação, como, por exemplo, a *LABRA 1996*.

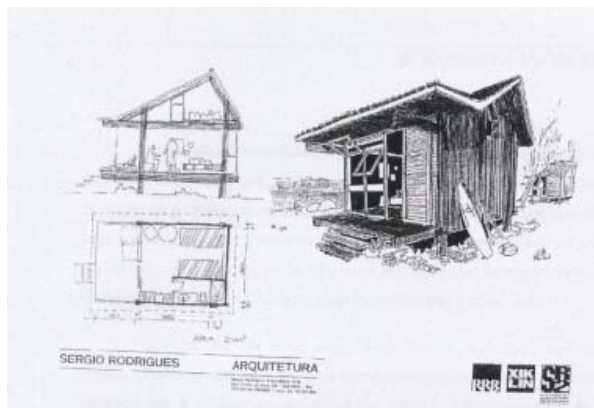


Figura 1.88 – Casa de 20 m<sup>2</sup>



Figura 1.89 – LABRA 1996: perspectiva

Fonte: Galvão (2001)

Existe neste sistema a possibilidade de expansão tanto horizontal como vertical, bem como o acréscimo de uma série de outros elementos arquitetônicos, com as mesmas características industriais, de varandas, terraços, muxarabis, ou mesmo qualquer efeito decorativo, que permitem a clientes e arquitetos a industrialização de seus projetos. Esta característica é difícil de ser encontrada em outros métodos construtivos tradicionais de casas pré-fabricadas em madeira.

Sérgio Rodrigues criou, para atender a seus clientes ao longo dos anos, vários tipos de projetos para o SR2, possibilitando que várias casas com o mesmo programa de necessidades apresentassem estéticas bem diferenciadas. Os tipos classificam-se em LABRA, XALEX, GATO FÉLIX e XIKILIM (utilizado na casa do arquiteto).



Figura 1.90 – LABRA 1996



Figura 1.91 – XALEX 1994: vista da piscina

Fonte: Santos (2000)



Figura 1.92 – GATO FÉLIX 1993: fachadas

Fonte: Santos (2000)



Figura 1.93 – XIKILIM 1983

Em 1983, com a larga experiência adquirida pelas centenas de implantações do SR2 até essa data, aliada ao desenvolvimento tecnológico no período, Rodrigues desenvolveu um protótipo aperfeiçoado em sua residência, concluindo-a em 1985. As características industriais adotadas permitiram, posteriormente, a produção em série dos SR2. Essa produção faz parte da primeira montagem, da segunda fase do

SR2, pós-1983, sendo que o projeto contou com a parceria de sua filha, a arquiteta Verônica Rodrigues.

Rodrigues implantou os SR2 no campo e na cidade, sempre com total aprovação dos órgãos públicos municipais, demonstrando sua versatilidade, quer estética quer econômica.



Figura 1.94 – Casa do Arquiteto, 1983. Fonte: Galvão (2001)

A *Casa do Arquiteto* (1983), construída na cidade de Petrópolis (RJ), na qual Rodrigues, após 23 anos de trabalhos experimentais investigativos apurados, expõe e sintetiza todo o seu amadurecimento com o sistema de elementos pré-moldados industrializados em madeira, o SR2.

Todavia, conforme Santos, o período que antecedeu a este, ou seja, há 25 anos, apresentou uma rica produção arquitetônica, sendo que de 1960 a 1965 foram montadas cerca de duzentas unidades, entre casas, clubes, hotéis, escritórios, casas de campo, entre outras, em quase todo o território nacional (SANTOS, 2000).

No sistema SR2 tudo é madeira, com exceção das estacas da fundação, quando necessárias, e das sapatas, em concreto armado, bem como dos vedos dos banheiros, das cozinhas e das áreas de serviço, revestidos em fórmica (melamina), material que se presta bem ao emprego em áreas molhadas.

A iluminação natural zenital, a chamada clarabóia, é empregada constantemente em seus projetos. Em virtude da versatilidade da estrutura, todo tipo de material para cobertura é possível, como barro, alumínio, aço, feltro asfáltico, entre outros.

As esquadrias são em madeira ou alumínio, com acabamento em verniz, esmalte ou mesmo pinturas eletrostáticas.

O sistema SR2 consiste na elaboração de projetos arquitetônicos e técnicas de usinagem e montagem, que se baseiam na criação de espaços a partir de uma estrutura independente, composta por componentes industrializados em madeira maciça e painéis de vedação especiais. Uma característica básica do sistema é que a planta (baixa) desenvolve-se a partir de uma malha ortogonal em módulos de 1,20 x 1,20 metro.

Essa malha, trama ou *grid*, remonta aos princípios consagrados de Frank Lloyd Wright, com as notáveis resoluções arquitetônicas das *Usonian Houses*, particularmente a *Jacobs House* (1936), que apresentava uma trama horizontal de 2 x 4 pés (60,96 x 121,92 centímetros), baseada nas dimensões da placa compensada de fabricação norte-americana.

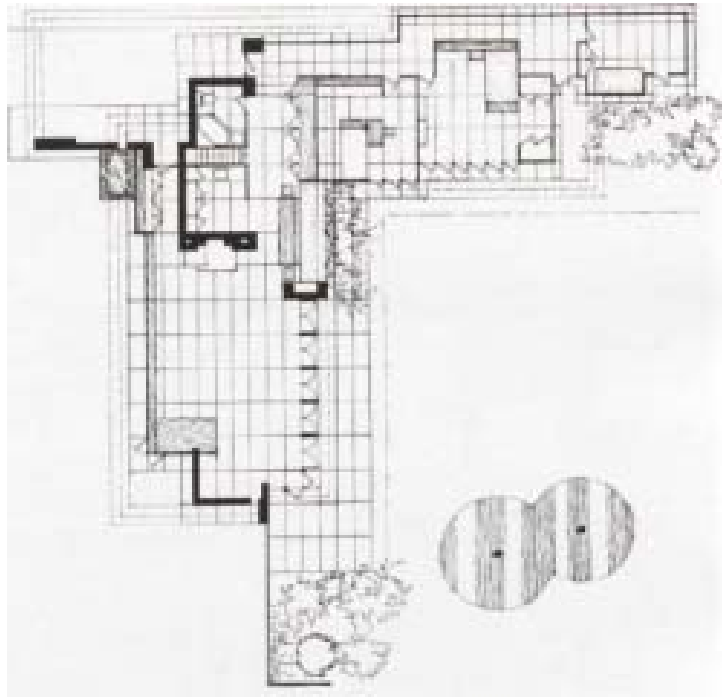


Figura 1.95 – Planta da *Jacobs House*. Fonte: Sergeant (1984)

Nessa obra, a *Casa do Arquiteto* (1983), em Petrópolis (RJ), a planta do térreo desenvolve-se, como em todos os seus projetos, a partir de uma malha ou trama, ortogonal, quadrada, de 1,20 x 1,20 metro, como decorrência da dimensão dos painéis de vedação verticais, tipo *mad-wall*, um compósito de madeira maciça, revestido por compensado naval, tendo 1,20 metro de largura por 2,50 metros de altura.

Assim como Wright, que estabeleceu o seu *planning grid* (em tradução livre: trama de planejamento), Rodrigues denominou a sua trama “célula básica”, em torno da qual toda a sua concepção é pensada. O recorte temporal, para contextualizar o acervo dos SR2, já com os conceitos construtivos devidamente amadurecidos, é o que abrange de 1983 - do qual faz parte o estudo de caso da *Casa do Arquiteto* - até 1996, com o projeto *LABRA*.



Pode-se notar, pelas plantas do térreo e do pavimento superior, que a modulação de 1,20 x 1,20 metro determina a dimensão padronizada dos ambientes em 3,60 metros, ou múltiplos de 1,20 m, isso em decorrência do uso da viga simples de 7 x 7 x 360 centímetros.

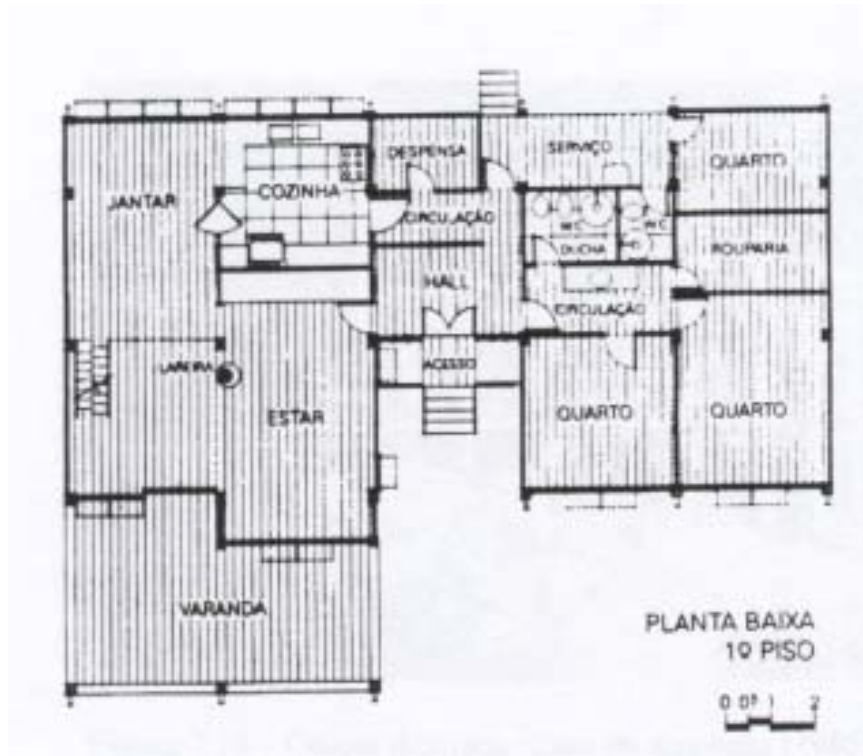


Figura 1.96 - Planta do pavimento térreo. Fonte: Galvão (2001)

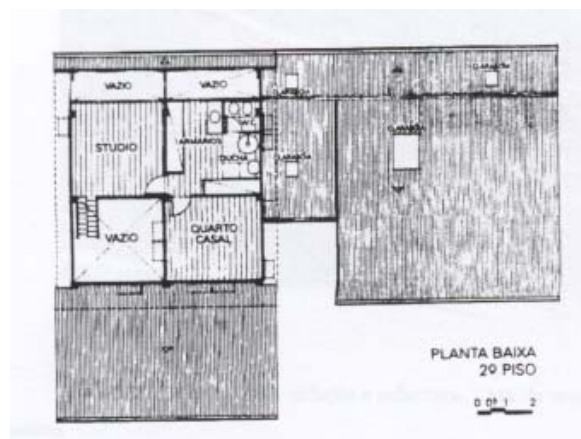


Figura 1.97 – Planta do pavimento superior. Fonte: Galvão (2001)

No pavimento superior está o estúdio, dotado de clarabóia. O dormitório do casal possui janelas, que se abrem para o vazio interno e para o exterior, privilegiando o ambiente com uma vista exuberante do entorno, envolvido pela floresta natural, desta forma inserindo o artefato, como Wright, naturalmente no sítio. Analisada sob

o enfoque de módulos, que crescem ou decrescem, conforme a modulação de 1,20 x 1,20 metro, a planta pode ser entendida como orgânica.

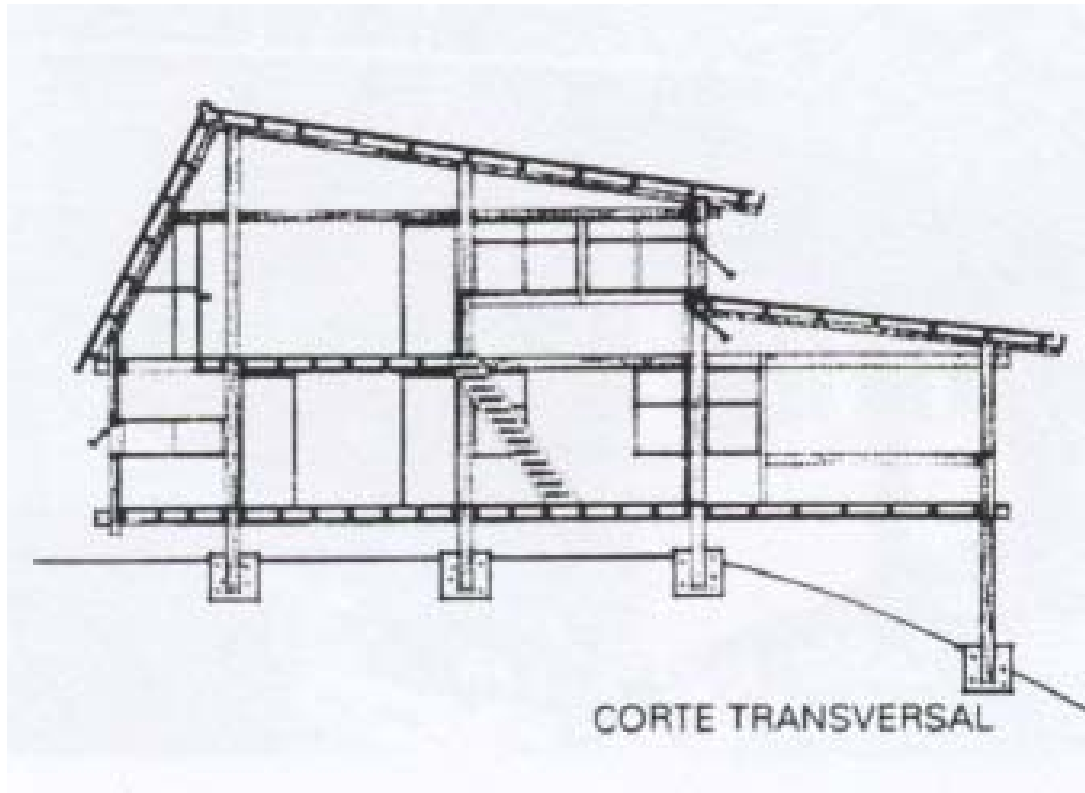


Figura 1.98 – Corte transversal. Fonte: Galvão (2001)

O corte transversal apresenta toda a edificação suspensa do solo, com os esteios chumbados em sapatas de concreto armado, que é uma maneira característica de imunizar a construção contra a umidade, importante no emprego da madeira nas construções civis, tornando-se assim uma excelente alternativa, ao lado, e no mesmo nível, do concreto armado e da metálica. Rodrigues emprega com rigor técnico este preceito em todos os seus projetos dos SR2.

A ambientação interna é um ponto forte do arquiteto-*designer* Sergio Rodrigues, visualizada pelas figuras a seguir, tanto no banho quanto na sala de estar da casa.





Figura 1.99 – Vista do banho. Fonte: Galvão (2001)



Figura 1.100– Sala de estar. Fonte: Santos (2000)

Um projeto compacto, no qual as funções articulam-se harmoniosamente, conforme uma hierarquia previamente estabelecida no programa de necessidades, que define áreas bem nítidas de ocupação, em dois pavimentos, o térreo e o superior. Nesta residência, a técnica construtiva, sem dúvida alguma, é um dos principais determinantes deste partido.

A solução construtiva empregada por Rodrigues em relação ao método de fabricação, segundo Ino, é do tipo construção com painéis, compostos por paredes portantes, formadas por painéis sanduíche (INO, 1991).

O sistema estrutural, composto por elementos estruturais independentes dos vedos, é do tipo *poste-e-viga*.

Os painéis dos vedos possuem montantes de cedro de 5 x 5 centímetros, onde são fixados em ambos os lados as placas compensadas do tipo naval, da espessura de 10 milímetros.

Executadas as sapatas da fundação e fixados os esteios, com o travamento através da instalação dos planos ou *deck*, a estrutura toma a forma de uma “gaiola”.



Figura 1.101 – “Gaiola montada”



Figura 1.102 – Painéis de vedação e cobertura

Fonte: Galvão (2001)

As peças da estrutura em gaiola são todas em madeira aparelhada, jatobá, apresentando dimensões múltiplas de sete centímetros, facilmente encontráveis no mercado. Todos os 26 pilares duplos, de 7 x 21 x 230 cm, apóiam-se sobre três peças de 7 x 21 x 100 cm devidamente chumbadas, sendo a do meio mais alta e as laterais mais baixas, em um bloco de concreto armado de 70 x 70 x 70 cm, encabeçando a estaca de concreto. Todas as junções são de parafusos galvanizados com porcas (GALVÃO, 2001).

Fazendo-se um parêntesis e, por um momento, revisitando as nossas primeiras construções, que remontam à arquitetura colonial paulista, também chamada de

bandeirista, arquitetura de procedência ibérica, espanhola, vernacular na sua essência, percebe-se uma identidade cultural bastante forte entre essa arquitetura e a de Rodrigues. Diferenciando-se dela, pela disponibilidade de materiais do próprio sítio, a bandeirista e, pelos materiais de alta tecnologia, o SR2.

A terra socada dentro dos taipais, segundo Lemos, da experiência milenar dos árabes, veio a ocupar a mão-de-obra primitiva dos mamelucos de Piratininga (LEMOS, 1980).

Os vedos da casa bandeirista têm o seu contraponto no SR2, nas placas de melamina, um material contemporâneo, imune às intempéries, ao contrário da taipa, altamente erodível. Daí a resolução, tanto na bandeirista, quanto no SR2, de estarem em terraplanos livres de enxurradas as bandeiristas e alteados por esteios os SR2.

#### **1.3.3.2.3 Marcos Acayaba: experimentos investigativos singulares em madeira**

O Arquiteto paulista Marcos de Azevedo Acayaba é um dos expoentes atuais da linguagem criativa e inovadora, fruto de um repertório rico e valioso de obras em concreto armado e, particularmente, através de experiências arquitetônicas inéditas em madeira. Formado pela FAUUSP em 1968, época de efervescência cultural muito rica, aluno do mestre Vilanova Artigas, sem dúvida sua admiração e curiosidade pela arquitetura tradicional japonesa e pela arquitetura de Frank Lloyd Wright aproximaram-no desse material.

Destaca-se em seu consistente repertório de obras em madeira, a *Residência Hélio Olga* (1987-1990), no Jardim Vitória Régia, na capital de São Paulo, ponto de inflexão das experiências investigativas, por ser uma obra pioneira, em que são aplicados todos os experimentos projetuais e estruturais da parceria Acayaba e Hélio

Olga Junior, interagindo madeira e aço, que formam um modelo de construção industrializada para terrenos difíceis, adversos.

As demais obras, nesse sistema projetual e construtivo em madeira, são posteriores à *Casa Hélio Olga Junior*, como, por exemplo: a *Residência Ricardo Baeta* (1991-1994), o *Protótipo* (1993), a *Residência Osmar Valentim* (1993-1995) e a *Residência Marcos Acayaba*, vencedora do Grande Prêmio da 3ª Bienal Internacional de Arquitetura de São Paulo, em 1997.

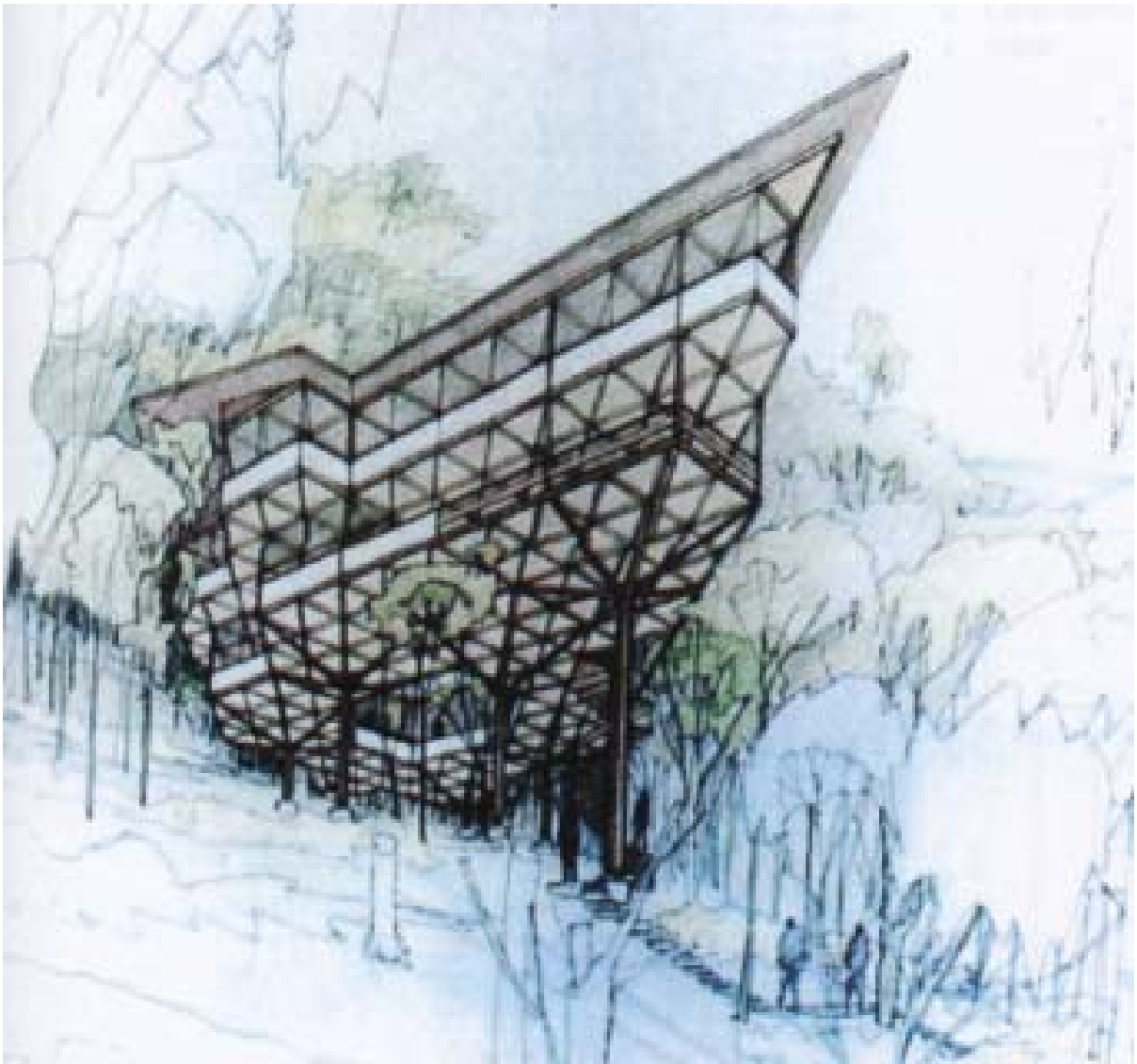


Figura 1.103 – *Residência Ricardo Baeta* (1991-1994). Fonte: arquivo do arquiteto (2001)





Figura 1.104 - Maquete: Protótipo (1993)



Figura 1.105– Residência Osmar Valentim (1993-1995)

Fonte: arquivo do arquiteto (2001)



Figura 1.106 – Residência Marcos Acayaba (1996-1997) – Fonte: arquivo do arquiteto (2001)

Na obra *Residência Hélio Olga Junior*, o terreno foi um incrível desafio, com quase 100% de declividade, 900 m<sup>2</sup> de área total, ausência de patamar, vista magnífica para o vale abaixo, visão panorâmica.

Segundo o Engenheiro Hélio, em conversa com o próprio autor, vislumbrava-se na época, à distância, a Represa de Guarapiranga. Já em dezembro de 2001, o autor, visitando a obra, notou a impossibilidade de se visualizar no horizonte a represa<sup>3</sup>.

<sup>3</sup>Informação pessoal obtida pelo autor no escritório do Engenheiro Hélio Olga Júnior, em 2001.

A intenção do Arquiteto Marcos, em relato pessoal ao próprio autor, foi realizar uma experiência em industrialização das vedações, elaborando e testando um protótipo para casas a serem implantadas em pirambeiras (terrenos com alta declividade)<sup>4</sup>.

O programa proposto era um programa de necessidades bastante simples, com sala, cozinha, área de serviço, três dormitórios, um dormitório de hóspedes, sala de crianças, abrigo para dois autos e piscina, tudo isso em apenas 200 m<sup>2</sup> de área útil projetada.

Esse programa foi organizado em duas partes bem distintas: uma composta de um patamar de entrada com garagem e piscina, anexo ao alinhamento, construído em concreto armado, apoiado diretamente no solo; e a segunda contendo uma torre de madeira, ortogonal às curvas de nível, por sua vez apoiada em seis tubulões a céu aberto.

As áreas: social e de serviço estão organizadas em um L, e em vez de estarem junto à rua, voltadas para o noroeste, ficando o corpo da casa com a incumbência de proteger a piscina do vento do sul, forte nesse local.

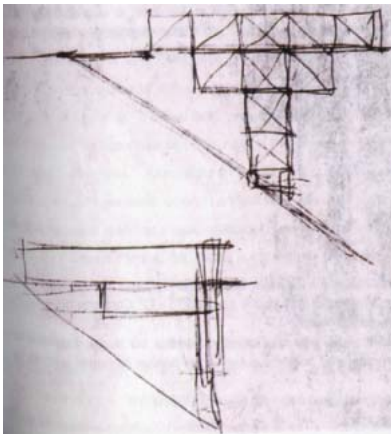


Figura 1.107 – Croquis I

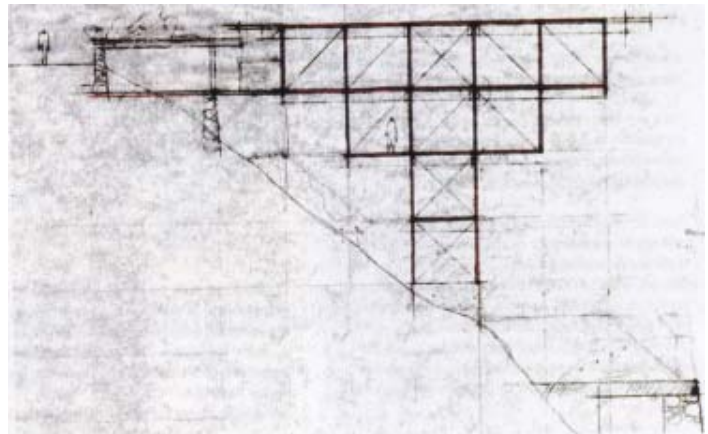


Figura 1.108 – Croquis II

Fonte: arquivo do arquiteto (2001)

<sup>4</sup> Informação pessoal obtida pelo autor no escritório do Arquiteto Marcos Acayaba, em 2001.

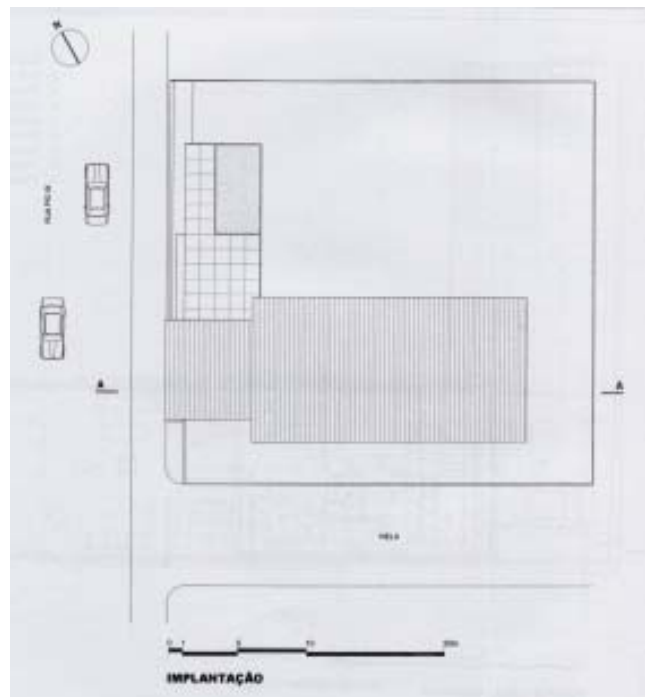


Figura 1.109 – Implantação. Fonte: arquivo do arquiteto (2001)

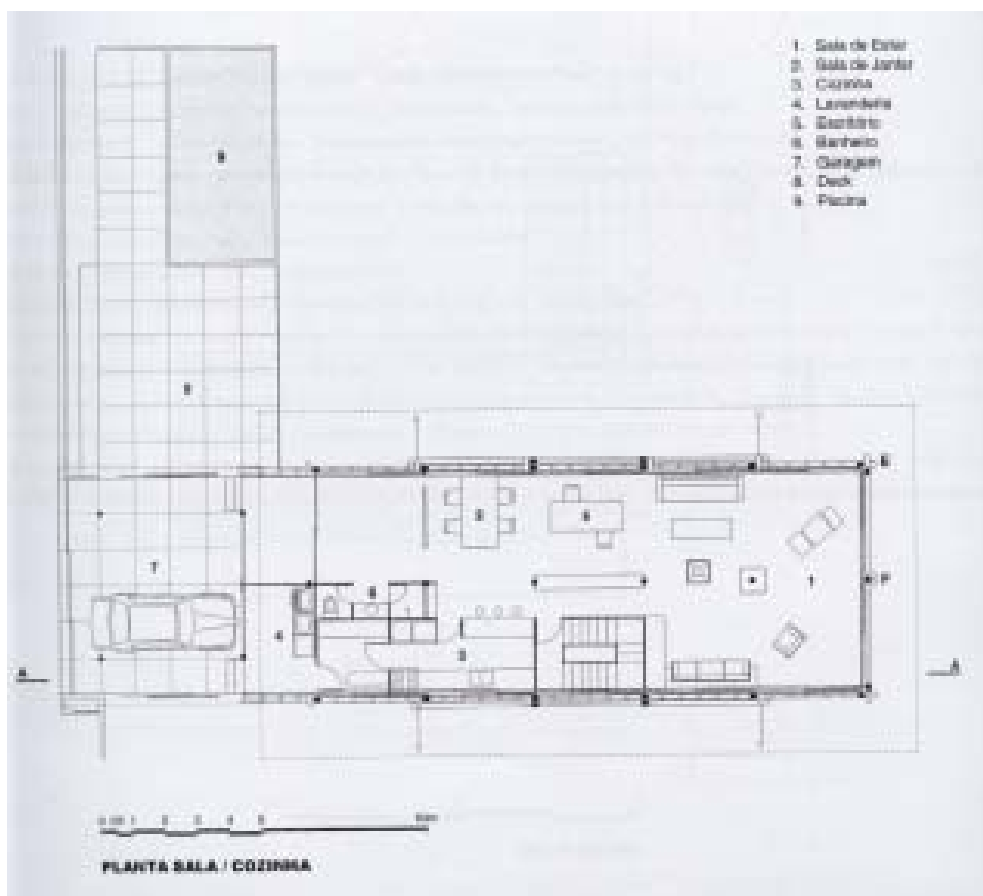


Figura 1.110 – Sala / cozinha. Fonte: arquivo do arquiteto (2001)



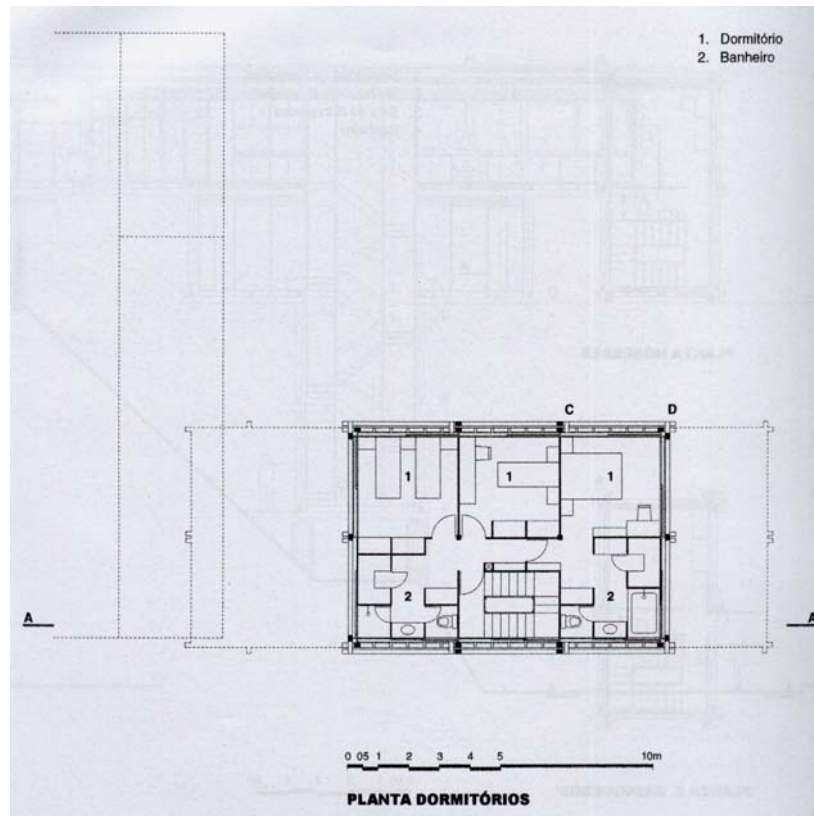


Figura 1.111 – Planta: dormitórios. Fonte: arquivo do arquiteto (2001)

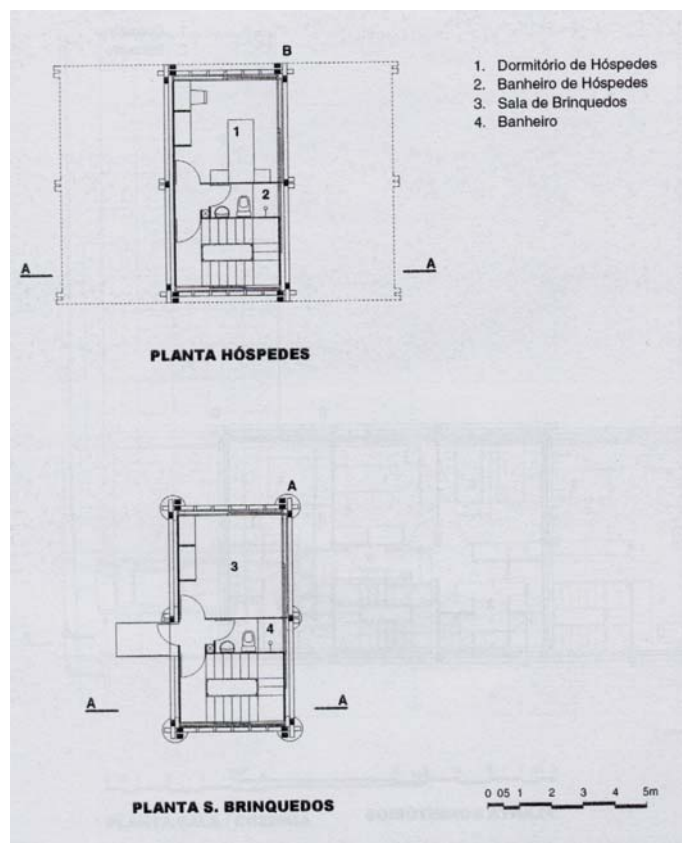


Figura 1.112 – Plantas: hóspedes / brinquedos. Fonte: arquivo do arquiteto (2001)

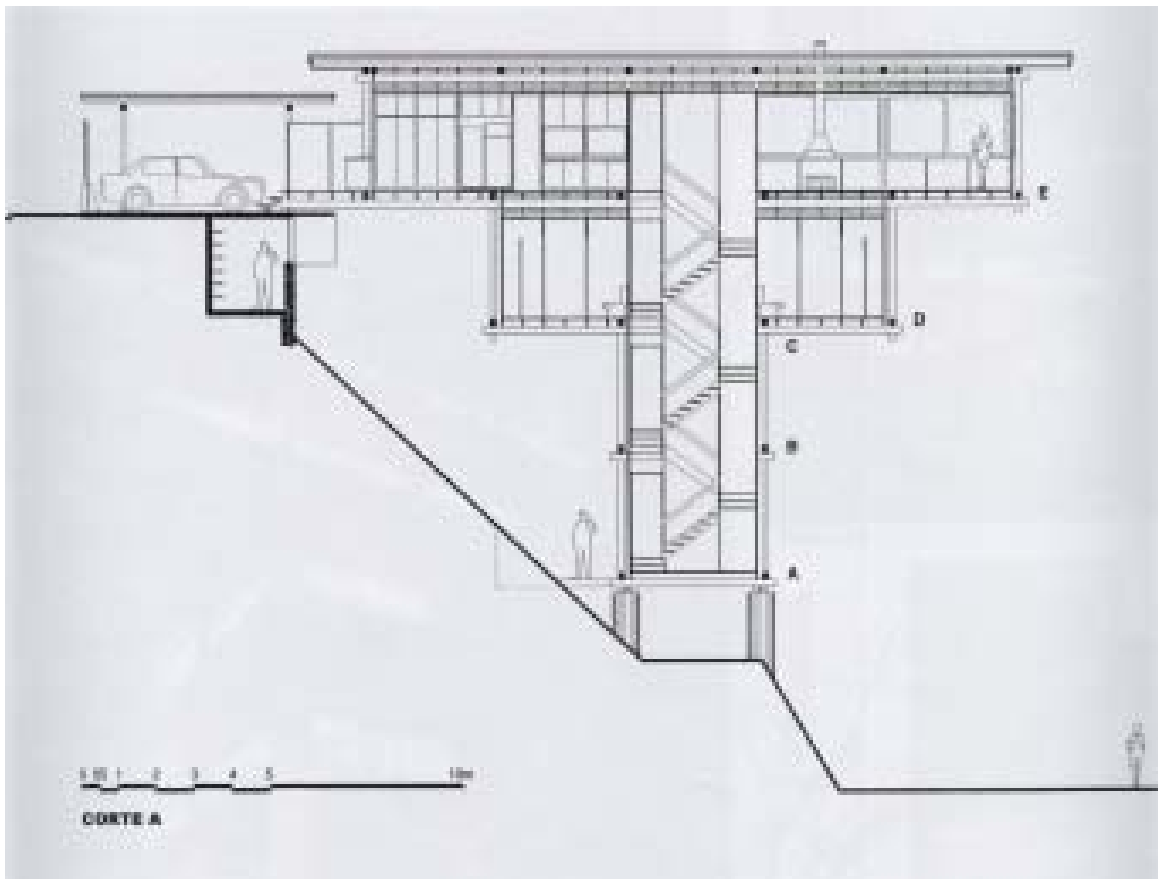


Figura 1.113 – Corte A. Fonte: arquivo do arquiteto (2001)



Figura 1.114 – Vista norte I. Fonte: arquivo do arquiteto (2001)



Figura 1.115 – Vista leste. Fonte: Browne et al (1994)



Figura 1.116 – Vista norte II. Fonte: Browne et al (1994)

As condições físicas e topográficas do sítio, onde houve a intervenção e, por consequência, a técnica construtiva, que incluiu uma intenção plástica, decididamente não subordinada a qualquer estilo arquitetônico, foi determinante para este partido arquitetônico, resultando em um projeto compacto, em que as necessidades do programa foram satisfeitas de forma simples e funcional. Arte e técnica fundiram-se para criar este projeto exemplar, de uma arquitetura expressiva, em que a verdade dos materiais - madeira e aço - são salientados sem subterfúgios: não parecem ser, são.

O grande Arquiteto, Urbanista, Professor e talvez o maior teórico da arquitetura brasileira, Lúcio Costa, sentencia que uma construção,

(...) enquanto satisfaz apenas às exigências técnicas e funcionais – não é ainda arquitetura; quando se perde em intenções meramente decorativas – tudo não passa de cenografia; mas quando – popular ou erudita – aquele que a ideou pára e, hesitante à simples escolha de um espaçamento de pilar ou da relação entre altura e largura de um vão, se detém na procura obstinada da justa medida entre cheios e vazios, na fixação dos volumes e subordinação deles a uma lei, e se demora atento ao jogo de materiais e seu valor expressivo – quando tudo isso se vai pouco a pouco somando, obedecendo aos mais severos preceitos técnicos e funcionais, mas também àquela intenção superior que seleciona, coordena e orienta em determinado sentido toda essa massa confusa e contraditória de detalhes, transmitindo assim ao conjunto ritmo, expressão, unidade e clareza – o que confere à obra o seu caráter de permanência, isto é Arquitetura (COSTA apud LEMOS, 1980).

Faz-se importante esta citação de Lúcio Costa, longa, porém clara e definitiva, para contextualizar a obra *Residência Hélio Olga Junior*, que atende com rigor o programa de necessidades em um sítio adverso, conseguindo com brilhantismo intervir no meio ambiente, criando assim um novo espaço, com uma determinada intenção plástica, para atender, conforme Lemos, "(...) às necessidades imediatas ou

às expectativas programadas, e caracterizadas por aquilo que chamamos de partido” (LEMOS, 1980).

Esse partido, conseqüência formal de uma série de “condicionantes ou de determinantes”, seria o resultado físico da intervenção que foi sugerida. Neste contexto, e para tal houve toda esta preparação teórica, chega-se à importância, particularmente neste projeto de Marcos Acayaba, que um dos principais determinantes do partido tem: “(...) a técnica construtiva, segundo os recursos locais, tanto humanos, como materiais, que inclui aquela intenção plástica, às vezes, subordinada aos estilos arquitetônicos” (LEMOS, 1980).

Na *Residência Hélio Olga Junior*, arte e técnica se fundem em um verdadeiro sincretismo, mantendo intactas, cada uma, suas características próprias, mas formando um todo harmonioso, racional e estético.

O princípio da concepção projetual de Wright, *come out of ground e into the light*, é aplicado brilhantemente pelo Arquiteto Acayaba, caracterizando uma exemplar experimentação arquitetônica em madeira e aço, para terrenos difíceis.

O terreno adverso aliado às características peculiares do projeto propiciou o emprego da madeira e do aço, conforme as melhores propriedades de cada material, e tornaram a construção economicamente viável.

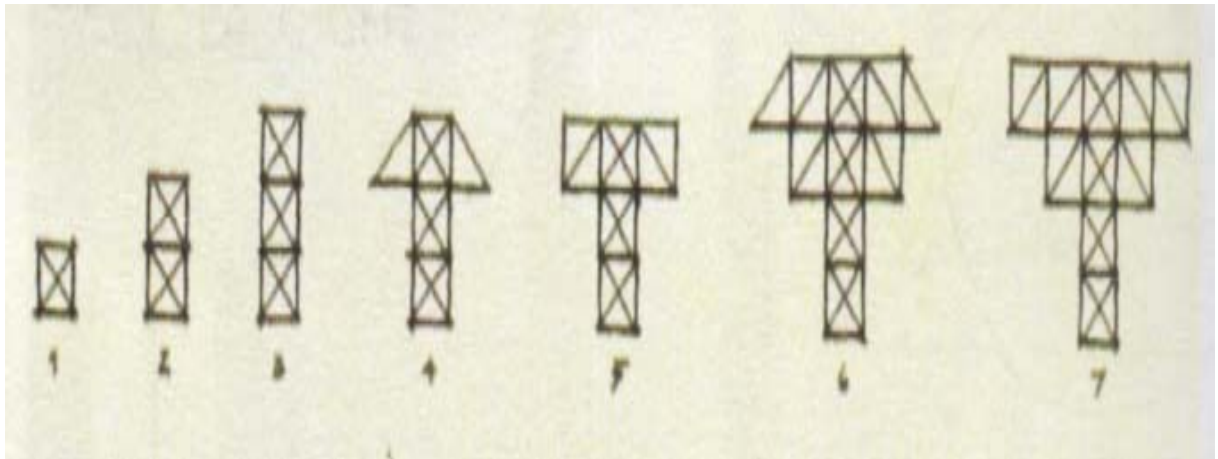
A estrutura, integralmente pré-fabricada, foi montada *in loco* em apenas 45 dias, após a implantação dos tubulões a céu aberto. A treliça principal serviu para o içamento das peças do conjunto, evitando assim o cimbramento, que seria complexo, devido à topografia do terreno.



Figura 1.117 Treliça principal

Figura 1.118 – Treliça principal  
Fonte: Arquivo do Arquiteto (1990)

Figura 1.119 – Treliça secundária

Figura 1.120 – Seqüência de montagem das treliças para efeito do cálculo estrutural  
Fonte: Arquivo do Arquiteto (1990)

As barras horizontais e verticais, em madeira, foram empregadas à flexão e à compressão, e os tirantes metálicos, em aço a 45°, usados nas conexões, à tração.

O sistema estrutural é composto de treliças principais, que absorvem predominantemente os esforços verticais, e também de treliças horizontais ou secundárias, mais sujeitas à ação dos ventos.

As treliças principais são dispostas perpendicularmente ao eixo da rua, enquanto as secundárias são paralelas a esse eixo.



O cálculo da estrutura, segundo Hélio Olga Junior, foi feito conforme o esquema de esforços, a seguir:

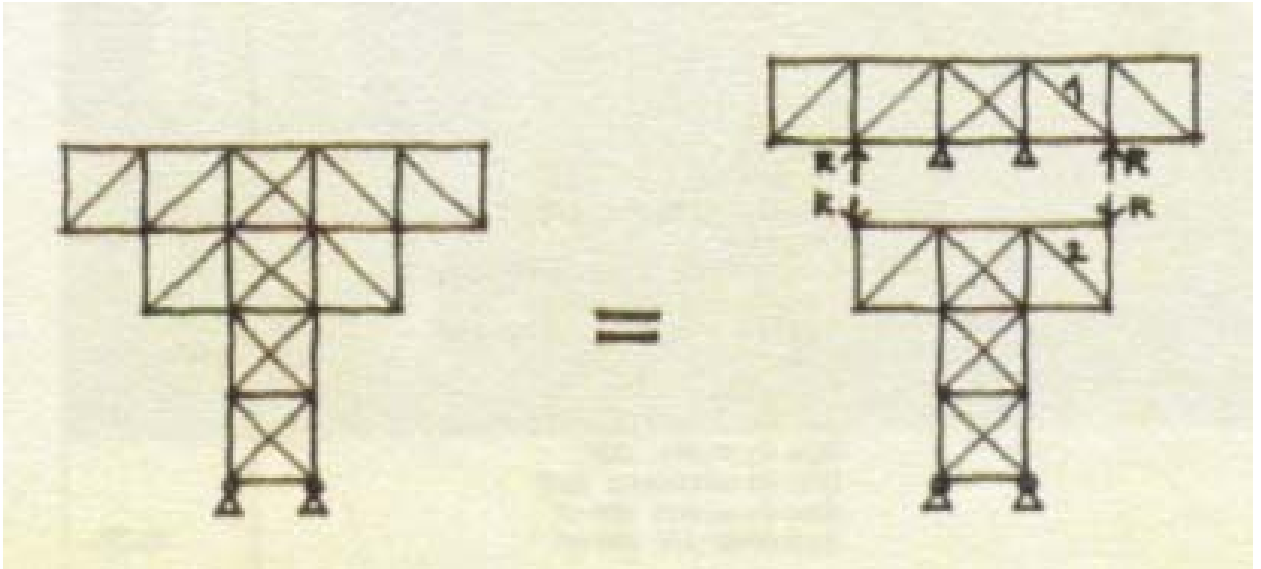


Figura 1.1221– Esquema de cálculo. Fonte: Arquivo do Arquiteto (1990)

A deformação da barra de madeira é desprezível, e os tirantes 1 e 2, como mostra a figura acima, têm a mesma secção, sua deformação também será igual, e, portanto, resulta  $T_1=T_2$ . Em função disso, obtém-se  $R$ , que é a solução da treliça em termos de cálculo estrutural, e verifica-se, em um próximo passo, que as barras através de apoios trabalham a flexocompressão (OLGA JR, 2000).



Figura 1.122 – Detalhe da ancoragem dos pilares. Fonte: Arquivo do Arquiteto (1990)

O modelo estrutural de 3,30 x 3,30 metros da figura acima permitiu que, com 2,50 metros de pé-direito em toda a casa, ficassem sobrando, para cada piso e na cobertura, 65 centímetros livres de estrutura, que foram utilizados para a passagem das instalações (hidráulica, elétrica e de esgoto), visitáveis, e permitir a ventilação cruzada (OLGA JR, 2000).

A circulação natural do ar fresco, notada pelo próprio autor, em visita à obra em 2001, pode ser encaminhada aos diversos ambientes, através de aberturas no seu piso, e da correspondente exaustão do ar quente pelo teto.



Figura 1.123 – Ventilação pelo piso. Fonte: Arquivo do Arquiteto (1990)

A maior dificuldade, conforme Olga Jr, nas treliças secundárias, foi transferir para elas as cargas existentes ao longo dos andares superiores. Isso é assegurado pelo piso, formado de um assoalho contínuo, sobre bases fixadas às barras, através dos apoios metálicos (OLGA JR, 2000).

Essa experimentação, enquanto obra, veio a confirmar a viabilidade técnica e econômica da construção. Utiliza dois materiais distintos, a madeira e o aço, que formam um tipo de estrutura em madeira: criativo, peculiar e singular.

#### **1.3.3.2.4 Marta e Marcelo Aflalo: a obra *Residência de casal* (1996) – a madeira como um campo fértil de pesquisas criativas e inovadoras**

O *leitmotiv* dessa obra exemplar foi demonstrar que, apesar do Brasil ser dotado de uma das maiores reservas de matas naturais do planeta, bem como de consideráveis extensões de reflorestamento com espécies exóticas, existe uma manifestada resistência a adotarem-se sistemas estruturais em madeira, utilizando particularmente essas espécies exóticas.

De uma forma geral, esse “preconceito”, não só em relação às espécies exóticas, mas também em relação às nativas, foi sendo arraigado firmemente em razões nem sempre bem expressas, escondendo-se, via de regra, atrás de outros interesses, fundamentando-se no mito de que a madeira se tornou sinônimo de algo antiquado, anacrônico, frágil, não resistente ao fogo, desprovido de recursos tecnológicos de ponta, e o pior, caro.

O preconceito contra a construção em madeira tem sua origem cultural, mas de forma sintomática advém do desconhecimento da tecnologia da madeira, e assertivas como madeira “apodrece”, “pega fogo”, é “fraca”, “entorta”, “racha e entorta”, e tantas outras “preciosidades”, proliferam em virtude no acúmulo de imagens negativas da madeira existentes no Brasil.

Não cabe aqui analisar fatores da ausência de políticas que incentivem o emprego da madeira como um material viável em construção civil, mas sugerir a sua aplicabilidade de modo racional. Pois, quando utilizada com técnicas avançadas de preservação, apuro na concepção projetual e alguns poucos, mas necessários cuidados, a madeira torna-se um atraente material construtivo, competindo em igualdade de condições com o concreto armado, a metálica, entre outros.

O que ocorre, infelizmente, no cenário habitacional no Brasil, é que a tecnologia da construção está fundamentada em processos e produtos convencionais. Este fato é

agravado pela falta de uma sistemática de controle de qualidade, baseada em normas rígidas, especificações precisas e critérios técnicos de avaliação no nível dos internacionais. Esses critérios devem necessariamente abranger todas as etapas de projeto, fabricação e até a execução do artefato arquitetônico.

Dessa forma, as alternativas novas de construção, na área habitacional, são introduzidas “goelas abaixo” no mercado sem antes passar por uma prévia comprovação de desempenho. O usuário acaba fazendo papel de cobaia, além do que, como não há registros de informações relativas ao desempenho, elimina-se, segundo Akemi Ino, Engenheira pela Universidade de São Paulo – Escola Politécnica e Professora da Faculdade de Arquitetura de São Carlos “(...) uma etapa relevante ao processo de desenvolvimento: a realimentação para melhoria das alternativas propostas” (INO, 1991).

De certa forma, é frustrante observar-se o pouco caso como o assunto é tratado, mesmo entre profissionais envolvidos, projetistas e construtores, pois está se perdendo uma grande oportunidade de demover este estigma que paira sobre esse material.

A sua aplicação é uma excelente alternativa para minimizar os grandes déficits habitacionais, que existe na faixa das populações de baixa renda, as mais carentes da pirâmide social brasileira e as mais expostas às desigualdades vigentes.

Alguns poucos autores sensibilizaram-se com a questão e propuseram soluções ousadas, assumindo este desafio, entre os quais o casal Marcelo e Marta Aflalo, que decidiram transformar a realização de sua casa em um campo de pesquisas de estruturas em *Eucalyptus grandis*, madeira não nativa do Brasil, sendo esse trabalho premiado na 4<sup>a</sup>. Bienal Internacional de Arquitetura, realizada em São Paulo.

A obra situa-se no Bairro de Vitória Régia, região do Morumbi, em São Paulo (SP) e coincidentemente ao lado da também obra exemplar *Residência Hélio Olga Junior*. A casa é formalmente um prisma vertical que repousa com muita ousadia em um terreno de declividade próxima a 100%, e cujo acesso principal é feito pelo pavimento superior.

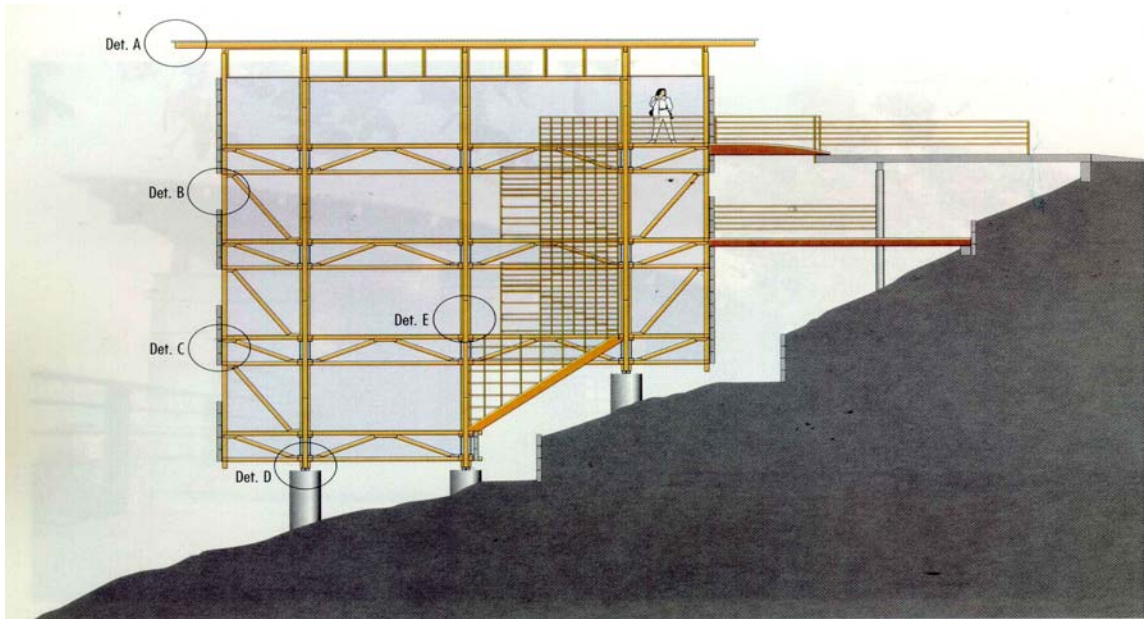


Figura 1.124 – Corte esquemático. Fonte: SANTOS, 200?

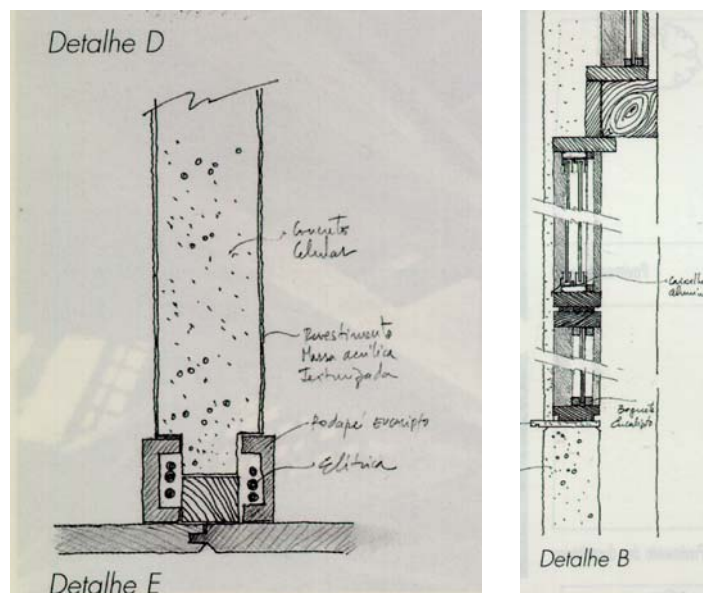


Figura 1.125 – Detalhes construtivos. Fonte: SANTOS, 200?





Figura 1.126 – Fachada principal. Fonte: SANTOS, 2007

Os autores do projeto, ao tomarem a decisão de evitar serviços de terraplanagem no solo, deixando-o praticamente intacto, assumiram a dificuldade topográfica como principal determinante do partido arquitetônico.

Essa obra apresenta como particularidade, além da singularidade do sistema estrutural composto por pórticos periféricos, vencendo vãos de 8 m e vigas treliçadas de 12 m de comprimento, fechamentos externos com painéis de concreto celular, que literalmente “envelopam” a estrutura em *Eucalyptus grandis*, protegendo-a das intempéries.





Figura 1.127 – “Envelopamento” da estrutura em madeira. Fonte: SANTOS, 200?

A escolha do *Eucalyptus* foi motivada pela feliz parceria entre o casal de projetistas, o Engenheiro de estruturas Hélio Olga Junior e a indústria Klabin Papel e Celulose, responsável pelo fornecimento das peças serradas e apoio técnico.

O *Eucalypto grandis* apresenta características físicas atraentes e adequadas para o seu emprego em estruturas na construção civil, como resistência à compressão, estabilidade dimensional, durabilidade natural, permeabilidade e trabalhabilidade. Sua densidade aparente, a 30% de umidade, é de  $0,98 \text{ g/cm}^3$ , enquanto que, a 12%, o valor cai para  $0,63 \text{ g/cm}^3$ , segundo dados do LaMEM – Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira da Escola de Engenharia de São Carlos/USP (LaMEM, 1990 *apud* INO, 1991).

Por outro lado, por exemplo, a itaúba-preta, madeira de floresta natural, usada também para estruturas, apresenta uma densidade aparente de  $0,96 \text{ g/cm}^3$ , a 15% de umidade, conforme dados do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo - IPT/SP (IPT, 1989).

Portanto, em condições ambientais similares, o *E. grandis* apresenta uma redução, em termos de densidade aparente, em torno de 30%, quando comparado a uma madeira de floresta natural como a itaúba, contudo sem prejudicar o seu desempenho como elemento estrutural.

Em contrapartida, apesar de sua densidade aparente relativamente favorável (0,63 g/cm<sup>3</sup> a 12%), o *E. grandis* não apresenta a mesma resistência às intempéries que as de florestas naturais brasileiras, daí justificar-se o “envelopamento” da estrutura sem perda da expressão do edifício, bem como não comprometendo o conceito da verdade dos materiais.



Figura 1.128 – Fachada posterior – Fonte: SANTOS, 2007

Os autores do projeto aplicam exemplarmente a lição apreendida da carpintaria tradicional japonesa, isolando as colunas principais de madeira da umidade do solo, dispondo-as sobre pilares de concreto armado e estes assentados sobre tubulões a céu aberto do mesmo material.

A cobertura é resolvida através da inserção de vigas curvas de madeira laminada colada na estrutura do telhado, propiciando à composição da obra uma suavidade formal bastante interessante.



Figura 1.129 – Estar. Fonte: SANTOS, 200?

A modulação de 4 m na concepção do arcabouço estrutural foi conseqüência de decisão tomada principalmente em função da bitola, do comprimento e aspectos logísticos das madeiras extraídas no Paraná com exemplares de 21 anos, onde



havia a restrição do comprimento de 4,20 m da carroceria dos caminhões de transporte, sendo daí levadas à fábrica da Klabin para serem beneficiadas.



Figura 1.130 - Vista interna. Fonte: SANTOS, 200?

Cada uma das toras foi subdividida em quatro seções de 12 x 12 cm, com módulos maiores ou menores dessas medidas, a fim de gerar todos os componentes necessários à concepção projetual como vigas, pilares, pisos, portas, entre outros.



Figura 1.131 – Vistas internas. Fonte: SANTOS, 2007

Foi tomado um cuidado tecnológico, estabelecido pela Klabin, de beneficiar a madeira no máximo três dias depois do exemplar derrubado, pois as toras costumam rachar nas pontas já na primeira semana, isso em função da perda de água mais acelerada nas partes extremas do cerne. As toras foram rapidamente serradas em peças menores, assim a secagem se processou de modo mais homogêneo, com o conseqüente desaparecimento das tensões, que provocam a rachadura.

Posteriormente, os componentes foram enviados à marcenaria da firma ITA Construtora, do Engenheiro Hélio Olga Junior, responsável pelo projeto estrutural, em Vargem Grande/SP, Km 43 da Rodovia Raposo Tavares, para a secagem final, aparelhamento e produção dos componentes estruturais definitivos.

O processo de pré-fabricação foi pensado todo em função de componentes modulados, visando reduzir e racionalizar a montagem posterior no canteiro de obras, com eficiência e eficácia e a intenção de eliminarem-se desperdícios de material. O conjunto de componentes resultou leve e de fácil manejo, resultando em uma montagem rápida e segura, característica peculiar à madeira.

O volume total de madeira empregado foi de 70 m<sup>3</sup>, valor este que poderia ser diminuído caso fosse utilizada madeira de floresta nativa, que apresenta maiores densidade aparente e resistência mecânica do que as madeiras de florestas artificiais, mas em contrapartida, o preço resultaria algo em torno de três vezes superior ao da madeira de espécie exótica.

O programa foi perfeitamente satisfeito às necessidades da família do casal, onde as funções articulam-se com muita fluidez, distribuídas em quatro pavimentos: acesso, social, dormitórios e estúdio.

No projeto dessa obra foram mescladas e aplicadas com critério e apuro técnico, pesquisa, consciência ecológica e verdade construtiva.

#### **1.3.3.2.5 Casa e Estúdio de Vinicius Andrade e Marcelo Morettin: um pavilhão integrado à natureza**

A casa foi concebida como um pavilhão suspenso, estruturado em madeira jatobá e vedos com chapas de policarbonato alveolar, material translúcido, apresentando propriedades luminosas.

As funções se articulam em um só pavimento, onde dois blocos se juntam para formar um conjunto harmonioso. O primeiro, em alvenaria compacto e fechado, fazendo um contraponto com a estrutura leve em madeira do salão do outro bloco.



Figura 1.132 – Vistas externas. Fonte: SCHNEIDER, 200?





Figura 1.133 – Vista externa dos dois blocos. Fonte: SCHNEIDER, 200?

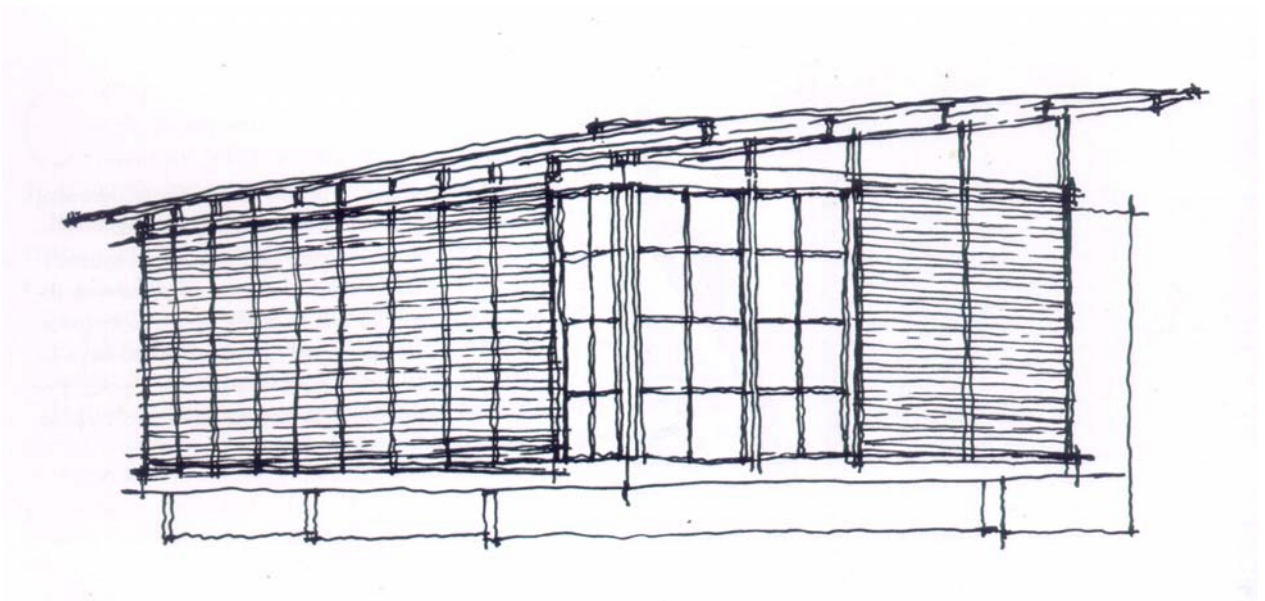


Figura 1.134 – Croquis. Fonte: SCHNEIDER, 200?



Figura 1.135 - Vistas internas. Fonte: SCHNEIDER, 200?

## Capítulo II: Características da madeira: sua capacidade portante

### 2.1 A madeira: origem, propriedades e aplicabilidades

Quando o ser humano surgiu no Planeta Terra há mais de dois milhões de anos, as árvores já faziam parte do seu ecossistema há pelo menos 223 milhões de anos, tendo seu surgimento estimado em aproximadamente 225 milhões de anos. Não existem fatos concretos que indiquem com precisão quais foram as primeiras utilizações da madeira pelo homem. Supõe-se que, com a descoberta do fogo, há pelo menos 16 mil anos, esse material natural foi utilizado como combustível (FUNDAP, s.d).

Uma lança com ponta provavelmente seja a mais antiga testemunha da utilização da técnica da madeira, cuja idade é estimada em 290.000 anos. Na história da construção, a madeira aparece como o primeiro, e durante muito tempo, o principal material utilizado para as estruturas portantes. Nos primórdios, se empregava a madeira pela sua trabalhabilidade e era possível igualmente combiná-la com peles para realizar construções ligeiras, como tendas, típicas de civilizações nômades, sendo que nos dias atuais, a escolha da madeira se fundamenta, sobretudo, por uma série de características e propriedades físicas do material (NATTERER, 1998).

O seu sistema produtivo deve se processar dentro de condições que respeitem o meio ambiente, sua extração e transformação faz pouco apelo às energias fósseis, bem como sua relação peso/resistência (capacidade portante) é muito favorável; existindo uma gama de valores bastante variada, com referência à massa volumétrica e a resistência.

Sua inércia térmica é elevada, ao mesmo tempo, sua capacidade calórica é boa, sendo que cada uma das essências apresenta características próprias e seus meios e suas técnicas de montagem são numerosos, seguros e polivalentes.

Os produtos semi-acabados, maciços ou materiais derivados da madeira oferecem múltiplas possibilidades de utilização.

O passar do tempo não diminuiu a importância da madeira, ao contrário, acentuou-a, pois, nos dias atuais, com o grande desenvolvimento de máquinas e ferramentas específicas para esse setor e o elevado grau de conhecimento de suas propriedades, a madeira e seus mais diversos derivados têm infinitas aplicações na sociedade moderna.



Figura 2.1 – Floresta nativa de ciprestes submersos da costa do Pacífico. Fonte: Lines (1981)



### **2.1.1 Pau-brasil (*Caesalpinia echinata*): o início da comercialização da madeira no Brasil.**

A economia brasileira, à época do descobrimento, baseou-se na extração do *pau-brasil*.

Conforme afirma Zanine (*apud* SILVA, 1995) o Brasil deve a sua inserção no mundo ocidental a uma árvore-tinteiro, o *pau-brasil*, que forneceu aos portugueses o único motivo para fincar o pé na nova terra, descoberta em 1500. A origem da Nação é uma lição para a correção do imenso erro de tratamento, que há séculos é dispensado às florestas brasileiras. Valorizar as árvores e a madeira é a única alternativa possível para fazer cessar a devastação florestal no País. Ensinar nossa população a explorar racionalmente as florestas, a criar novas riquezas e belezas com a madeira, a depender da natureza para avançar na vida, é algo que poderá ser feito com êxito até o fim do século.



Figura 2.2 – Árvore pau-brasil – foto do próprio autor no IPT/SP em 08-02-06

Desafortunadamente, começava aí um grave problema em nosso país, com reflexos até os dias atuais e que se tornaria universal, a devastação das florestas nativas. A humanidade apenas recentemente descobriu a importância de não utilizar a floresta somente para satisfazer as suas necessidades materiais, mas realçando sua substancial função protetora do solo, das águas, da fauna e da saúde de um modo geral.



Figura 2.3 – Devastação da Floresta da Amazônia. Fonte: Stungo (1998)

A utilização da madeira de reflorestamento também poderá ser uma resposta às preocupações de florestas devastadas. A madeira é uma alternativa de captura de gás carbônico e contribui para a recomposição da camada de ozônio. Se essa madeira for utilizada na construção civil, amplia-se a permanência do gás carbônico capturado. Em contraposição ao emprego na construção civil está o reflorestamento



para a queima como material combustível, ou a indústria papelreira, que rapidamente devolvem à atmosfera o gás carbônico capturado. Alguns gases, como o vapor d'água, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e o metano (CH<sub>4</sub>) são chamados de gases do efeito estufa porque são capazes de reter o calor do sol na atmosfera.

Esse problema agrava-se toda vez que se dirige um automóvel, pelo uso do transporte aéreo ou pela queima da madeira. As árvores são grandes armazéns naturais de CO<sub>2</sub> da atmosfera, dessa forma este gás é absorvido pelas florestas do planeta, ajudando a estabilizar o clima mundial. Ao se colocar fogo nas florestas, a substância retida volta à atmosfera.

### **2.1.2 Recursos florestais e sua exploração**

As florestas cobrem cerca de 4,1 bilhões de hectares da Terra, o equivalente a 30% da área global. Desse total, 1,97 bilhão de hectares, praticamente 48%, são considerados produtivos. O restante consiste em áreas inacessíveis, protegidas por leis conservacionistas ou específicas de cada país, ou ainda, simplesmente tidas como de baixa produtividade (FUNDAP, s.d.).

O Brasil possui um dos maiores potenciais florestais do mundo, distribuídos ao longo de sua extensão geográfica de mais de 850 milhões de hectares, nos quais seus recursos naturais são classificados basicamente em dois grupos: as florestas naturais e as florestas plantadas ou artificiais ou de reflorestamento.

As florestas nativas, também denominadas apenas matas, caracterizam-se por formações naturais heterogêneas em idade e composição florística, isto é, vegetação original composta de diversas famílias, gêneros e espécies, de diferentes idades.

As florestas plantadas, conhecidas também como artificiais ou de reflorestamento, originam-se da atividade humana, em face da necessidade de se criarem reservas de matéria-prima para a industrialização da madeira, replantando-a em áreas devastadas. Nessas florestas são plantadas principalmente espécies trazidas de outros países, como o *Eucalyptus spp*, o *Pinus spp*, entre outras, recebendo, por isso, a denominação de “exóticas”, as quais caracterizam-se pela homogeneidade de espécies, idades e dimensões das árvores.



Figura 2.4 – Pedra Preta, Floresta Amazônica (Município de Alta Floresta, norte do Mato Grosso), apresentando ao fundo um desmatamento característico. Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 2.5 – Floresta artificial. Madeira de reflorestamento. Fonte: FUNDAP (s.d.)

A exploração florestal envolve diferentes fases do processo de produção da madeira, que se inicia na derrubada da árvore até a chegada à indústria de transformações, ou seja, serrarias, laminadoras, entre outras. Dessa forma, o sistema de exploração passa a ser o conjunto que abrange essas atividades de abate, traçamento, arraste, cubagem e transporte, realizadas por uma combinação de diversos tipos e números de máquinas, ferramentas e pessoas.

A opção de uma empresa em empregar um determinado sistema de exploração, dentre os vários disponibilizados no mercado, depende de uma série de fatores envolvidos: as características topográficas, o tipo de floresta (nativa ou artificial), o clima, a dimensão das toras, o uso final do produto, a disponibilidade de mão de obra, o custo operacional, entre outros.

Nesse sistema de exploração, a operação de abate ou derrubada da árvore tem seu início considerando-se as florestas nativas, com o reconhecimento das espécies desejadas.

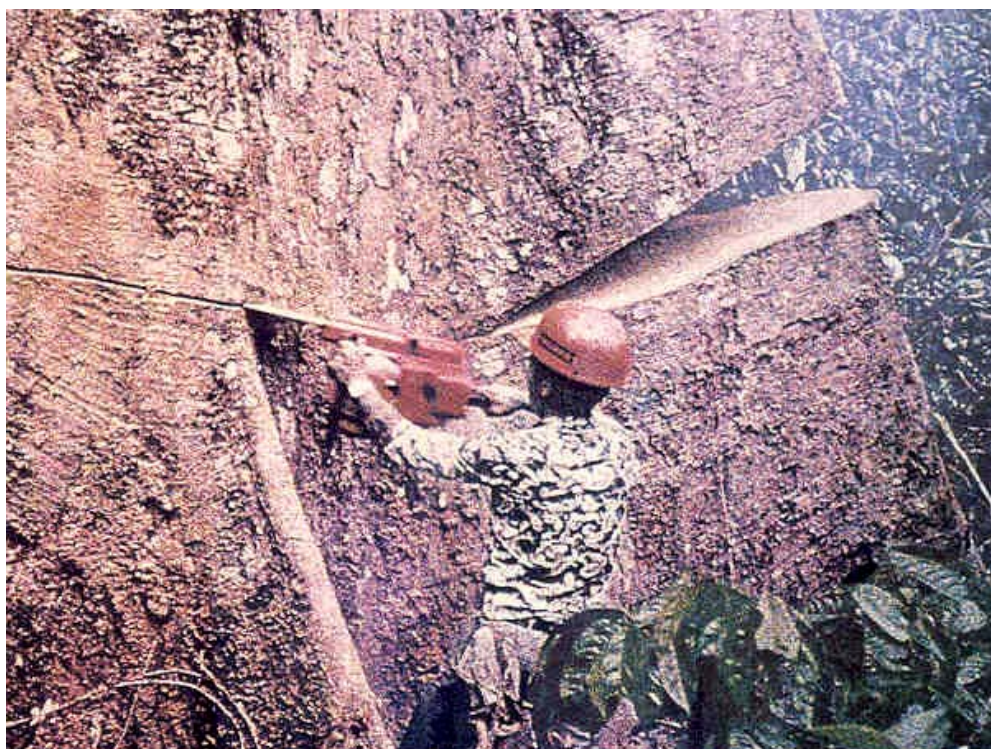


Figura 2.6 – Abate de uma árvore com motosserra em uma floresta nativa. Fonte: FUNDAP (s.d.)

Os critérios de seleção das árvores de florestas nativas se baseiam no aproveitamento industrial, quer dizer, somente devem ser extraídas árvores cujos troncos possuam diâmetros acima de um determinado mínimo, que é fortemente variável, mas usualmente, não inferior na maioria dos casos a 20 cm.

No caso dos reflorestamentos, de forma óbvia, essa operação não é seguida, em função da homogeneidade das espécies, restando apenas como critério o do diâmetro mínimo desejado, conforme o uso final do produto.

Interferem também no sistema, fatores naturais que possam influenciar na direção de queda da árvore, tais como o vento, localização de galhos pesados, a fim de evitar acidentes e desperdícios, facilitando assim, a extração das toras.

O abate usualmente é feito com motosserra, que pode ser substituída pelo machado, nos reflorestamentos, em casos de árvores de diâmetros reduzidos.

A atividade de traçamento ou de toragem caracteriza-se pela segmentação da árvore em toras ou toretes, sendo o que diferencia uma tora de um torete, é que a primeira apresenta um diâmetro superior a 20 cm e, em alguns casos, acima desse valor. Trata-se de matéria prima de melhor qualidade, geralmente advinda de floresta nativa destinada à produção, das serrarias e laminadoras. Enquanto isso, os toretes têm diâmetros entre 06 e 20 cm, podendo chegar, em alguns casos especiais, a 35 cm, são originários de reflorestamentos, sendo o seu destino final as indústrias de celulose e papel, aglomerados e chapas de fibra, ou ainda à geração de energia, que não exigem de sua matéria prima qualidade, no que se refere à forma e à aparência<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Informação verbal obtida junto ao Engenheiro e Professor Nilson Franco, do IPT/SP, em 22/02/06.





Figura 2.7 – Toras empilhadas no pátio da indústria após o içamento. Fonte: FUNDAP (s.d.)

Estão incluídos na operação de traçamento: o desgalhamento da árvore, etapa em que são retirados galhos, ramos e cascas que, junto com outras partes do tronco, bem como os provenientes do destopo, são deixados na floresta.



Figura 2.8 – Destopo de toras. Fonte: FUNDAP (s.d.)

No caso de ser transportada a árvore inteira, quando possível, o traçamento é realizado na própria indústria, o que resulta um outro tipo de sistema de exploração, às vezes mais vantajoso ao produtor, utilizando nesse caso, a motosserra como ferramenta.

O arraste é o transporte das toras da floresta até um pátio intermediário para uma armazenagem provisória, utilizado quando o terreno é acidentado, podendo ser feito por tratores pesados, no caso de exploração na mata, ou por tratores leves, em reflorestamentos.



Figura 2.9 – Arraste de toras. Fonte: FUNDAP (s.d.)

A *cubagem* ou *cubicagem* é executada nesse pátio, no transporte, ou na própria indústria, dependendo das condições e dos objetivos, sendo considerada uma forma de medição realizada por diversos motivos, dentre os quais calcular a produtividade e a remuneração dos trabalhadores. Essa cubagem também pode ser feita por Agentes Fiscais de Rendas (AFRs) para checagem do volume de cargas (FUNDAP, s.d.).

O transporte é o que leva a madeira até a indústria por meios rodoviários ou fluviais, este último utilizado principalmente na região amazônica, atividade essa nem sempre efetuada de forma legal, através da emissão de documentação fraudulenta e criminosa, causada na maioria das vezes, pela insuficiência de pessoal devidamente treinado, ou mesmo, por uma minoria composta por profissionais corruptos.



Figura 1.10 – Transporte de toras. Fonte: FUNDAP (s.d.)





Figura 2.11 – Toras de ipê



Figura 2.12 – Toras de jatobá

Fonte: FUNDAP (s.d.)

São preocupantes os dados fornecidos pela World Wildlife Foundation - WWF (2005), organização internacional não governamental, de que, apesar de o Brasil ser a maior área florestal certificada na América Latina, em função de suas enormes dimensões, quando comparados aos demais países latinos, ou seja, de 2.300.874 hectares, esse valor representa apenas 0,27 %, da totalidade dos 850 milhões de hectares de florestas brasileiras existentes.

O assunto tem sido tratado à extensão pela mídia escrita e falada, infelizmente sem nenhum resultado positivo, visando sanar e extirpar esse verdadeiro crime ambiental.

No caso dos resíduos, que são um resultado inevitável da atividade de exploração da madeira, busca-se a adoção de uma série de medidas para minimizar seus efeitos, através da implantação de criterioso controle da qualidade nas operações de derrubada e traçamento, pois, caso contrário, as conseqüências serão danosas ao processo como um todo.

### 2.1.3 O processo industrial

O setor florestal brasileiro contribui com cerca de 4% do Produto Interno Bruto (PIB) Brasileiro. Existe uma enorme variedade de produtos que se originam da madeira, provenientes basicamente de dois processos: o semi-industrial e o industrial. O semi-industrial fornece produtos de madeira, chamada não-transformada, praticamente *in natura*, mantendo sua forma cilíndrica original, dos troncos das árvores. Incluem-se nessa categoria toras, toretes, lenha, postes, mourões, pontaletes, cruzetas e dormentes roliços. Dependendo do uso, esses produtos podem ser gerados ou por espécies nativas ou advindas de reflorestamento, situando-se as empresas produtoras, por uma questão logística no caso de espécies nativas, predominantemente nas regiões Norte e Centro-oeste do país e, de reflorestamento, nas regiões Sul e Sudeste (FUNDAP, s.d.).

<b>Setor de Base Florestal – 2002</b>		
<b>Indicador</b>	<b>Setor Florestal</b>	<b>Madeira Sólida</b>
PIB	US\$ 20 Bilhões (4.5% do Brasil)	US\$ 8 Bilhões (2% do Brasil)
Tributos	US\$ 4.6 Bilhões (2% do Brasil)	US\$ 2.1 Bilhões (1% do Brasil)
Empregos	6.5 Milhões	2.5 Milhões
Exportação	US\$ 4.4 Bilhões (7% do Brasil)	US\$ 2.3 Bilhões (4% do Brasil)
Superávit Comercial	US\$ 3.6 Bilhões (27% do Brasil)	US\$ 2.1 Bilhões (16% do Brasil)

Fonte: Abimci - 2003

Figura 2.13 – Dados referentes à produção sustentável de madeira serrada e de painéis de madeira tropical – Produtores Florestais Certificados da Amazônia: PFCA. Fonte: Guerreiro, 2003

O processo industrial de transformação da madeira envolve os setores: de serrarias, laminadoras e compensados, aglomerados, chapas de fibra, carvão, papel e celulose.

A madeira serrada produzida pelas serrarias, a partir de toras e às vezes de toretes, origina uma extensa variedade de produtos como: tábuas, vigas, pranchas, dormentes ferroviários e alguns de dimensões mais reduzidas como os tacos para assoalho, bem como suprindo o mercado mobiliário, a construção civil, as ferrovias, entre outros.

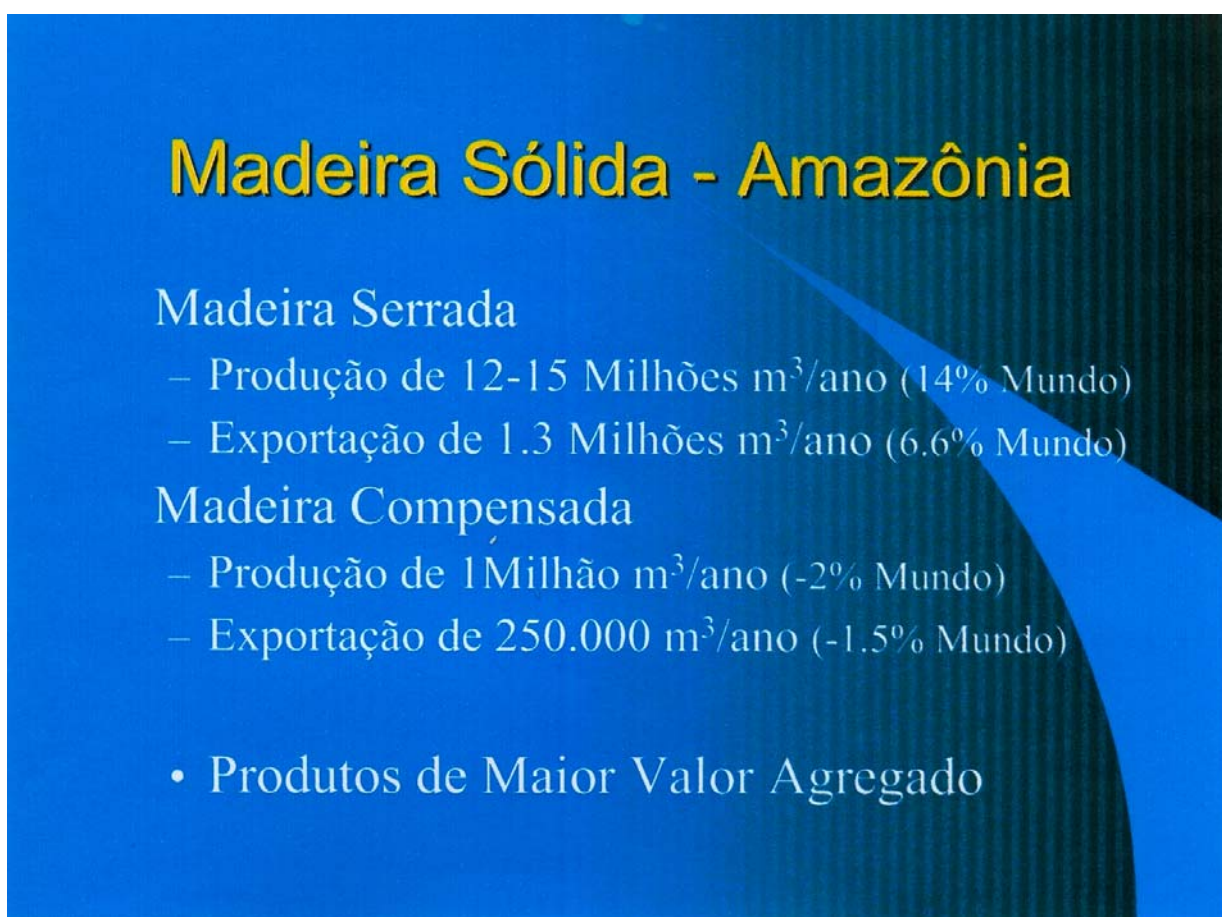


Figura 2.14 – Setor de base florestal – 2002. Fonte: Guerreiro, 2003





Figura 2.15 – Postes transportados em vagonetes para a autoclave onde serão impregnados com preservativos de madeira para aumentar sua durabilidade. Fonte: FUNDAP (s.d.)



Figura 2.16 – Ripas de peroba dispostas em feixes. Fonte: FUNDAP (s.d.)

O início da produção de madeira serrada no Brasil, segundo historiadores, aconteceu no Sul do país, em pleno século XVIII. Já em 1910, o Paraná contava com cerca de 85 serrarias, fato aliado à presença, naquela época, de espécies nativas regionais do Sul e Sudeste, havendo posteriormente, com a escassez dessas espécies em consequência do corte indiscriminado e a consequente devastação das florestas, uma mudança de pólo dessas serrarias para a região amazônica, predominando essa situação nos dias atuais (FUNDAP, s.d.).

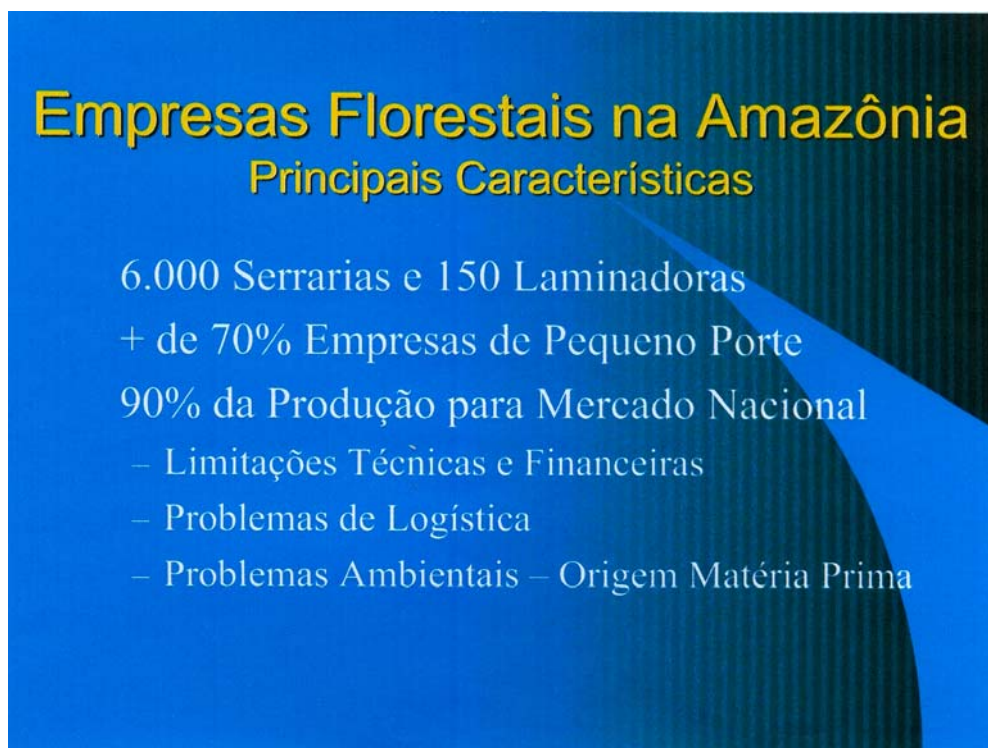


Figura 2.17 – Empresas florestais. Fonte: Guerreiro, 2003

Atualmente, as regiões Sul e Sudeste produzem madeira serrada a partir de reflorestamentos, prevendo-se em um curto prazo, um crescimento substancial para essa atividade, ocupando a região amazônica lugar de destaque nessa exploração.

#### **2.1.4 Estrutura biológica da madeira**

A madeira é composta por um tecido poroso, heterogêneo e anisotrópico (em relação ao sentido das fibras), formada de substâncias e de cavidades celulares. As espécies arbóreas, que apresentam interesse comercial, subdividem-se em dois grupos principais: as *coníferas*, também denominadas de *resinosas*, como o pinho-do-paraná; e as *folhosas*, destacando-se entre elas o ipê e a peroba.

Na história da cadeia evolutiva das espécies arbóreas, as *resinosas* são as mais antigas em termos estruturais, mais simples que as *folhosas*, constituindo-se de células com características únicas, as *traqueides longitudinais*. Essas células asseguram ao mesmo tempo, a condução dos líquidos e das matérias nutritivas,

bem como o sustento da madeira, enquanto que, as *folhosas* são formadas por células bem mais especializadas. As *folhosas* apresentam inúmeras características que permitem identificar com clareza as suas variadas espécies. Dentre elas, destacam-se: 1) a disposição de diferentes células, aquelas que, no sentido radial, formam os *raios lenhosos* (*rayon ligneux*); 2) a presença de *canais resiníferos* (*canaux résinifères*); 3) o tecido microscópico e 4) a cor determinada pela *matéria lenhosa*, características estas que permitem identificar diferentes espécies. Para o profissional da área, a direção das fibras e a disposição dos *anéis anuais* e mesmo a quantidade de líquido, que escoar durante um determinado tempo (principalmente por ocasião do corte de tronco da árvore) têm uma influência relevante sobre as propriedades técnicas da madeira (NATTERER, 1998).

Sob o ponto de vista anatômico, a madeira é um tecido perene que resulta do crescimento secundário do tronco, ramos e raízes de árvores e arbustos. A olho nu, a observação da madeira permite distinguir entre as madeiras de coníferas e folhosas e entre várias espécies, mas também diferenças marcantes dentro de uma espécie: *anéis anuais de crescimento*, *lenho inicial* (*bois initial*) – primaveril e *lenho tardio* (*bois final*) - outonal, o arranjo dos poros em folhosas, cerne, albúrnio, entre outras.

Madeira/função	Mecânica	Condução	Armazenagem	Secreção
<b>CONÍFERAS</b>	Traqueóides do lenho tardio	Traqueóides do lenho inicial  Traqueóides radiais	Parênquima radial e longitudinal.	Células epiteliais (canais resiníferos)
<b>FOLHOSAS</b>	Fibras libriformes  Fibro-traqueóides	Vasos  Traqueóides vasculares	Parênquima radial e longitudinal.	Células epiteliais (canais resiníferos)

Figura 2.18 - Principais funções dos vários tipos de células de madeira.  
Fonte: Klock, 2006



Os *lenho inicial* e *lenho tardio* são tipos de células característicos das coníferas, sendo que as *folhosas* apresentam *fibras libriformes* e *fibras traqueóides*

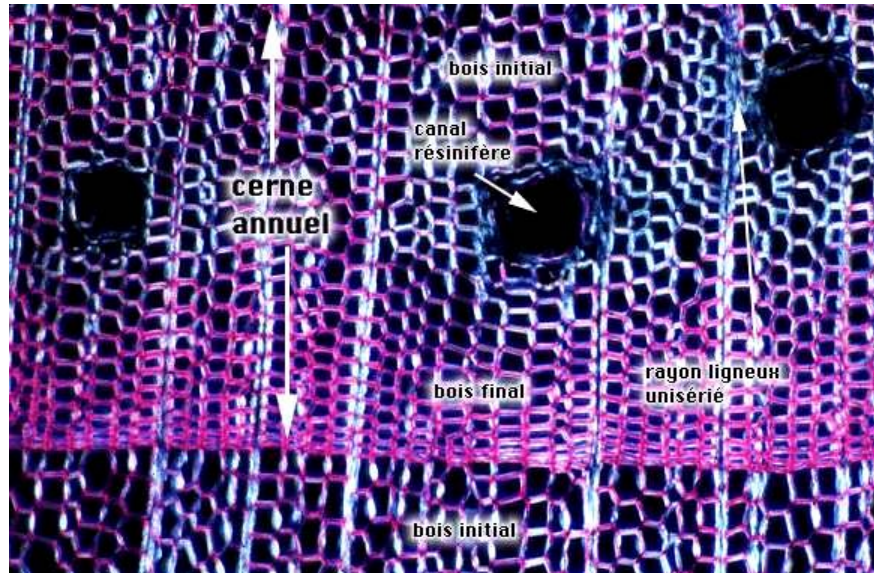


Figura 2.19 – Corte transversal em um tronco de pinheiro branco (*pin blanc*), observação feita com filtro polarizante. Fonte: Université Laval, 2006

Ao se observar à seção transversal de um tronco, ela apresenta, do centro para a periferia, respectivamente: medula, cerne, alburno e casca.

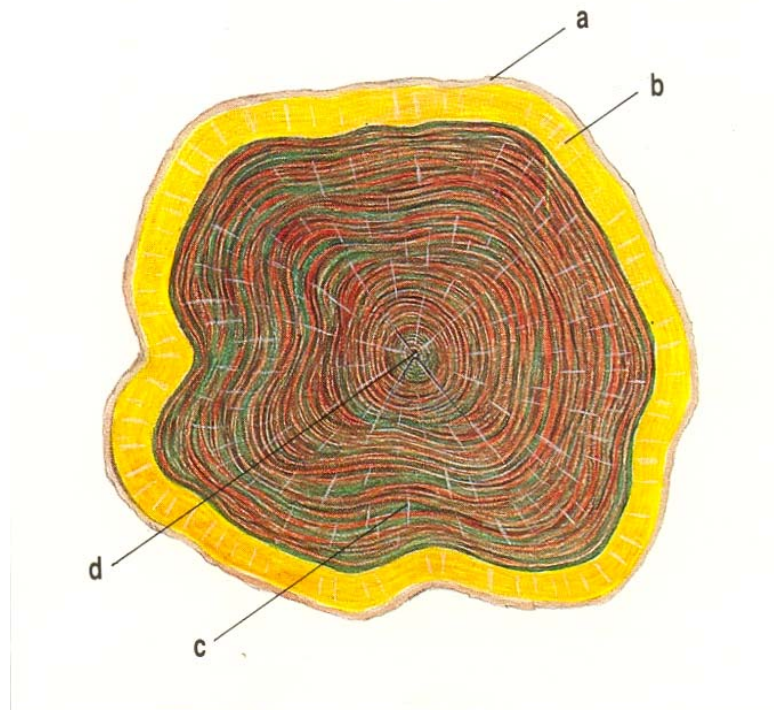


Figura 2.20 – Disco de madeira de uma folhosa: casca (a), alburno (b), cerne (c) e medula (d)  
Fonte: FUNDAP (s.d.)

A parte central do tronco é a *medula*. Relacionada com a armazenagem de substâncias nutritivas, na maioria dos casos esse tecido primário varia muito em termos de tamanho, coloração e forma, especialmente nas *folhosas*.

O *cerne* e o *alburno* constituem o *xilema*, usualmente conhecido como lenho, principal tecido condutor de água e sais minerais, sendo o *lenho funcional*, o alburno e o *lenho não-funcional*, o cerne. A diferença entre eles é de ordem química: o cerne é mais escuro e em geral mais durável que o alburno, que é mais susceptível à deterioração, devido a sua menor resistência a ataques de insetos e fungos. O cerne é a parte do tronco de maior interesse comercial. Ambos, cerne e alburno são estruturas de crescimento diametral, esse crescimento também origina os chamados *anéis* ou *camadas de crescimento*. A *casca* é a parte mais externa do tronco, donde se extrai a *cortiça*, constituída de duas camadas distintas, sendo uma mais interna, de coloração clara e fisiologicamente ativa, podendo ser grossa ou fina, de acordo com a espécie. A outra, chamada *ritidoma*, compõe um tecido superficial ao tronco e raízes, e em geral ela é mais escura em função de conter substâncias orgânicas como: taninos, corantes e extrativos, transformando-se mais desenvolvida em caules mais velhos (FUNDAP, s.d.).

A sucessão concêntrica do cerne em uma seção do tronco é uma característica estrutural relevante. O chamado *lenho inicial* (*bois initial*), formado na primavera, apresenta grandes poros e uma fraca densidade, enquanto que o *lenho final* (*bois final*), ou madeira do outono (períodos sazonais europeus) é mais densa. São distinguidos a olho nu os cernes anuais, na maior parte das madeiras *resinosas* ou *folhosas*, os quais marcam de forma mais ou menos acentuada, o aspecto da madeira (NATTERER, 1998).

Distingue-se em uma seção de um tronco, três planos fundamentais de observação: superfície transversal (a), superfície radial (b) e superfície tangencial (c).

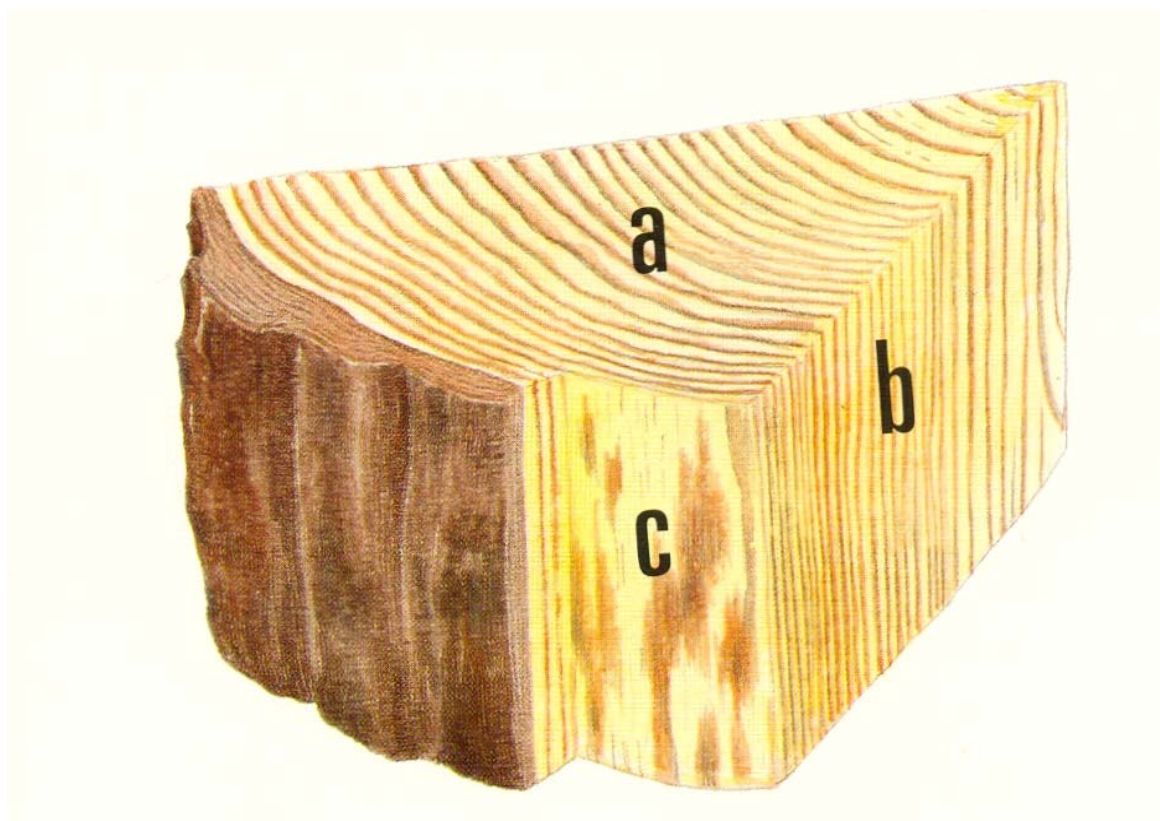


Figura 2.21 – Planos fundamentais de observação de superfícies: transversal (a), radial (b) e tangencial (c)  
Fonte: FUNDAP (s.d.)

Esses planos são utilizados para a identificação de madeiras, sendo que, a superfície transversal, é o plano de corte perpendicular às fibras ou ao eixo longitudinal do caule. Nessa seção podem ser facilmente observados com lupa o *cerne*, o *alburno*, os *anéis de crescimento* e os *raios da madeira*; superfície tangencial considerada como o plano de corte perpendicular aos raios lenhosos e ainda tangenciais às camadas de crescimento e a superfície radial, plano de corte longitudinal, passando pelo centro do tronco, paralelo aos raios e perpendicular às camadas de crescimento (FUNDAP, s.d.).



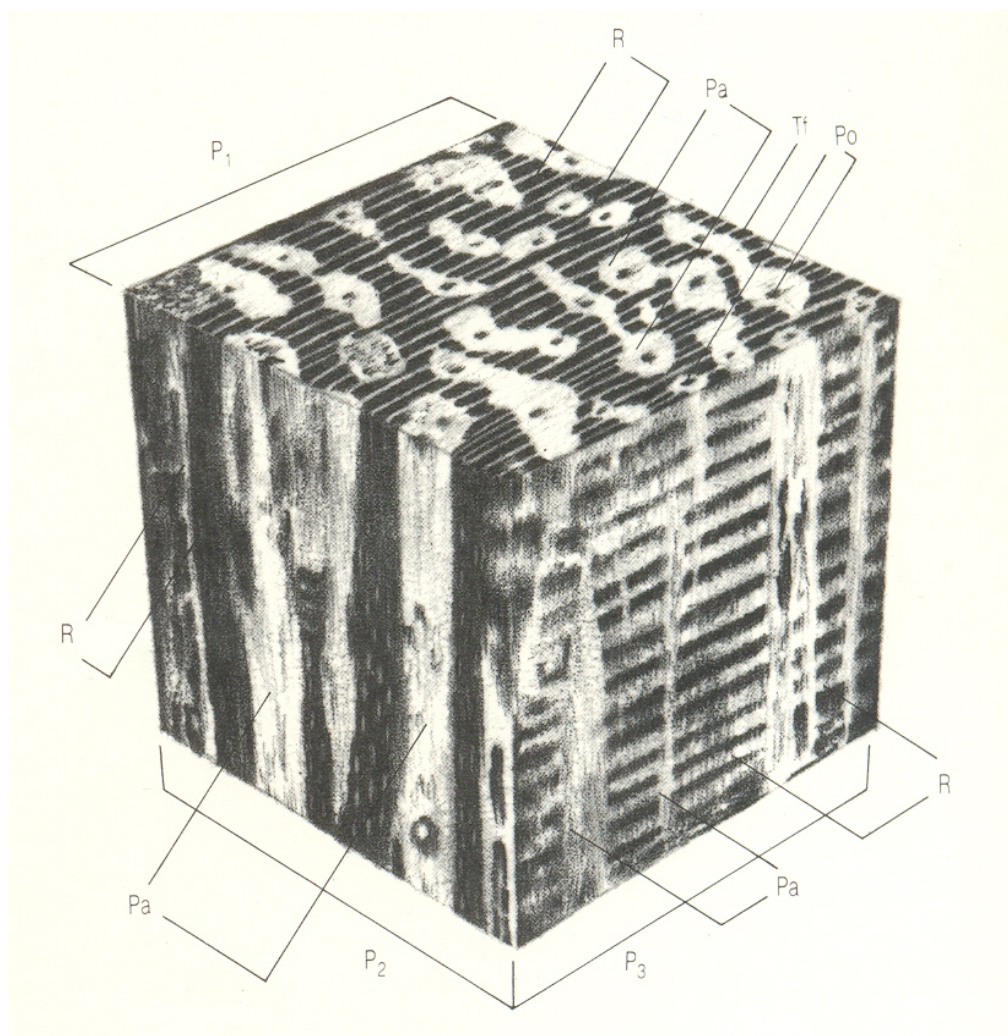


Figura 2.22 – Aspecto macroscópico da madeira nos três planos de observação: superfície transversal (P1); superfície tangencial (P2); superfície radial (P3); parênquima axial (Pa); poros (Po); raios (parênquima – radial) (R); tecido fibroso (Tf). Fonte: FUNDAP (s.d.)

### **2.1.5 Propriedades físicas, mecânicas, químicas e demais especificidades da madeira**

Para a escolha e utilização da madeira de uma determinada espécie, com finalidades industriais, tornam-se relevantes o conhecimento das propriedades físicas e químicas, como: teor de umidade, poder calorífico, densidade aparente e resistência mecânica, entre outras.

Na natureza, a madeira proveniente de árvores vivas, encontra-se saturada de água, apresentando teor de umidade que varia de 30% a 300% de seu peso total. Ela vai

perdendo água lentamente após a sua derrubada, até atingir um nível de umidade compatível com as condições do próprio meio ambiente (FUNDAP, s.d.).

Conforme o seu uso, é necessário que ela passe por um processo de secagem, a fim de ser obtido o teor de umidade adequado, pois caso essa providência não seja adotada, ela poderá sofrer diferentes alterações dimensionais, fazendo com que, na maioria das vezes, provoque danos ao material, como rachadura e empenamento.

A umidade da madeira  $H$  é definida segundo a fórmula:

$$H = \frac{m_h - m_0}{m_0} \times 100$$

onde:  $m_H$  é a massa no estado úmido e  $m_0$  a massa no estado completamente seco. Esse é, sem dúvida, um parâmetro fundamental no contexto de suas propriedades, pois a madeira tanto pode aumentar de volume, pela absorção de umidade, quanto pela diminuição de volume, caracterizado pela redução volumétrica, segundo um coeficiente porcentual, determinando a estabilidade da dimensão e da forma. Além do ponto de saturação de umidade, a absorção da água por capilaridade dentro das cavidades celulares depende da configuração do tecido celular. Nas espécies biologicamente não resistentes, a madeira, quando impregnada com água é ameaçada por parasitas, tipo fungos, bem como pela decomposição material (NATTERER, 1998).

Outra propriedade relevante da madeira é a densidade aparente entendida como a relação entre o peso da madeira e o seu volume, a qual encontra-se diretamente ligada à umidade e a resistência mecânica da madeira. Assim, madeiras muito pesadas são também muito *duras* (a aroeira e o jatobá são exemplos desses tipos de árvores), em contrapartida madeiras leves, em geral, são *moles*, como a balsa e o assacu (FUNDAP, s.d).

Quanto aos principais componentes da madeira, destacam-se: a *celulose* (hidrato de carbono, que constitui a base dos tecidos vegetais e especialmente das paredes das células e das fibras) com 40-50%, a *hemicelulose* (glicídio polimerizado em cuja composição entram hexoses e pentoses) de 20 a 30% e a *lignina* (substância existente na celulose, que produz o endurecimento do tecido lenhoso) com 20-30%, proporções essas, que se encontram em todas as essências na Natureza (NATTERER, 1998).

A madeira é obtida naturalmente do tronco da árvore, caracterizando-se como um material renovável, quando seu uso e reposição são controlados de forma adequada.

Um aspecto que distingue a madeira dos demais materiais é a sua renovabilidade, consubstanciada na possibilidade crescente de viabilização técnico-econômica da produção sustentada das florestas nativas e nas modernas técnicas silviculturais empregadas nos reflorestamentos, que permitem alterar a qualidade da matéria - prima de acordo com o uso final desejado (ZENID, 1997).

Existem contra a sua utilização argumentos ecológicos, como o da devastação de florestas, que podem ser contornados com uma política séria de controle de extração e de reposição florestal. Sua extração, quando controlada, pode ser um fator benéfico para o rejuvenescimento das florestas. O uso da madeira em estruturas exige a escolha de material que tenha boa resistência mecânica e boa resistência à deterioração biológica. Para isso, são necessários cuidados especiais como a extração em época adequada, por exemplo, em meses não muito chuvosos (no Brasil, em meses que não têm a letra r: maio, junho, julho, agosto), e na fase minguante da lua, quando a seiva se torna menos superficial (REBELLO, 2000).



A madeira possui diversas propriedades que a tornam muito atraente frente a outros materiais, como o concreto, o aço e os materiais sintéticos. Dentre essas propriedades são normalmente citados o baixo consumo de energia para o seu processamento, a alta resistência específica, as boas características de isolamento térmico, acústico e elétrico. Além dessas características, é um material muito fácil de ser trabalhado manualmente ou por máquinas.

A madeira, ao contrário do que se pensa, é um péssimo condutor térmico. Salienta-se que, em comparação com outros materiais de construção, o metal começa a se deformar aos 80° C e, a partir daí não é mais confiável em termos estruturais; a madeira, ao contrário, no começo do incêndio, torna-se mais resistente pela evaporação de sua água. Isso pode perfeitamente ser comprovado pelo uso do cachimbo, que não entra em combustão com as brasas que estão dentro, a 330° C, e, além do mais, não queima os dedos que o seguram (CARUANA, 1998).

O fato de a madeira ser o resultado do crescimento de um ser vivo implica variações das suas características em função do ambiente em que ela se desenvolve. A essas variações, acrescenta-se a madeira ser produzida por diferentes espécies de árvores, cada qual com características anatômicas, físicas e químicas próprias (PANSIN e DE ZEEUM, 1970).

A madeira é um material higroscópico (segundo o *Dicionário Aurélio*: diz-se do material ou substância que tem afinidade pelo vapor d'água, capaz de retirá-lo de uma atmosfera ou eliminá-lo de uma mistura gasosa), sendo várias de suas propriedades afetadas pelo teor de água presente.

Sua natureza biológica submete-a aos diversos mecanismos de deterioração existentes na natureza. Às características negativas, acrescenta-se ainda sua susceptibilidade ao fogo. Em geral, essas desvantagens da madeira podem ser

eliminadas ou ao menos minimizadas, bastando para tal, ao menos, o emprego de tecnologias já disponíveis e de uso consagrado nos países desenvolvidos (ZENID, 1997).

No entanto, o desconhecimento das propriedades da madeira por muitos de seus usuários e a insistência em métodos de construção antiquados e inadequados estão entre as maiores causas de desempenho insatisfatório da madeira frente a outros materiais.

Pelas suas propriedades físicas e químicas únicas, e por tratar-se de um recurso natural renovável, a sua história relaciona-se com o desenvolvimento do Brasil.

As propriedades da madeira são decorrentes do tipo biológico da árvore que lhe deu origem, porém essas propriedades estão sujeitas a alterações, pois sendo a madeira um material natural, está sujeita, na sua formação e obtenção, aos fatores climáticos, que podem ser muito variáveis ao longo da vida da árvore.

A sustentabilidade é um conceito fundamental no contexto da madeira, pois a sua boa ou má aplicação, determinará o futuro da preservação de nossos recursos naturais, provenientes de florestas nativas ou artificiais.

Esse conceito indica, de uma forma geral, a necessidade de integração das várias dimensões: social, econômica, política, ambiental, cultural, na produção do chamado ambiente construído, a fim de assegurar a manutenção desses recursos naturais, a equiparação de riquezas e de direitos, a diminuição dos impactos sócio-ambientais e a ampliação da participação da sociedade nas tomadas de decisão.

De uma forma geral, as seções de peças de madeira podem ser as naturais (o tronco) ou podem ser obtidas por beneficiamento do tronco em serrarias (seções comerciais) ou, ainda, por composição de diversas dessas seções.

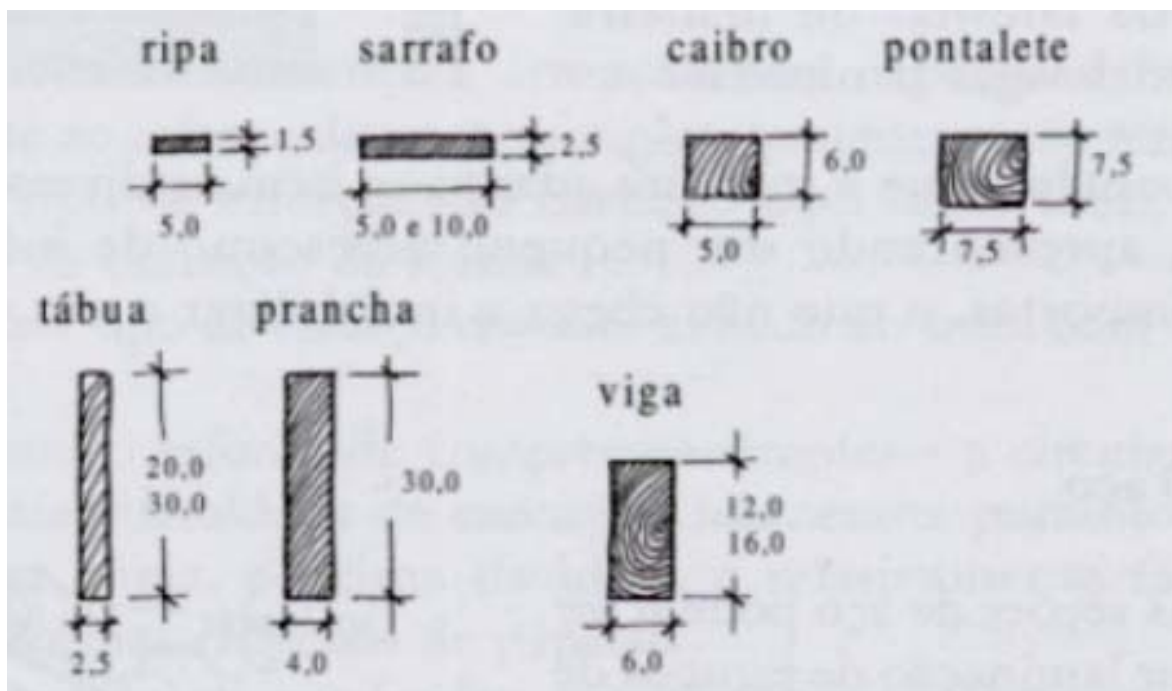


Figura 2.23 –Seções de peças de madeira. Fonte: Rebello (2000)

As secções comerciais são bastante variadas: a ripa, o sarrafo, o caibro, o pontalete, a viga, a tábua e a prancha.

## 2.1.6 Preservação da madeira

### 2.1.6.1 Generalidades

A preservação da madeira pode ser entendida como uma ação conjunta, decorrente das solicitações: mecânicas, físicas, biológicas e químicas. Existem alguns tipos de ação que agem diretamente sobre a madeira, como sol, chuva, vento, metais (os aplicados como meios de ligações), provocando inúmeros efeitos, tais como agressão fotoquímica, destruição da camada superficial por fotólise (entendida como a decomposição química produzida pela luz), flutuações da temperatura e umidade madeira, erosão da superfície lenhosa, lavagem das substâncias constituintes da madeira, entre outras (NATTERER, 1998).

Tipo de ação sobre a madeira	Efeito	Conseqüências possíveis	Danos possíveis
-Sol	-Agressão fotoquímica -Destruição da camada superficial pela fotólise (depolimerização da celulose)	-Descoloração, amarelamento, escurecimento -Na superfície, elevação da capacidade de absorção de certas substâncias sólidas, que tem propriedade de fazer aderir outras à sua superfície -Ataque de fungos e bolor, descolorando a madeira: alteração da cor, acinzentamento	
-Sol -Radiação em ondas longas, mudanças de temperaturas	-Flutuações da temperatura e da umidade da madeira -Dessecação devido à perda de umidade -Tensões, modificações das dimensões devido à retração e ao aumento de volume -Solicitação mecânica do elemento	-Ausência de estanqueidade, formação de fendas, pintura danificada -Acumulação de umidade possível -Em conseqüência, da umidade elevada da madeira, ataque de fungos, descolorando e destruindo a madeira -Motivado pelo ataque possível de insetos nos locais tornados vulneráveis pela presença de fendas	-Decomposição material -Destruição da madeira
-Vento	-Erosão da substância lenhosa -Envelhecimento das juntas estanques		
-Chuva	-Lavagem das substâncias constituintes da madeira e dos produtos de degradação da fotólise (decomposição produzida pela luz)	-Degradação da superfície, alteração da cor, perda de substância -Enfraquecimento mecânico -Elevação da capacidade de adsorção na superfície	
-Chuva -Umidade do solo -Umidade ambiente -Aspersão de água -Água de condensação	-Acumulação de umidade, tensões -Modificações das dimensões devido a retração e ao aumento de volume da madeira		-Decomposição material -Destruição da madeira
-Metais (por exemplo, meios de montagens)	-Condução térmica elevada nos metais -Reação química entre constituintes da madeira (valor do pH) e metais	-Formação de condensação e finas camadas de gelo (cristais de gelo) -Alteração da cor (por exemplo, reação ferrotanino)	-Decomposição material -Destruição da madeira -Corrosão dos metais

Figura 2.24 - Tabela de Preservação da madeira (tradução livre pelo próprio autor). Fonte: Natterer (1998)

### 2.1.6.2 Zonas ameaçadas

A necessidade da preservação da madeira é em função dela apresentar determinadas zonas consideradas de risco ou em posição de serem ameaçadas por agentes externos, ocorrendo a partir do momento que ela é abatida e prosseguindo em diferentes estágios de seu processamento e utilização.

Existem zonas (regiões) susceptíveis à degradação, que ameaçam a saúde da madeira, como por exemplo a zona limite sol-ar, a zona limite água-ar, a zona molhada, as juntas abertas. Também incluem-se as fendas abertas, os elementos de construção pouco ventilados, os pontos de união e de contacto de elementos estruturais, as cabeças de vigas engastadas em paredes sem proteção suficiente contra o calor e a umidade, as ligações madeira-metal e pilares engastados no concreto, entre outras (NATTERER, 1998).

Um exemplo clássico de zona ameaçada água-ar é o ocorrido nas primeiras décadas do século passado, em que uma incorporadora imobiliária inglesa, a *City Company*, efetuou na capital de São Paulo, com grande sucesso à época, alguns dos mais notáveis investimentos imobiliários, baseados nos planos urbanísticos ingleses, as *garden cities*.

Essa companhia criou alguns bairros, ditos nobres como Pacaembu, Jardins (Paulista, Paulistano, Europa), Altos (de Pinheiros, da Lapa), a Cidade Jardim, entre outros.

Havia, e isso foi implantado de forma inovadora pela *City*, um memorial descritivo, composto de normas e especificações construtivas, fornecido aos compradores de lotes, quando da aquisição do lote, para ser aplicado em suas edificações, cujas normas eram apenas aos documentos de propriedade, juntamente com as plantas,

as quais eram encaminhadas à municipalidade de São Paulo para aprovação e a expedição do *Alvará de construção*.

Tratava-se de um trabalho primoroso, ainda pertinente caso fosse atualizado para as condições hodiernas, em que especificava, entre tantas outras preciosas recomendações construtivas, que em terrenos de várzea (o que era a maioria deles, condição intencional devido ao preço aquisitivo relativamente baixo), poder-se-ia usar estacas profundas cravadas, em *eucalipto*, nas fundações dessas edificações (esse material era abundante à época e próprio para esse fim).

O sistema funcionou perfeitamente até aproximadamente a década de 80, quando começou a apresentar problemas nas construções, com o aparecimento de fissuras, trincas e mesmo comprometimento estrutural parcial ou total dessas edificações, em função da ocorrência, em alguns locais pontuais, de cederam as fundações, isto é, recalcarem.

A perícia técnica constatou que não se tratava da deficiência material do *eucalipto* em si, mas a ocorrência de recalque estrutural não-uniforme, fazendo com que o topo de algumas estacas ficasse exposto ao ar, devido ao rebaixamento do lençol freático naquelas regiões ocorrido com o passar dos anos, com a sua conseqüente biodeterização.

Ficou comprovado que, enquanto a estaca permaneceu submersa na água, considerada um ambiente hostil por excelência à madeira, suas propriedades mesmo assim, permaneceram intactas, mas quando expostas, houve a deterioração material, com o conseqüente comprometimento estrutural.

A preservação da madeira, de uma forma abrangente, visa evitar a acumulação de umidade, diminuir a absorção de umidade com a conseqüente ventilação para



favorecer a evacuação da umidade e prover o sistema com medidas de proteção contra ataques de fungos e de insetos, entre outras (NATTERER, 1998).

Um bom preceito a ser empregado é a escolha da madeira e os meios de montagens, conforme as essências (espécies) assim como os materiais apropriados, definindo-os conforme suas propriedades específicas, levando em conta as variações higroscópicas da madeira.

Sempre que possível, deve-se priorizar a utilização de essências que possuam boas propriedades mecânicas e boa estabilidade, compatíveis com os elementos particularmente solicitados. Tendo em vista a escolha de essências resistentes (madeiras provenientes de cerne e medula) para elementos expostos e ainda, a seleção da forma dos elementos de construção, levando em consideração os *cernes anuais*, a *anisotropia* e eventualmente também, as *fibras entrelaçadas* (NATTERER, 1998).

As variações dimensionais previsíveis da madeira no *estado de serviço*, ou seja, em serviço, devem ser calculadas prévia e aproximadamente, para que sejam evitados possíveis comprometimentos estruturais, não previstos no cálculo teórico.

Faz-se necessária a colocação da madeira em obra com teor de umidade, correspondendo ao que será do meio ambiente em serviço, com preocupações em relação à prevenção dos detalhes construtivos e meios de montagens, isso no plano das estruturas, levando-se em conta as variações dimensionais devido à retração e ao aumento do volume da madeira.

Outro fator é a priorização de alocação em obra de materiais auxiliares adequados, capazes de assegurar de forma duradoura e segura suas funções, como por exemplo, meios de montagens metálicos zincados ou inoxidados, cujas cores sejam resistentes e não se alterem com o tempo, colas resistentes e de estanqueidade

eficaz, entre outros. Devem ser evitadas superfícies de extremidades horizontais (de topo) expostas à água, fazendo, se possível, cortes oblíquos ou recobrando essas superfícies, entre outras (NATTERER, 1998).

Quanto à organização da prevenção da madeira, é altamente relevante coordenar etapas da primeira e da segunda transformação, evitando que ela tenha acúmulo de umidade no processo construtivo: transporte, armazenagem e colocação na obra.

Para tal, fazem-se necessárias algumas medidas apropriadas, como estocar a madeira sobre sarrafos (processo de tabicamento) e cobri-las adequadamente, com especial atenção às estruturas.

A umidade derivada do concreto armado, alvenarias ou argamassas deve ser evitada (a princípio esses materiais auxiliares devem estar isentos de umidade); minimizando assim, os riscos da presença de fungos e de bactérias, quando os elementos de madeira são acondicionados por muito tempo em embalagens plásticas impermeáveis, sem ventilação. Para materiais como vigas e madeiras laminadas coladas, o período máximo recomendado é de 08 a 12 horas (NATTERER, 1998).

Algumas medidas práticas e apropriadas, de caráter arquitetônico, devem ser pensadas, já na fase projetual, para proteger a madeira empregada na construção das intempéries e da umidade, objetivando a conservação de suas propriedades e em consequência a sua durabilidade construtiva.

Dentre elas, se destacam algumas recomendações e providências efetuadas no canteiro de obras, para armazenagem dos elementos em madeira de forma adequada, priorizando a ventilação, visando não permitir o desenvolvimento de parasitas devido à umidade elevada.

A criação de condições para que os elementos molhados sequem rapidamente, pela implantação de beirais generosos, considerando-se como avanços mínimos em relação às paredes 80 cm para edificações térreas e 1,20 m para assobradadas com gabarito de até 9,00 (edificações mais altas requerem estudo específico).

O detalhamento do projeto deve prover calhas, rufos, gárgulas (quando possível e necessário), entre outros, para rápido e seguro escoamento das águas pluviais, impedindo assim, que a água penetre nas juntas e ranhuras em madeiras, recobrando-as.

Impedir a formação de poças de água, evitando áreas em nível (água parada), bem como a proteção contra as umidades ascendentes advindas do baldrame, fazendo o revestimento com camada impermeabilizante; protegendo assim, através de acabamentos específicos, a superfície da madeira dos raios UV (ultravioletas) e das variações da temperatura, entre outras.

### 2.1.6.3 Preservação química da madeira

O princípio fundamental é aplicar produtos de preservação química na madeira para combater de forma preventiva fungos e insetos.



Figura 2.25 – Madeira atacada por fungos emboloradores: (a) aspecto macroscópico da superfície embolorada e (b) superfície aplainada (madeira aparentemente sadia, sem manchas). Fonte: IPT (2001)

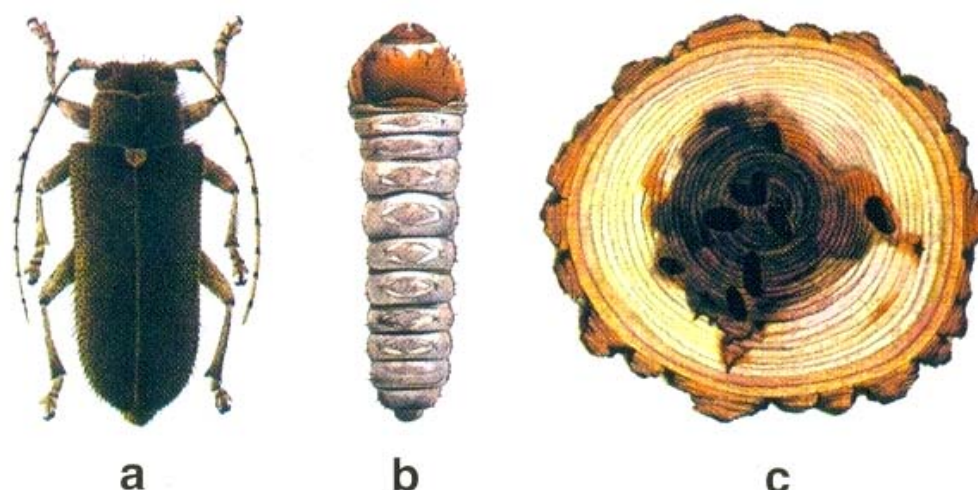


Figura 2.26 –Brocas que atacam árvore recém-abatida. Fonte: IPT (2001)

A madeira, em função de suas múltiplas qualidades, é um dos materiais mais utilizados pelo ser humano, no entanto ela é susceptível à deterioração, de forma mais específica, pela biodeterioração. Entende-se como biodeterioração alterações indesejáveis produzidas pela ação, direta ou indireta, de seres vivos, em materiais utilizados pelo homem, quando essa alteração é benéfica, ela é chamada de biodegradação. Tanto na biodeterioração (indesejável por ser prejudicial ao homem, por exemplo, o ataque de cupins em componentes de madeira de uma edificação), quanto na biodegradação (desejável, por exemplo: a ação de microrganismos sobre resíduos industriais, diminuindo o tempo de permanência no meio ambiente), em ambos os processos, resultam na decomposição do substrato, que é a redução do material dos seus elementos constituintes (IPT, 2001).

Os microorganismos que utilizam a madeira como suas fontes principais de alimento, e por esse motivo podendo causar sérios danos à mesma, são os chamados xilófagos, derivando a palavra do grego *xylon*=madeira; *phagein*=comer. Dentre os organismos xilófagos de maior importância para pesquisa, destacam-se

dois grupos de organismos, a saber: os fungos, no grupo dos microrganismos, e os cupins e as brocas-de-madeira, no grupo de insetos.

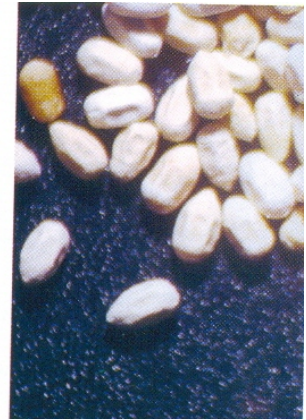
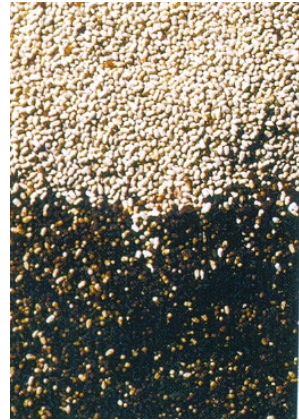


Figura 2.27 - Cupins de madeira - "operários"

Figura 2.28 – Cupins-de-madeira – resíduos (fezes)

Fonte: IPT (2001)

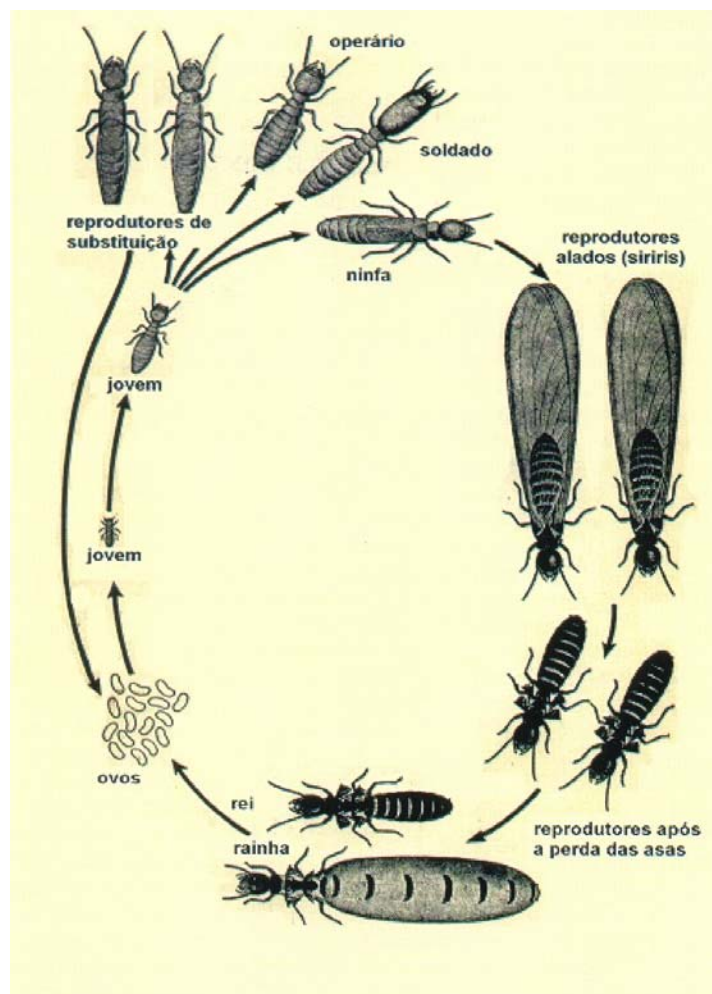


Figura 2.29 – Esquema geral do ciclo de vida dos cupins. Fonte: IPT (2001)



No meio ambiente os fungos são disseminados pelos esporos, os quais podem germinar, em condições convenientes de umidade e temperatura, originando *filamentos* ou *hifas*, que se desenvolvem e se ramificam, constituindo uma estrutura chamada de *micélio*, podendo esse *micélio* originar novas estruturas produtoras de esporos, denominados de corpos-de-frutificação (IPT, 2001).

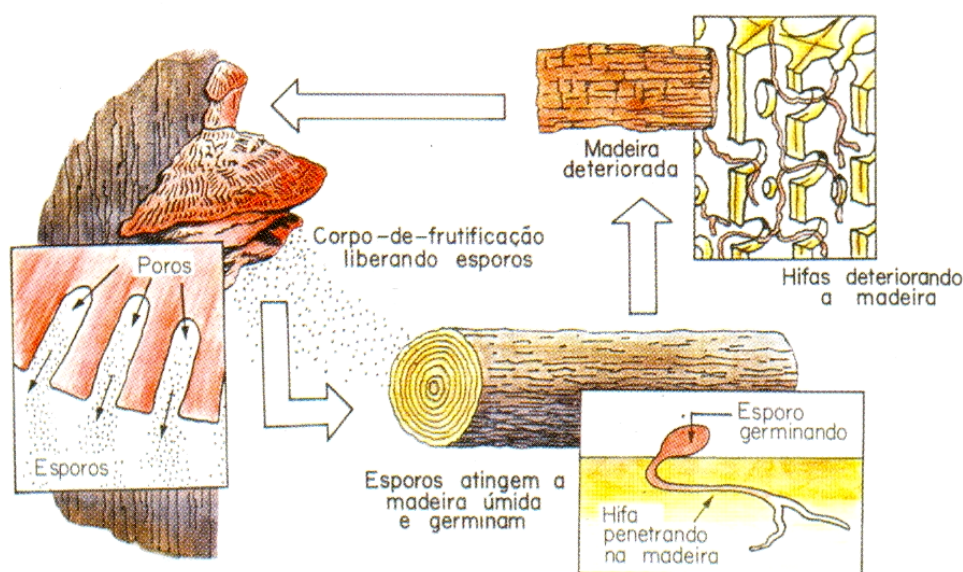


Figura 2.30 - Ciclo de vida de um fungo apodrecedor de madeira. Fonte: IPT (2001).

Em relação aos insetos, particularmente os cupins e as brocas-de madeira, percebe-se os seus ataques à madeira pelo aparecimento de orifício, em torno do qual ou nas extremidades, se acumula uma serragem, chamada de “resíduo” ou “pó-de-broca”, que é originada da escavação feita pelo inseto adulto, ao sair da madeira (IPT, 2001).

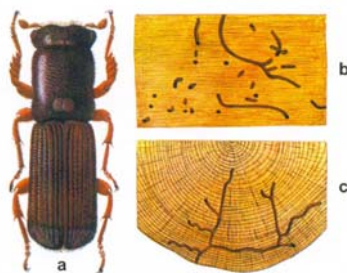


Figura 2.31 – Inseto adulto – madeiras atacadas (a), corte longitudinal e (c) corte transversal. Fonte: IPT (2001)



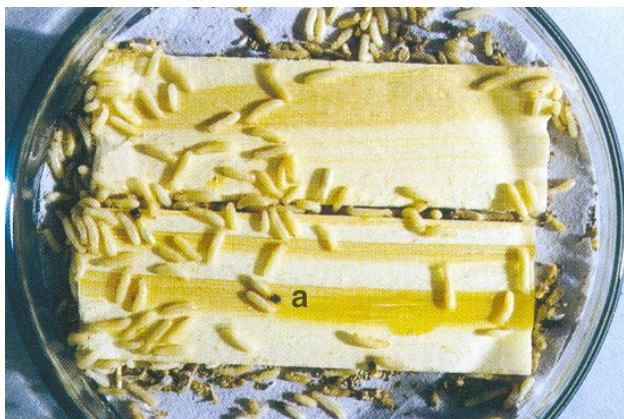


Figura 2.32 – Cupins – de madeira-seca – (a) “soldado”. Fonte: IPT (2001)



Figura 2.33- Cupins-subterrâneos – madeira coberta por “operários”, “soldados” e, no centro, uma “rainha primária”, proveniente de um ninho. Fonte: IPT (2001)

Os produtos usados na preservação química são classificados basicamente pela sua constituição em produtos solúveis em água (essencialmente de sais não-orgânicos), produtos gordurosos (por exemplo, o alcatrão), produtos à base de solventes e as emulsões. Os produtos de preservação utilizados na madeira, em geral, contêm substâncias tóxicas sob forma de agentes biocidas. Na Europa, a norma alemã DIN 68800 (*apud* IPT, 2001), em sua parte 3, estabelece Classes de risco, que permitem avaliar a preservação química necessária, visando minimizar seus efeitos sobre os seres vivos e o meio ambiente, na qual medidas de proteção são definidas e descritas para cada classe de risco. Essa norma estabelece, de forma clara, que somente se adotam medidas de preservação química após estudos criteriosos, tendo sido esgotadas todas as possibilidades de proteção através da aplicação de

medidas arquitetônicas. Está implícito no espírito da norma que a preservação química da madeira é necessária, caso haja “risco de ataque de fungos e insetos”, e somente nesse caso. Um parâmetro relevante adotado para determinar o uso ou não de preservantes químicos é quando de forma correta e segura a umidade da madeira não ultrapasse, por um longo período, a 20%, nesse caso, não há nenhum risco de *infestação fúngica* (invasão de organismo por parasita macroscópico, ou seja, não-microbianos: fungos).

São necessários dois fatores para eliminar o risco dessa infecção, o primeiro aplicar camadas de proteção (tipo verniz e similares) e o segundo manter o percentual da umidade da madeira em torno de 10%. Nos casos em que a madeira não esteja escondida no interior de uma estrutura e, portanto, se possa fazer inspeção no local, pode-se perfeitamente dispensar o emprego da preservação química (NATTERER, 1998).

Os locais mais propícios à *degeneração fúngica* incluem pontos de acumulação de água, como as superfícies horizontais ou pequenos entalhes ou mesmo fendas na madeira.

Em toda essa programática envolvida, alguns fatores merecem especial atenção por parte de projetistas e construtores de edificações, como o pensar e agir, tendo em vista: a saúde e a ecologia, as emanações de substâncias ativas e os solventes, bem como as reações químicas possíveis entre produtos de preservação da madeira e materiais utilizados para ligações.

#### **2.1.6.4 Preservação biológica da madeira**

O princípio que rege a preservação biológica da madeira, no sentido estrito da palavra, repousa sobre a ação dos *inimigos naturais* ou dos *feromônios*, em

contrapartida, no que se refere a *bio-construção*, devem ser tomadas medidas ou precauções, que não apresentem nenhum risco à saúde (NATTERER, 1998).

Os *inimigos naturais* são organismos do ecossistema, que regulam de forma natural a redução da população de organismos prejudiciais ao equilíbrio desse sistema. Todavia, esse equilíbrio ecológico é comprometido pela participação não-responsável do homem nesse ecossistema, daí a necessidade do *controle biológico* (ou *biocontrole*), caracterizado pelo uso deliberado de organismos benéficos (agentes) contra organismos prejudiciais (alvos). Trata-se de uma disseminação de *inimigos naturais* contra pragas ou ervas daninhas específicas, como: insetos, bactérias, vírus, protozoários, fungos nematóides, ácaros, insetos e até mesmo sapos, entre outros<sup>2</sup>.

Os *feromônios* são definidos como substâncias liberadas por insetos e ácaros e, mais amplamente, pelos animais, as quais exercem influência sobre indivíduos da mesma espécie, sendo um termo originário do grego e etimologicamente tem o seguinte significado: *pherein* = carregar e *horman* = excitar, estimular, ou seja, substâncias que produzem ou carregam uma excitação ou estímulo<sup>3</sup>.

No caso específico das formigas, essa substância é produzida pelas suas glândulas, que só elas podem sentir, traduz-se em um sinal químico específico, que comporta, em si, uma série de informações. As formigas utilizam-se dessas informações para saberem a respeito de sua espécie, a classe social, que pertencem, prestando-se também a marcar o seu percurso, detectar a presença ou não de nutrientes, possíveis perigos, entre outros.

---

<sup>2</sup> Informação disponibilizada em: <http://www.pt.org.br/assessor/agroecologia.doc>. Acesso em 28/02/06.

<sup>3</sup> Informação disponibilizada em: <http://www.artezia.ne/animaux/fourmis.htm>. Acesso em 28/02/06.

Na prática, se incorporam produtos à base de *feromônios* à dieta artificial de predadores de pragas de reflorestamentos.

No que se refere à *bio-construção*, deve-se pensar primeiro no conceito de *habitação e ecológico*, que traduz a visão de uma habitação que privilegia a preservação da saúde dos habitantes, e ao mesmo tempo participa da proteção do meio ambiente. O conceito de *bio-construção* leva em consideração alguns fatores, a saber, o reconhecimento e análise do solo em que o artefato arquitetônico será construído, a arquitetura da obra adaptada à necessidade do cliente, a utilização de materiais fornecidos pela natureza e sem perigo para a saúde.

Esses materiais podem ser colocados em obra de maneira artesanal, mas impregnada com técnicas modernas, com a utilização eficaz de todos os recursos naturais, com o emprego de energias renováveis e duráveis e a gestão dos resíduos no canteiro de obras e daqueles gerados pela vida no seio da habitação.

Há que se diferenciar os conceitos de *construção sustentável* e *bio-construção* ou *construção ecológica* ou *natural*, esta permite a integração entre homem e natureza, com um mínimo de alteração e impactos sobre o meio ambiente. Já a *construção sustentável* é produto da moderna sociedade tecnológica, utilizando ou não materiais naturais e produtos provenientes da reciclagem de resíduos gerados pelo próprio modo de vida e de seus habitantes<sup>4</sup>.

#### **2.1.6.5. Controle da biodeterioração das madeiras**

O controle da biodeterioração pode ser entendido como a adoção de medidas preventivas e curativas, enquanto tratado sob o enfoque teórico.

---

<sup>4</sup> Informação disponibilizada em:< [www.idhea.com.br](http://www.idhea.com.br)>. Acesso em 28/02/06.

Todavia, *grosso modo*, essas medidas na prática acabam por se confundir, pois quando um processo de biodeterioração se encontra em andamento, em geral, ambas são simultaneamente adotadas (IPT, 2001).

Adotam-se algumas medidas preventivas tradicionalmente empregadas na construção civil, quando se utiliza o material madeira. Destaca-se entre elas escolha das madeiras, controle de suas qualidades *in natura*, tratamento preservante da madeira e tratamento químico do solo, entre outras.

A escolha das madeiras é um dos itens mais relevantes do projeto arquitetônico, o procedimento de escolha é baseada em norma europeia que designa genericamente as *Classes de risco*, ou seja, a maior ou menor probabilidade da madeira ser atacada por um ou mais grupos de organismos deterioradores, segundo as condições de sua utilização (IPT, 2001).

Classes de risco						
Classe	Local e condições de uso	Exposição à umidade	Agentes biológicos			
			Fungos	Brocas	Cupins	Perfuradores marinhos
1	Acima do solo (coberto e seco)	Nenhuma	Não	Sim	Sim	Não
2	Acima do solo (coberto com riscos de umidade)	Ocasional	Sim	Sim	Sim	Não
3	Acima do solo (não coberto)	Freqüente	Sim	Sim	Sim	Não
4	Em contato com solo ou água doce	Permanente	Sim	Sim	Sim	Não
5	Em contato com água salgada	Permanente	Sim	Sim	Sim	Sim

Figura 2.34 – Tabela de Classes de risco baseada em norma europeia – grupos de organismos xilófagos, que podem atacar a madeira, conforme o local e as condições em que ela é empregada. Fonte: IPT (2001)



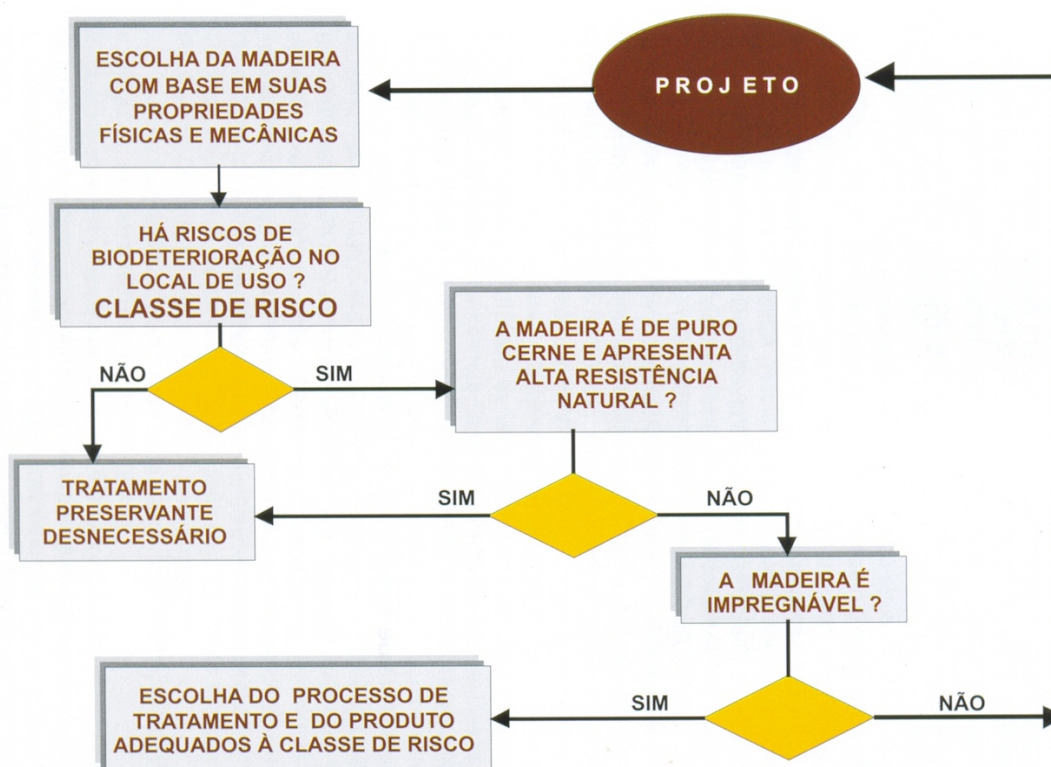


Figura 2.35 – Fluxograma que mostra as principais decisões a serem tomadas quando da utilização de madeira em edificações, montado com base nas normas européias de Classes de risco. Fonte: IPT (2001)

Escolhidas as madeiras a serem empregadas na obra, é necessário controlar a sua qualidade *in natura*, ou seja, certificar-se que essas madeiras, assim como suas condições (que incluem dimensões, aparência e teor de umidade) são de fato as especificadas (IPT, 2001).

Localidade	Faixa de variação recomendada do teor de umidade para peças de madeira em uso interno (%)
Belém (PA)	16,6 - 20,6
Belo Horizonte (MG)	11,8 - 15,8
Brasília (DF)	10,3 - 14,3
Curitiba (PR)	14,8 - 18,8
Cuiabá (MT)	11,9 - 15,9
Fortaleza (CE)	12,8 - 16,8
Goiânia (GO)	11,1 - 15,1
Manaus (AM)	15,2 - 19,2
Porto Alegre (RS)	13,0 - 17,0
Recife (PE)	13,5 - 17,5
Rio de Janeiro (RJ)	13,4 - 17,4
Salvador (BA)	14,0 - 18,0
São Paulo (SP)	11,0 - 15,0

Figura 2.36 – Teor de umidade nas principais capitais brasileiras. Fonte: IPT (2001)



Após a escolha das madeiras é necessário tratá-la ou preservá-la, isto é, proporcionar o aumento da sua resistência aos organismos deterioradores, pela aplicação de preservantes químicos.

Os preservantes de madeira podem ser classificados em três grupos: *oleosos*, que são produtos basicamente representados pelos derivados do alcatrão de hulha, os *oleossolúveis*, produtos que contêm misturas complexas de agentes fungicidas e/ou inseticidas, à base de compostos de natureza orgânica e/ou organometálica e os *hidrossolúveis*, produtos que contêm em sua composição misturas mais ou menos complexas de sais metálicos (IPT, 2001).

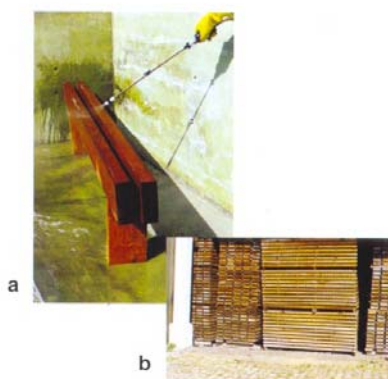


Figura 2.37 – Processo de aspersão



Figura 2.38 – Processo de pincelamento  
Fonte: IPT (2001)

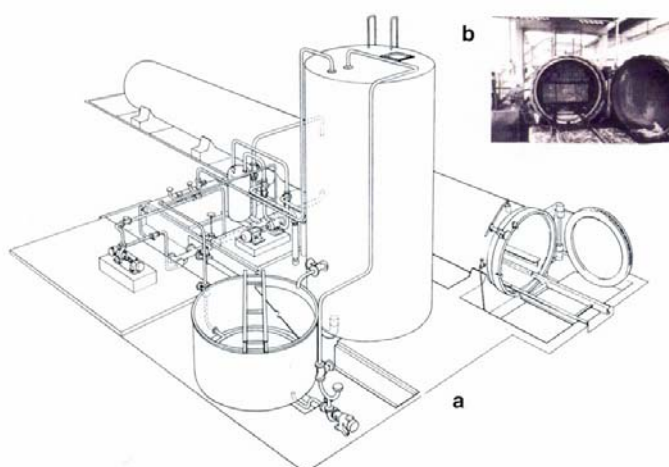


Figura 2.39 – Usina de tratamento de madeira: layout de uma usina convencional para tratamento com preservante hidrossolúvel e (b) detalhe de uma autoclave carregada com madeira serrada. Fonte: IPT (2001)

O tratamento preventivo do solo nas áreas da edificação, apesar de ser um procedimento usual, atualmente, é bastante questionável, sob o ponto de vista de contaminação ambiental. Esse tratamento químico do solo visa criar uma barreira química contra infestações de cupins-subterrâneos, mas com severas preocupações em relação ao risco de contaminação de qualquer curso de água superficial ou lençol freático (IPT, 2001).

O tratamento químico de solo ao longo de uma parede externa de edificação, se processa em geral, pela forma explicitada pelas Figuras 1.40 a 1.43 abaixo



Figura 2.40 – Abertura de valeta  
Fonte: IPT (2001)



Figura 2.41 – perfuração



Figura 2.42 – aplicação do produto inseticida  
Fonte: IPT (2001)



Figura 2.43 – aplicação do inseticida



Em relação às medidas curativas, enquanto entendidas como tratamentos curativos, são procedimentos que visam interromper a ação de um organismo deteriorador em uma peça de madeira, utilizando produtos *biocidas*, com ou sem ação residual, aplicados na forma de gases tóxicos, de pó ou de soluções inseticidas/fungicidas. Essas soluções são preparadas com solvente orgânico e não com água, considerando-se que a madeira esteja seca, a fim de promover maior penetração do produto, evitando assim a sua reumificação (IPT, 2001).



Figura 2.44 – Expurgo ou fumigação com gás tóxico em peça de madeira. Fonte: IPT (2001)



Figura 2.45 – Tratamento com solução inseticida, utilizando seringa hipodérmica. Fonte: IPT (2001)



Figura 2.46 – Tratamento por injeção



Figura 2.47 – Tratamento por aspersão  
Fonte: IPT (2001)

## 2.2 Madeira - sua capacidade portante: sistemas estruturais

### Generalidades

Nas últimas décadas houve uma tomada de consciência ecológica de forma bastante consistente. No entanto, essa nova postura, pela própria complexidade dos problemas envolvidos, não foi acompanhada por um compatível aumento de investimentos em florestas, a fim de suportar os custos, nada desprezíveis, de suas manutenções.

A solução do problema passa, na maior parte dos casos, por uma gestão inteligente das florestas, ou seja, por uma exploração centrada em valores agregados, caracterizada pela evolução tecnológica, que faz progredir o material madeira, e que permite uma melhor utilização de todo o seu potencial, notadamente no que se refere às estruturas.

De relevância, para que a madeira seja permeada por essas possibilidades enquanto tratada como material portante, é que a concepção projetual privilegie as estruturas de qualidade de tal maneira que o projeto arquitetônico se mostre economicamente atraente.

Para se colocar à altura das exigências atuais, tanto no que se refere à função, quanto à forma, esse projeto deve se apoiar em uma estratégia de construção apuradamente calculada, resultando em desenvolvimentos tecnológicos novos e singulares, baseados em modelos científicos e teóricos. Esse desenvolvimento deve atender ao aprofundamento da pesquisa e por uma responsável abordagem teórica no ensino dessa disciplina tão relevante (NATTERER, 1998).

As estruturas em madeira são modelos complexos, que participam de forma ativa na transmissão de cargas. Presta-se como elemento construtivo preponderante em inúmeras atividades, tais como casas, coberturas, edifícios em geral, ginásios,



pontes, torres, assim como barcos, aviões, máquinas, meios de transporte em geral, entre outros.

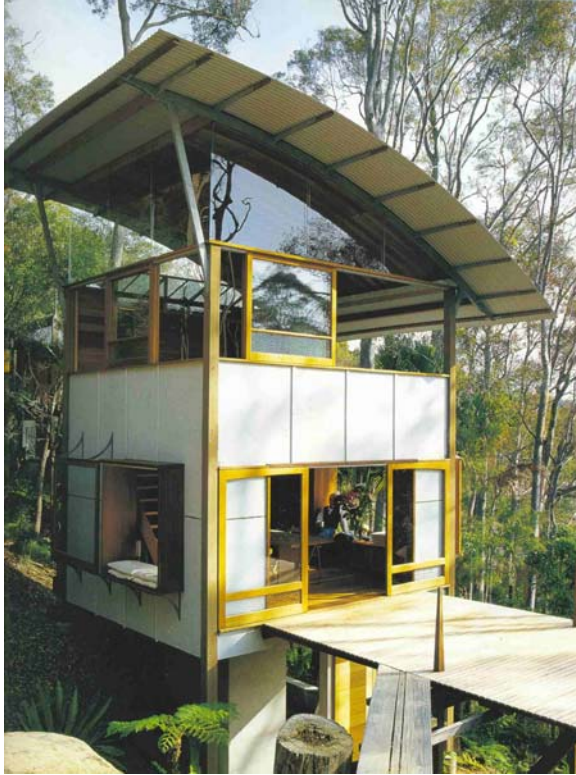


Figura 2.48 – *The Israel House*. Fonte: Stungo (1998)

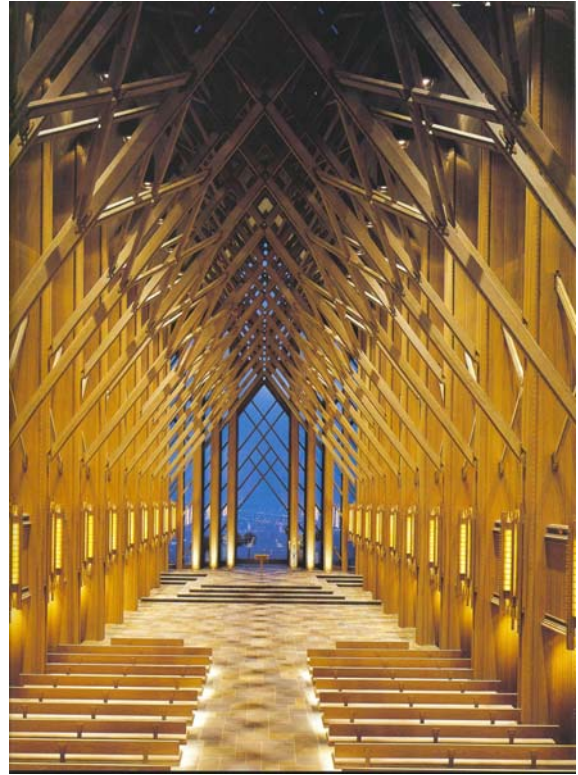


Figura 2.49 – *Skyrose Chapel*. Fonte: Stungo (1998)



Figura 2.50 - *Olympic Hall*

Fonte: Stungo (1998)

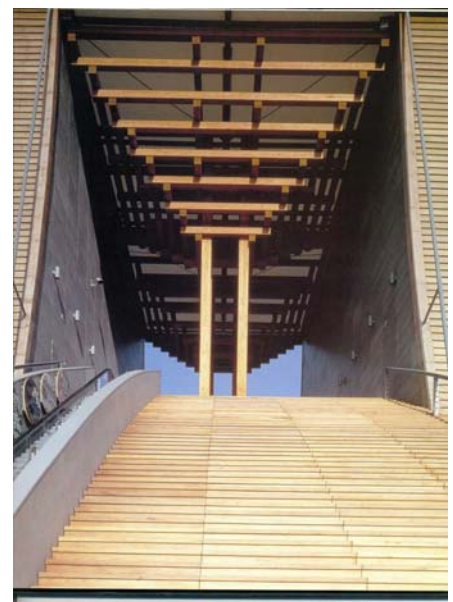


Figura 2.51 – *Japanese Pavilion at Expo` 92*



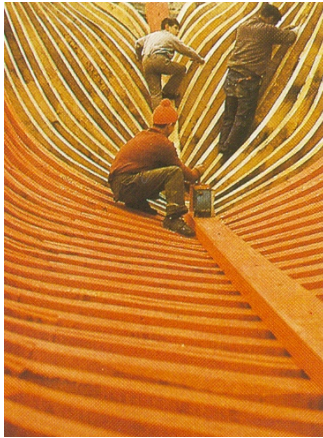


Figura 2.52– Barco em madeira



Figura 2.53 – Ponte sobre o Rio Simme, Suíça



Figura 2.54 – Treno de cães, 1982



Figura 2.55 – Bicicleta de três rodas, 1869

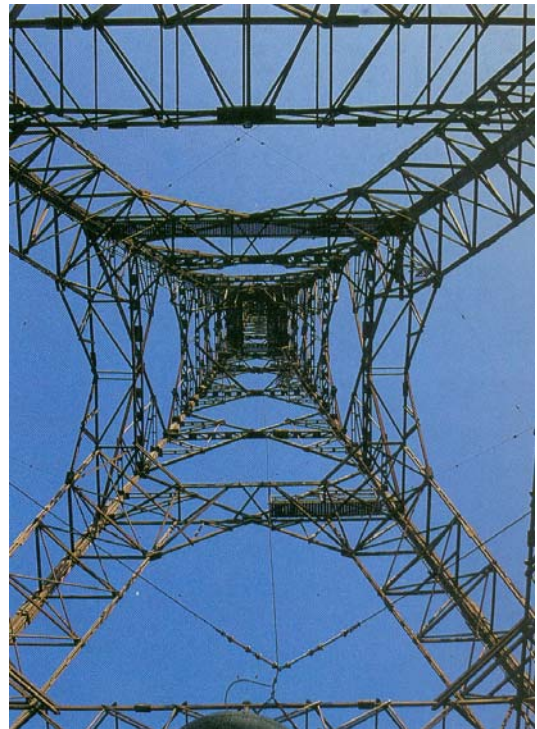
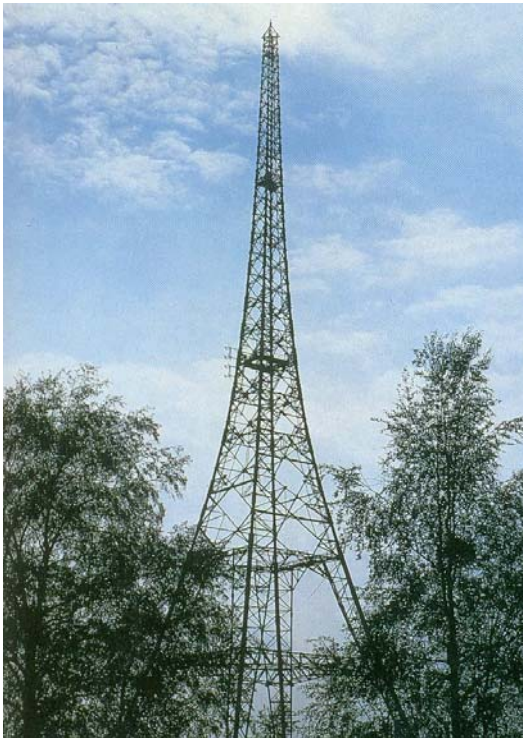


Figura 2.56 - Torre de telecomunicações, em Haute-Bavière, Suíça, 1932  
Fonte: Stungo (1998)



As *ações*, enquanto entendidas como causas que provocam o aparecimento de esforços ou deformações nas estruturas, desempenham um papel preponderante, pois as forças que atuam no sistema estrutural são consideradas como *ações diretas* e as deformações impostas, como *indiretas*. As *ações* podem ser distinguidas em três tipos: 1) *ações permanentes*, cuja ocorrência implica em valores constantes ou de pequena variação em torno de sua média, praticamente durante a vida da edificação; 2) *ações variáveis*, que ocorrem com valores cuja variação é significativa durante a vida da edificação e 3) *ações excepcionais*, com duração extremamente curta e baixa probabilidade de ocorrência durante a vida útil da edificação, mas que devem ser consideradas no projeto de determinadas estruturas (NBR 7190, 1997).

As *ações* nas estruturas em madeira mais usuais, que podem interagir no sistema em casos especiais, dividem-se em carga permanente, cargas acidentais, impacto vertical, impacto lateral, forças longitudinais, força centrípeta e vento, entre outras.

Nessa abordagem, destaca-se a aplicação das chamadas cargas úteis, as sobrecargas de utilização e as cargas devidas ao vento, que se revestem de um significado peculiar no contexto da estabilidade de uma obra.

O caminho da abordagem tecnológica de um projeto de construção tem, em geral, duas mãos de direção: uma, sob a responsabilidade do arquiteto, que estabelece as partes formal e funcional e a outra, a do engenheiro, que verifica a segurança e a eficácia de serviço de uma obra, para um período de tempo dado, a partir de modelos estáticos aplicáveis a essas condicionantes.

Afere-se a qualidade de uma construção em madeira, primordialmente na escolha dos materiais, na técnica de montagem, na concepção das estruturas, bem como nas suas formas e em seus detalhes de configuração espacial.

Nesse universo complexo de definições, desde o início do projeto faz-se necessária a interação de diversos profissionais como arquiteto, engenheiro (de cálculo estrutural e cálculos complementares: hidráulica e elétrica), arquiteto paisagista, engenheiro geotécnico, biólogo, entre outros, para que uma construção em madeira seja considerada ecologicamente correta.

Os critérios de qualidade de uma construção em madeira se medem fundamentalmente pela seleção dos materiais postos em obra, pela técnica das ligações e pela concepção das estruturas de suas formas e de seus detalhes de configuração.

Já no início de todo o processo é relevante a participação conjunta entre arquiteto e engenheiro, para que uma obra possa ser considerada economicamente interessante. Em outras palavras, pode existir uma relação ótima entre materiais postos em obra, ambições arquitetônicas e exigências funcionais e estruturais, levando-se em conta os custos da construção.

Segundo Natterer (1998), a relação entre essas exigências e os custos envolvidos na construção é definida como Rentabilidade de uma construção ( $R$ ) e expressa pela fórmula:

$$R = \frac{\textit{exigências}}{\textit{custos}}$$

Para o arquiteto, a qualidade reside na essência de uma idéia formal materializada por uma obra, na qual as estruturas em madeira, tais como concebidas, são expressões arquitetônicas.

As estruturas em madeira, pela sua especificidade de total independência em relação aos elementos de fechamento, inserem-se de forma precisa e rigorosa no conceito de Lúcio Costa, quando acentua que "(...) satisfeitas as proporções do

conjunto, e as relações entre as partes e o todo - se concentra nisto que constitui propriamente a expressão do edifício: o jogo dos cheios e vazios” (COSTA, 1962).

Já para o engenheiro, as estruturas em madeira são elaboradas a partir de um grande número de sistemas estáticos, os quais combinados com forma, meios de montagem e determinada técnica de fabricação, remete a variações do tema, quase que ilimitadas.

Em um sistema portante global atuando no espaço, a estrutura em madeira deve poder suportar todas as cargas previsíveis, que possam interagir com o sistema proposto.

Essa estrutura deve equilibrar, de forma quase que absoluta, as heterogeneidades ligadas às características dos materiais e às hipóteses de carga, garantindo assim, por um longo tempo, podendo chegar a várias décadas, segurança e eficácia de serviço.

Considera-se no Brasil, para a “Entrega de obra”, em que o cliente dá ciência do recebimento da mesma concluída em condições de habitabilidade: seis meses para reparos dos chamados defeitos ocultos, cinco anos para prumadas elétricas e hidráulicas e até 20 anos para a estabilidade estrutural.

A qualidade de uma construção em madeira é medida pelo consumo dos materiais, que pode ser reduzido quando são tomadas algumas medidas privilegiando, entre outras, as tensões dos esforços normais (esforços de compressão e tração), assim como reduzindo as fortes pressões devidas aos momentos fletores, impedindo na medida do possível, esforços excêntricos e de torção; evitando as trações transversais devidas à carga e a retração do material.

Para uma boa qualidade de construção em madeira considera-se como parâmetro a relação entre a área útil de construção e a quantidade de madeira gasta na obra, quanto maior esse coeficiente, melhor a qualidade <sup>5</sup>.

### **2.2.1. Idéias básicas sobre a concepção de um sistema estrutural em madeira**

Para a concepção de um sistema estrutural em madeira, existe uma abordagem metodológica aplicada, de certa forma, habitualmente. Ela engloba o projeto e a execução do artefato arquitetônico, que estabelece informalmente as atribuições do arquiteto e do engenheiro, atores principais nesse processo, sem, contudo, esquecer da participação do mestre de obras na execução da empreitada.

Essa interação deve ter início na concepção projetual e estender-se ao longo de toda obra da mesma forma, entendida assim a rentabilidade da construção.

Em relação ao arquiteto podem ser destacadas algumas atribuições, entre as quais a escolha, quando possível, do sítio; o levantamento das necessidades programáticas; a definição do trabalho, com disposição dos volumes, as tensões ligadas à função e as prescrições aplicáveis ao projeto.

Além disso, acrescenta-se às atribuições do arquiteto a elaboração do projeto, levando em conta a função, os aspectos energéticos, a forma arquitetônica e a intenção estética; a coordenação de todos os projetos, com o envolvimento dos demais profissionais.

Estes também são atores dentro de uma obra, cujas opiniões devem ser levadas em consideração para a tomada final de decisões; assim como o detalhamento do projeto, as proposições e escolha da geometria da obra.

---

<sup>5</sup> Informação pessoal disponibilizada pelo Arquiteto e Professor Arnaldo Martino em seu escritório, em maio de 2005.

Outros fatores que fazem parte do escopo do arquiteto são a apresentação do projeto com todas as necessidades resolvidas para sua execução e envio aos órgãos competentes; o planejamento dos diferentes trabalhos de todos os participantes do projeto; a preparação do processo dos orçamentos, os memoriais descritivos; o exame e a avaliação das propostas recebidas; a negociação com os empreiteiros e a colaboração nas concorrências.

Quanto às atribuições do engenheiro, entre outras, podem ser selecionadas as seguintes: definição de trabalho, determinação das tensões impostas às estruturas, hipóteses de cargas - situação que diz respeito às fundações, plano de utilização das cargas e outras ações sobre as estruturas portantes, e concepção das estruturas portantes.

A concepção da segurança, de acordo com as prescrições aplicáveis ao projeto, também é atribuição do engenheiro, ao lado de proposições para a geometria da obra e para a escolha dos materiais, avaliação dos custos das estruturas, escolha das estruturas e seu cálculo estático estimado, indicação das principais dimensões das estruturas e de seus elementos, proposições para o detalhamento do projeto estrutural, descrição das estruturas e cálculo dos custos, assim como a participação nas negociações; a indicação de preferência para os empreiteiros de estruturas; revisão do cálculo estático; plano de montagem; plano de execução para as estruturas e seus detalhes; plano de fôrmas, cimbramentos e tempos de cura (em estruturas de concreto armado); lista de peças; cotação das estruturas, aí compreendidos os meios de montagem; memorial descritivo das estruturas.

Essa metodologia não é tão rígida a ponto de que não permitir variações do tema, ou seja, arquiteto e engenheiro poderem interagir de forma produtiva nas diferentes fases projetuais de uma obra, obedecidas as posturas regulamentares.



A esse respeito, o Arquiteto Lúcio Costa, referindo-se a expressão plástica ou a forma plástica do conjunto, e conseqüentemente o seu rebatimento no que vem a ser, segundo ele, a verdadeira Arquitetura, acentua de forma poética que

Enquanto satisfaz apenas às exigências técnicas e funcionais não é ainda Arquitetura; (...) ... aquele que a ideou, pára e hesita, ante a simples escolha de pilar ou da relação entre altura e largura de um vão, e se detém na procura obstinada da justa medida entre **cheios e vazios**, na fixação dos volumes e subordinação deles a uma lei, e se demora atento ao jogo dos materiais e seu valor expressivo – quando tudo isto vai pouco a pouco somando, obedecendo aos mais severos preceitos técnicos e funcionais, mas também, àquela intenção superior que seleciona, coordena e orienta em determinado sentido toda essa massa confusa e contraditória de detalhes, transmitindo assim ao conjunto, ritmo, expressão, unidade e clareza – o que confere à obra o seu caráter de permanência: isto sim – é **Arquitetura**” (COSTA, 1962, p80-81)

e, continuando, conclui:

É o motivo por que não se pode **fazer** o arquiteto – como não se fazem o músico e o poeta – mas, simplesmente, educá-lo, e o motivo, ainda, por que tantas obras importantes – dia a dia elas têm início em todo o País – não tem, nem terão jamais, maior significação. O que é tanto mais de lastimar quanto mais perfeitas elas se apresentam sob os demais aspectos. Faltou ao **responsável** o necessário **fôlego**, aquela força criadora que se adivinha, não em determinados pontos da obras, mas distribuídas em todas as suas partes – aquilo enfim, que só o arquiteto pode, consciente ou inconscientemente, transmitir. E quando dizemos **arquiteto** não nos referimos ao diplomado – mas àquele que nasceu **assim** (Idem, ibidem).

Destaca-se a relevância do arquiteto ter, também, uma forte formação estrutural e o engenheiro noções projetuais arquitetônicas, pois só dessa forma haverá uma total interação entre disciplinas, que se relacionam ao projeto e à execução da obra, podendo se complementar, de forma a mais abrangente possível.

O Arquiteto e Professor, expoente da Arquitetura paulista e brasileira, um dos fundadores do Instituto de Arquitetos do Brasil/São Paulo (IAB/SP) em fins de 1944, nascido no Paraná, paulista por opção, formado pela Escola de Engenharia Civil da Universidade de São Paulo, no curso de Arquitetura, reconhecido internacionalmente, agraciado com o prêmio *August Perret*, no Congresso Internacional de Arquitetura (UIA), no Cairo: João Batista Vilanova Artigas, ou Vilanova Artigas como ele preferia, sintetizou a figura paradigmática dessas posturas projetual e construtiva. Artigas exprime com muita propriedade o que pode ser entendido como ser arquiteto enquanto engenheiro.

Escreve em 1943, comentando sobre o cálculo estrutural sobre vigas-balcões para a residência *Casa Rio Branco Paranhos* (1943), desenvolvido através do teorema de Langendonk (do emérito Professor e Engenheiro Civil Telêmaco Langendonk da Poli/USP): “Nessa época eu era um arquiteto meio vitruviano: calculava minhas próprias obras e passava sábados e domingos inteiros a ver de que maneira era possível fazer balanços desse tipo com telhados de madeira, a partir da tradição brasileira de construção de telhados” (ARTIGAS, 1997).

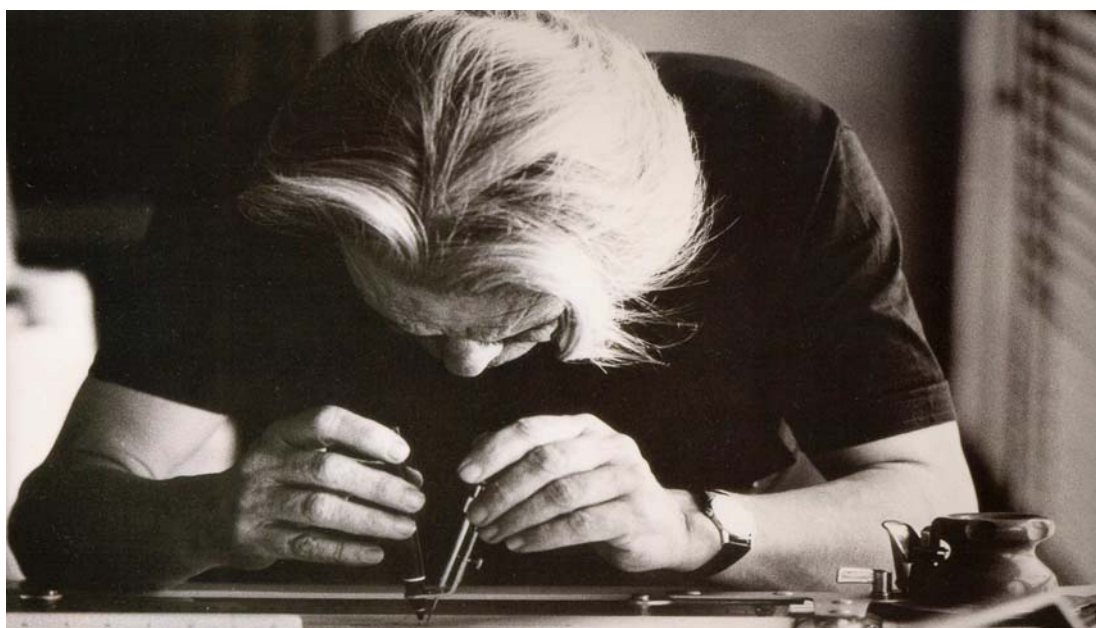


Figura 2.57 – Vilanova Artigas em seu atelier, no prédio do IAB/SP. Fonte: Artigas (1997)

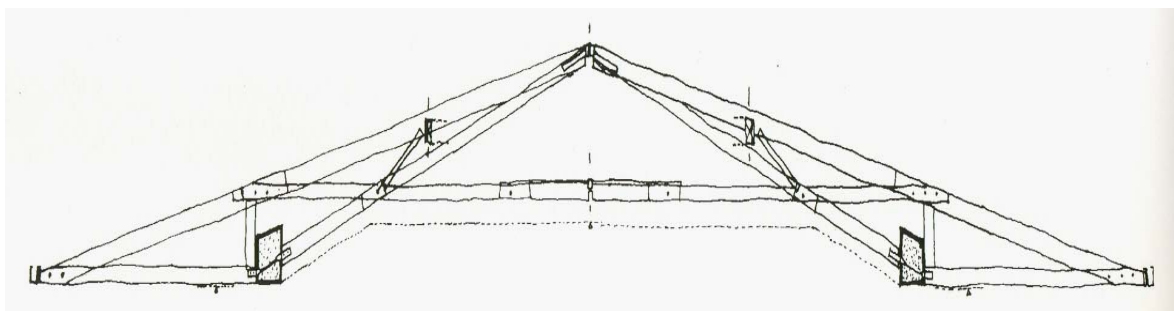


Figura 2.58 – Estrutura de madeira de cobertura, obra: *Casa Rio Branco Paranhos*. Fonte: Artigas (1997)



Figura 2.59 – *Casa Rio Branco Paranhos*, 1943. Fonte: Artigas (1997)

Essa sistematização abordada, portanto, trata de um volume construído e seu sistema portante, ou seja, da interatividade entre engenheiro e arquiteto. O primeiro se interessa essencialmente pelas estruturas, enquanto que para o segundo, o trabalho compreende o conjunto da realização.

Ambos compartilham um objetivo comum, devendo entender-se a respeito de *princípios* e de *tensões*, que permeiam o projeto, debatendo o conjunto das escolhas que norteiam suas decisões.

Possíveis questões são tratadas por esses dois atores, à medida que as etapas do trabalho vão sendo desenvolvidas.

Em um universo de opções projetuais, que podem vir a ser foco de possíveis discussões, algumas merecem atenção especial, entre elas a função, a geometria da

obra, a estrutura, a configuração espacial, os compartimentos, as ligações e as tubulações.

Nesse contexto de decisões está também inserida a opção por um sistema portante aparente ou não, sendo que a escolha correta da solução mais adequada trará como consequência a execução, da qual se mede as qualidades de uso, a durabilidade e a estética da obra.

A liberdade projetual total, à qual o arquiteto tanto almeja, considerando-se os dias atuais, pode em muitos casos ser um mito. De uma forma geral são obrigações inerentes ao arquiteto pensar soluções arquitetônicas criativas, com intenção plástica, com preocupações ecológicas, de custo adequado e que se insiram no entorno de forma natural, causando um mínimo impacto ambiental.

Dentre essas obrigações destacam-se proteção contra incêndio, proteção acústica, sujeição às normas da vizinhança; número de pavimentos, volumes a construir, superfície possível de ser construída, alinhamento, materiais empregados, aspecto ecológico, entre outras.

Faz-se necessário levar em consideração também os direitos dos indivíduos e da coletividade, pois essas entidades detêm direitos e têm consciência de seu valor em todo o processo desenvolvido, atuando na maioria das vezes, de forma positiva e como um moderador, sobre a organização do lugar e da paisagem.

A implantação de uma obra determina de forma consistente seu aspecto exterior, como por exemplo alturas das fachadas, inclinação do telhado, materiais escolhidos para revestir a cobertura ou as paredes.

Essas são, em realidade, *diretrizes* que permeiam e determinam o projeto de Arquitetura, às quais se juntam as proteções dos monumentos e da paisagem, bem como da topografia, onde é necessário que se façam integrar lote, acesso,

topografia, exposição, visibilidade, meio ambiente, geologia entre outras (NATTERER, 1998).

Ainda outros aspectos, ligados ao lugar no qual uma obra é implantada, podem ser citados, a saber, a utilização da radiação solar, a proteção contra as ações climáticas e a orientação solar.

Ao engenheiro cabe ter em conta as condições climáticas dadas, para poder calcular as cargas devido à neve (quando houver) e ao vento, dimensionando as estruturas em função dos abalos sísmicos (em áreas de possíveis ocorrências), como também as condições do sol, que determinam as fundações possíveis e a dimensão dos elementos.

Conforme a atividade da destinação de uma construção, ou seja, sua utilização, é interessante que, de pronto, as exigências particulares de funcionamento sejam claramente definidas.

A iluminação natural também inspira as formas, sendo que um ponto de fundamental relevância no projeto em madeira, é a total satisfação das exigências contra fogo, que devem ser estabelecidas, as mais urgentes possíveis, assim como os gabaritos, a iluminação, a distribuição das funções e a divisão do espaço, entre outras.



Figura 2.60 – Integração da geometria do sistema portante e da claridade natural

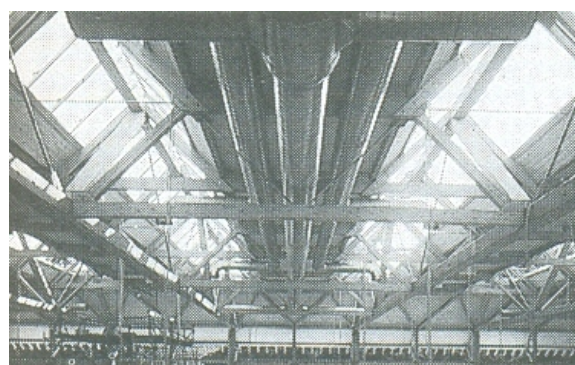


Figura 2.61 – Integração do sistema portante, da claridade e das instalações técnicas

Fonte: Natterer (1998)



Em uma obra contemporânea, as instalações técnicas cada vez mais ocupam lugar de destaque, e suas exigências crescem na razão direta dos avanços tecnológicos afins. Assim, já no nível de anteprojeto, é preciso prevê-las.

Inserem-se, também, como exemplos dessas instalações técnicas as necessidades de aquecimento e de aeração, os equipamentos elétricos e sanitários, as divisões de compartimentos e iluminação, tudo isso mesclado com a opinião de especialistas nas áreas envolvidas, bem como a aeração, o aquecimento, a iluminação, a acústica, a alimentação de água, a eliminação de águas servidas, a exaustão vertical (natural e mecânica).



Figura 2.62–Sistema de iluminação natural e artificial e de ar condicionado. Fonte: Stungo (1998)

Através de um plano de utilização, existe a possibilidade de serem avaliadas, em uma primeira fase de projeto, as cargas aplicadas e suas ações sobre o sistema portante, da mesma forma que os valores limites das sobrecargas de utilização, as cargas devidas às instalações técnicas, às passagens destinadas às tubulações.

Essas cargas distinguem-se em cargas próprias, cargas devidas ao vento, sobrecargas de utilização, cargas de suspensão, cargas de empilhamento,

tubulações em geral, cargas devido a choques, aos abalos sísmicos e a temperatura (NATTERER, 1998).

Destacam-se, também nessa avaliação, as cargas devido ao vento ou à neve (incidência predominantemente em países de clima temperado, apesar de, com mínima freqüência, ocorrerem também casos isolados na região sul do Brasil, notadamente em Santa Catarina), aos fenômenos sísmicos, entre outros, que podem influir diretamente sobre a escolha de um sistema portante.



Figura 2.63 – Grande volume construído em composição com outros volumes menores. Fonte: Natterer (1998)

As idéias essenciais, sobre as quais se fundamenta a construção como pensada e concebida, são formuladas nos estágios de representação gráfica do anteprojeto e do projeto e vão compor a evolução formal do sistema portante, registrando diferentes possibilidades projetuais.



Figura 2.64 – Cobertura de duas águas com aeração e claridade



Figura 2.65 – Estrutura “plissada”, disposta em raios sobre um espaço central sem apoio

Fonte: Natterer (1998)

O arquiteto define para a sua construção um modelo e um estilo, através da satisfação das necessidades programáticas, compondo um partido arquitetônico, sendo que esses documentos posteriormente são encaminhados ao engenheiro, que deve apresentar um sistema portante compatível e realizável.

Para isso, deve ter-se em conta o modelo arquitetônico, base do anteprojeto, a fim de desenvolver estruturas que levem em consideração não somente as exigências estáticas, mas também fatores funcionais ligados ao sítio.

O engenheiro deve propor um número consistente de sistemas possíveis, que ajudem a materializar a idéia do projeto, satisfazendo os inúmeros imperativos técnicos e econômicos.

Por sua parte, o arquiteto deve compreender o comportamento dos sistemas portantes, traduzido em forma de construção os sistemas estáticos, que ele submete ao engenheiro, sob a forma de esboços.

Assim que a forma estática se coloque compatível com a construção, passa-se ao estágio seguinte, que é a escolha dos materiais e dos meios de ligação.

Faz-se oportuno, já no início dos trabalhos, pensar-se em inúmeras variantes de sistemas portantes e confrontá-las com os diferentes critérios contidos dentro dos projetos do engenheiro e do arquiteto, para assegurar a qualidade desse projeto no seu conjunto.

Uma das características marcantes da construção em madeira é que ela permite a resolução de articular o volume da construção em direção ao interior e ao exterior, com uma estrutura deixada aparente, caracterizando-se essa fase como o desenvolvimento estrutural das formas de volumes construídos (NATTERER, 1998).

O objetivo dessa decisão é que o sistema portante, corretamente executado, não deve ser escondido por razões estéticas ou térmicas. Trata-se de uma abordagem



deveras relevante do ponto de vista da Arquitetura, sob o aspecto da estética e principalmente, do custo.

Sob o enfoque dessa perspectiva dupla, é interessante poder renunciar aos *tetos suspensos* (àqueles que não deixam aparentes as estruturas, escondendo-a), mas ao contrário, assegurando uma visibilidade do sistema portante e satisfazendo à exigência de estruturas que, por serem aparentes, apresentam um atrativo arquitetônico, enquanto estaticamente harmonizadas.



Figura 2.66 – Trama de teto em caixão perdido

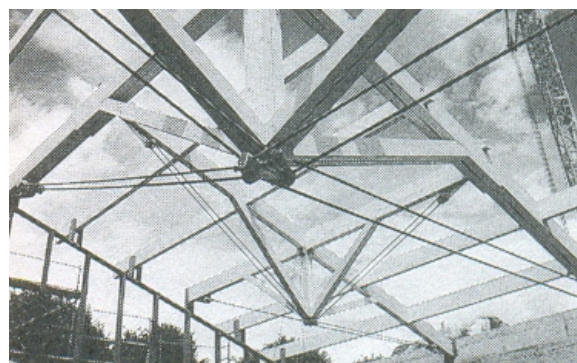


Figura 2.67 – Sistema portante principal sub-tensionado em dois eixos

Fonte: Natterer (1998)

A realização desse objetivo pode passar por uma disposição adequada dos sistemas portantes principal e secundário, ou por uma estrutura no espaço, que pode ser linear, plana, curva ou curva dupla (NATTERER, 1998).



Figura 2.68 – Cúpula recobrendo um estádio

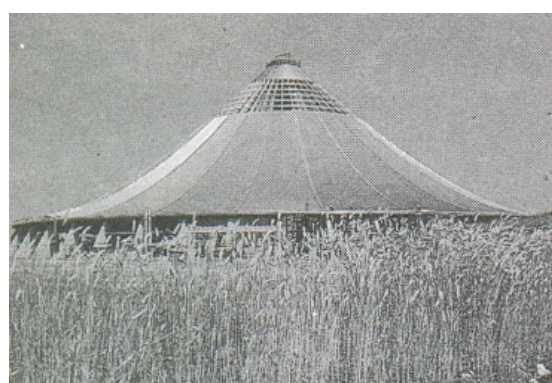


Figura 2.69 – Teto suspenso (tipo tenda)

Fonte: Natterer (1998)

No interior, a concepção deve inspirar-se nas exigências estáticas em função de seções dadas, sendo que o caminhamento das forças deve permanecer perceptível. Definidas em primeiro lugar por suas seções, as formas dos sistemas portantes podem se desenvolver na direção longitudinal ou diagonal. As seções mínimas são determinadas pelas exigências à prevenção de incêndios.



Figura 2.70 – Estrutura de uma cobertura transparente em duas águas. Fonte: Natterer (1998)

Os sistemas portantes principais definem visualmente o sentido portante e os pontos de apoio. A concepção desses sistemas, associada aos elementos de contraventamento e de estabilização, confere à construção sua forma característica. Do exterior, compreende-se assim o comportamento portante global e a aplicação dos esforços devido ao vento, sendo que, pela sua articulação, o volume construído fornece a escala das dimensões.

Nesse estágio do projeto, escolhem-se os sistemas de estabilização, que possam ser de *paredes rígidas*, de *mãos-francesas*, de *pilares engastados*, de *pórticos* ou de *arcos*, levando-se em conta os elementos necessários às fundações (NATTERER, 1998).





Figura 2.71 – Estrutura em balanço sustentado por mão-francesa. Fonte: Stungo (1998)



Figura 2.72 – Estrutura estabilizada por contraventamento (cobertura em arco com suave curvatura)  
Fonte: Natterer (1998)



Figura 2.73 – Pórtico tri-articulado em madeira laminada colada. Fonte: Pfeil (2003)

### 2.2.2 Sistemas portantes

O desenvolvimento tridimensional dos elementos estruturais, quando rebatidos em projeção horizontal, determina: o número de sistemas portantes principais, os espaçamentos, bem como o lançamento dos pilares.



Figura 2.74 – Estrutura portante principal, com justaposição linear. Fonte: Natterer (1998)

A concepção da *trama* é diretamente proporcional a fatores ligados à utilização do artefato arquitetônico, como por exemplo, as divisões internas, os espaçamentos dos apoios, entre outros. Quando se depara com uma situação peculiar, pode haver a necessidade da aplicação longitudinal de cargas no nível das fundações (NATTETER, 1998). Formas arredondadas ou poligonais conduzem a uma disposição radial de pilares principais. Os sistemas ramificados permitem formas de cobertura particularmente funcionais e econômicas.

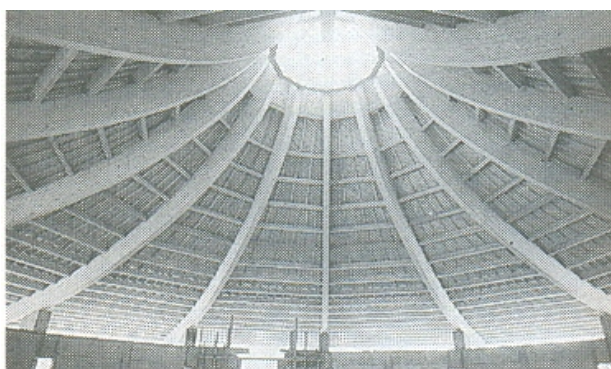


Figura 2.75- Cobertura com nervuras principais dispostas em raios e nervuras secundárias concêntricas  
Fonte Natterer (1998)



Os sistemas portantes secundários moldam de maneira adequada, a forma do telhado, como também, a estrutura no interior da construção. Seu sistema estático é função da locação e do tipo de apoios, do número e da ligação das unidades portantes independentes, enfim, da forma dessas unidades (NATTERER, 1998).

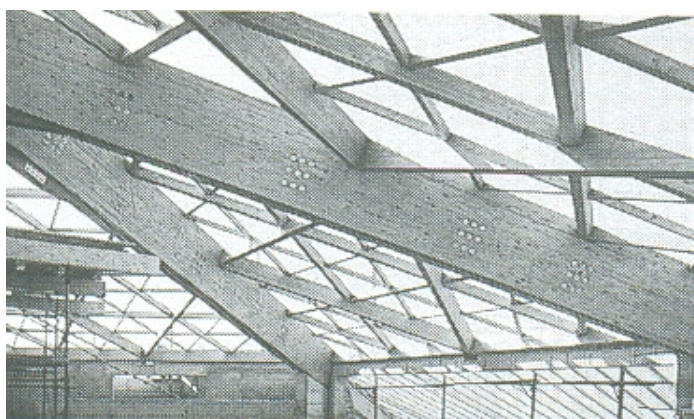


Figura 2.76– Vigas secundárias principais. Fonte: Natterer (1998)

Habilmente concebidos, os sistemas portantes secundários, quando aplicados em pequenos vãos, produzem relevos, ondulações interessantes de telhados, elaborando funções de estabilização e articulando fortemente o espaço interior.

A forma das vigas, secundárias e principais, é de maneira consistente condicionada pelo momento de inércia, definido pela fórmula:

$$J = \frac{bxh^3}{12}$$

sendo:  $J$  = momento de inércia,  $b$  = largura da viga e  $h$  = altura da viga.

Por essa fórmula, a rigidez é determinada fortemente pela altura da viga, pois ela é elevada à potência cúbica, enquanto que a largura da viga, ao valor linear.

Nos sistemas portantes pode-se chegar a formas mais ou menos eficazes conforme as seções, os apoios, as contraflechas, os sub-tirantes, as articulações e os elementos dispostos fora-de-prumo, os quais se escolhem, evitando as tensões elevadas de flexão e de escoamento de cargas, a fim de reduzir as quantidades de materiais a serem colocadas em obra (NATTERER, 1998).



Figura 2.77 – Contraventamento com sub-tirantes. Fonte: Stungo (1998)

As obras compostas de montantes em V, submetidas essencialmente a esforços normais, são as mais privilegiadas. A disposição no espaço é particularmente relevante para a estabilidade e a segurança do conjunto.

Todos os sistemas portantes podem ser otimizados por modelos de rigidez, ou seja, adaptando as alturas da construção à curva dos momentos e por modificações dos apoios, das articulações e dos vãos livres.

Em função do espaço disponível, prioriza-se um sistema em detrimento de outro e ainda mais, nos casos de pequenas alturas são fixados os sistemas à parede plena (cheia). Em contrapartida, quando se trata de alturas elevadas, pensa-se em sistemas decompostos e triangulações, nos quais as cargas são aplicadas à compressão e a tração. Os elementos dispostos fora-de-prumo, as contraflechas e os tirantes oferecem meios simples de moldar a rigidez. Nos sistemas contínuos estaticamente considerados “bons” como o de três articulações ou de pórtico, as variações possíveis são múltiplas. Dessa forma, produzem-se cargas horizontais,

procedimento necessário à aplicação das cargas nos pontos de apoio (NATTERER, 1998).

A tendência atual nos projetos estruturais é a utilização de quantidades de materiais cada vez mais reduzidas, e por conseqüência, mais leves. Assim, as estruturas em madeira ocupam um lugar de destaque, pois seus sistemas portantes em duas ou três dimensões, são, ao mesmo tempo, “envelope” do artefato arquitetônico, sistema portante e elemento de estabilização, favorecendo assim, particularmente, a leveza e o volume interior.

Quando da elaboração dos detalhes, deve-se assegurar, por um lado, uma relação equilibrada entre os materiais colocados em obra e o trabalho investido nas ligações metálicas, e por outro lado, as exigências estéticas e técnicas.

Em suma, para que sejam definidas formas estáticas adequadas, todos os sistemas portantes devem ser concebidos a fim de satisfazer amplamente às exigências de rigidez dos elementos estruturais.

### **2.2.3. Estruturas do tipo treliçado em madeira**

Excluídos os materiais não adequados à construção, diz-se que o comportamento básico de um sistema estrutural não depende do material. Essa afirmação não deve ignorar que a propriedade estrutural do material é, necessariamente, um critério de classificação para o sistema e duração dessa estrutura. Entretanto, o comportamento mecânico, sua compreensão, bem como sua aplicação no projeto, não dependem do material (ENGEL, 2001).

O conceito de treliça no material madeira não difere dos demais materiais. As diferenças básicas atêm-se no que se refere à concepção estrutural, em função de



suas propriedades específicas como anatomia, dimensões das peças, relação peso/resistência, entre outras.

Um exemplo bastante significativo dessa especificidade, que envolve uma de suas propriedades mais relevantes, é sua *resistência mecânica*, com a *resistência à compressão* igual a 77% da tração ( $f_c = 0,77 f_t$ ).



Figura 2.78 – Estrutura em treliça. Fonte: Stungo (1998)

Daí, resultar a grande conveniência de se trabalhar apenas com barras tracionadas, eliminando ao mesmo tempo, o problema da *flambagem*, esse, comum a qualquer material.

Em contrapartida, apesar da vantagem de idealmente trabalhar-se com peças tracionadas, a compressão nas barras de uma estrutura é inevitável, o que acaba provocando um efeito positivo, pois barras comprimidas são altamente favoráveis à execução de ligações através de dentes (encaixes).

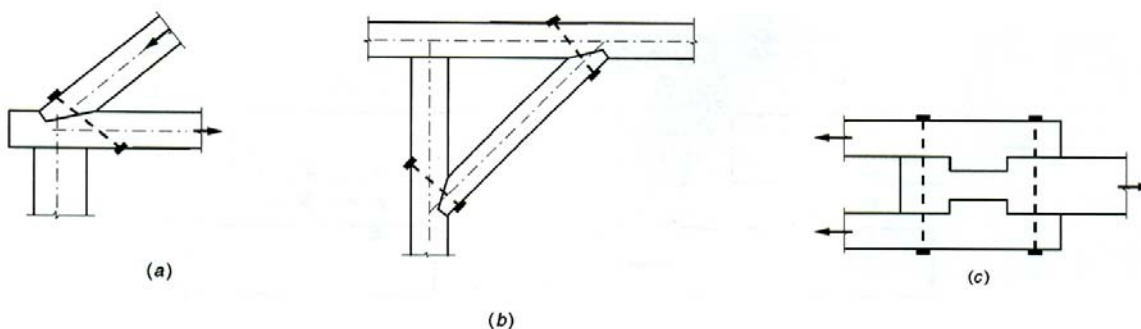


Figura 2.79 – Ligações por entalhe: a) empena de treliça de cobertura, entalhe de um dente; b) escora inclinada, entalhe de um dente; c) ligação de peça tracionada. Fonte: Pfeil (2003)

Quanto à aplicação de cargas nas treliças, tomando-se como exemplo, a estrutura de madeira para coberturas, também conhecida por tesoura de duas águas, consideram-se as cargas como atuantes sobre os nós superiores da estrutura, aplicando-se o critério da faixa de influência, para se obter a carga atuante sobre o nó (GESUALDO, 2003).

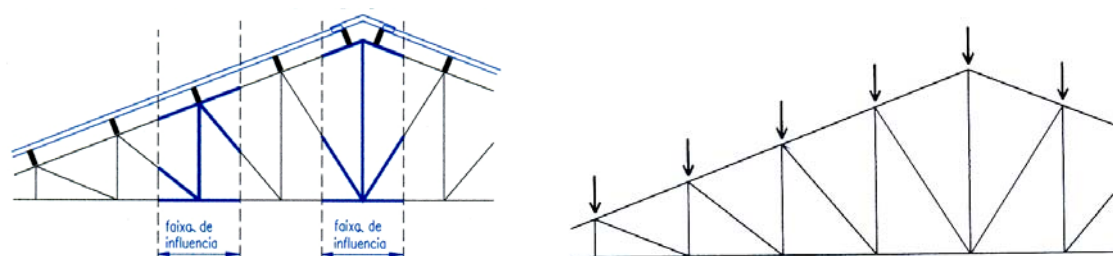


Figura 2.80 – Faixa de influência de nós de treliças planas. Fonte: Gesualdo (2003)

Faz-se pertinente comparar o mecanismo de treliça com outros mecanismos de redistribuição de forças, tais como: viga e arco, tornando claro como essa redistribuição de forças se processa nos três mecanismos distintos.

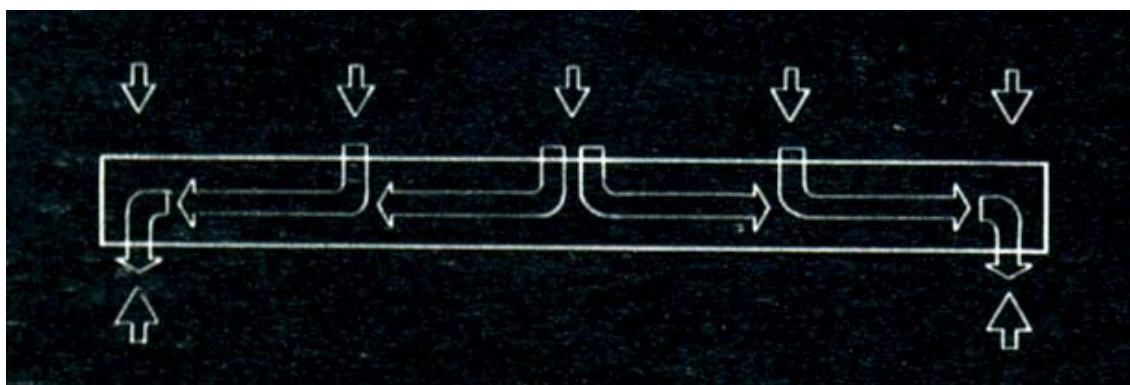


Figura 2.81– Mecanismo de viga. Fonte: Engel, 1981

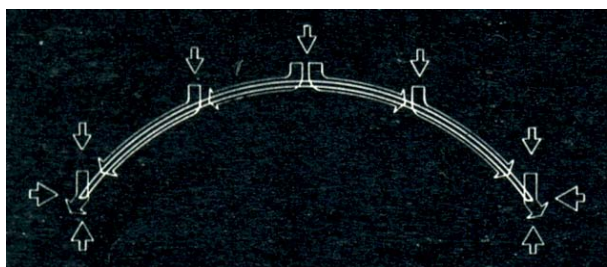


Figura 2.82 – Mecanismo de arco

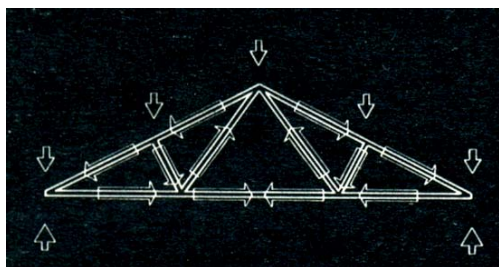


Figura 2.83 – Mecanismo de treliça

Fonte: Engel, 1981

#### **2.2.4 As articulações dos nós das treliças**

A articulação dos nós das treliças gera sempre discussões, pois a sua abordagem transita, entre o que é idealmente adequado em termos projetuais, quando se adotam hipóteses no cálculo usual e aquilo que realmente se processa em termos de trabalho nos nós das articulações da estrutura.

Por princípio projetual, quando se trata de uma estrutura formada por um conjunto de barras interligadas que formam triângulos, o cálculo se processa como se fosse treliça, ou seja, como sendo uma estrutura com nós articulados.

Para o caso particular das estruturas com formas de treliças, destinadas somente a receberem cargas sobre os nós e cujas ligações entre barras tenham seus eixos coincidindo em um mesmo ponto, a consideração de nós articulados, mesmo que as ligações sejam rígidas, não introduzirão imprecisões significativas, quando se trata do cálculo simplificado<sup>6</sup>.

As treliças, enquanto entendidas como estruturas com nós articulados, se apresentam como excelente meio projetual para se atingir contornos os mais variados, visando à estética estrutural e a diminuição dos esforços nas barras, onde a distribuição dessas barras e a conformação externa são ajustadas às solicitações provenientes do carregamento. Uma de suas características é apresentar os seus apoios não engastados.

A treliça apresenta de forma bastante nítida uma tríade de funções: recepção de carga, transmissão de carga e descarga, às quais dá-se o nome de *fluxo de cargas*.

Esse *fluxo* é a imagem conceitual básica para o projeto de uma estrutura, ou seja, a sua idéia básica, enquanto *trilha de força*, é também o modelo para a economia da

---

<sup>6</sup> Informação pessoal disponibilizada pelo Engenheiro Marcos Monteiro em 27 de março de 2006.

estrutura. O *fluxo de forças* não apresenta problemas, sempre que a forma do objeto siga a direção das forças atuantes (ENGEL, 2001).

As treliças são, em geral, estruturas hiperestáticas pela alta rigidez das ligações, gerando uma perfeita continuidade das barras. Para o seu cálculo, é indiferente que sejam contínuas ou articuladas, pois os resultados obtidos são os mesmos, desde que as cargas estejam aplicadas sobre os nós, as ligações sejam centradas e as deformações axiais das barras sejam desprezadas para cálculo do grau de deslocabilidade dos nós, hipóteses essas adotadas no cálculo usual.

Essas hipóteses usuais, que tem por objetivo a simplificação do cálculo, não alteram significativamente o resultado final: 1) o encontro das barras, ou seja, dos nós, são articulações perfeitas; 2) as cargas são aplicadas somente sobre os nós; 3) a geometria da estrutura não varia com o carregamento (não se consideram os efeitos de deformação da estrutura) mesmo quando há ocorrência de cargas fora dos nós, conseqüência de resoluções projetuais arquitetônicas inevitáveis. Vários calculistas mantêm a hipótese da articulação nas extremidades das barras. Dessa forma, a barra com carga fora do nó é calculada isoladamente e suas reações são aplicadas nos respectivos nós das extremidades da barra. Nesse caso, a barra deverá ser dimensionada, considerando a resistência de sua seção em flexotração ou em flexocompressão (GESUALDO, 2003).

As treliças são compostas por barras, que se ligam nos nós, recebendo nomes especiais de acordo com a posição das mesmas. As treliças apresentam vários tipos de formatos: contorno triangular, banzo superior poligonal (tipo *Bowstring*), meia tesoura em balanço, contorno retangular e arcos treliçados, entre outros.

A treliça de contorno triangular apresenta dois tipos principais: a tesoura tipo *Howe*, denominada tesoura com diagonais normais, o tipo mais comum e o mais

empregado para vencer vãos de pequena e média grandeza, chegando até 18 m; e a tesoura com diagonais invertidas ou do tipo *Pratt*, recomendada para vãos compreendidos entre 18 a 30 m. Também, são treliças de contorno triangular, a *Belga*, a *Fink* ou *Polomceau* e uma combinação entre a *Howe* e *Fink*, entre outras. A tesoura do tipo *Howe* apresenta para o carregamento principal, que atua de cima para baixo, compressão nas diagonais e tração nos montantes.

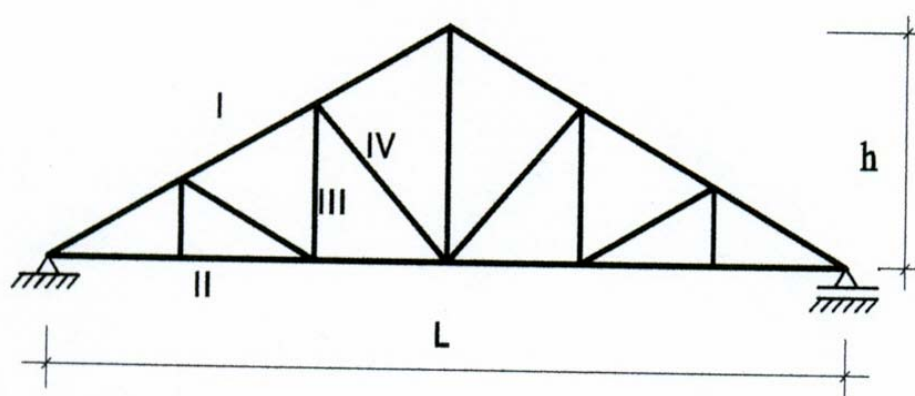


Figura 2.84 – Tesoura tipo *Howe* (diagonais normais). Fonte: Gesualdo (2003)

Por outro lado, na tesoura do tipo *Pratt*, as barras trabalham da seguinte forma: o banzo superior à compressão e o inferior a tração e os montantes à compressão.

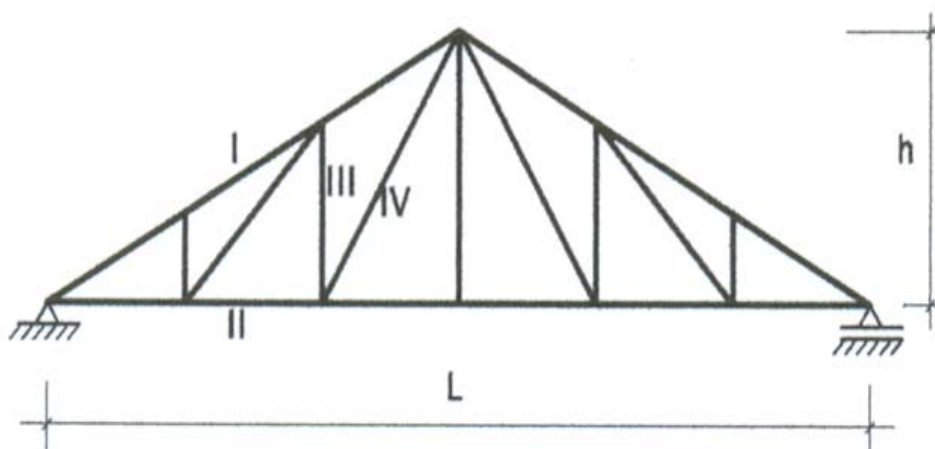


Figura 2.85 – Tesoura tipo *Pratt* (diagonais invertidas). Fonte: Gesualdo (2003)



Conforme as posições das barras na treliça elas adquirem nomes específicos, a saber: I – banzo superior, perna, loro, empena ou membrana; II – banzo inferior, linha tirante ou arrojante; III - montante ou pendural; IV – diagonal ou escora (GESUALDO, 2003).

### **2.2.5 Ligações de peças estruturais**

De forma prioritária, a natureza das ligações e a técnica de fabricação são estabelecidas no projeto arquitetônico, de forma criteriosa e inventiva, pois seu aspecto, a estética de uma obra, carrega consigo fortemente a marca dos detalhes das ligações, determinando, às vezes, a própria Arquitetura.

As ligações são necessárias, pois as peças de madeira têm o comprimento limitado pelo tamanho das árvores, meios de transporte, entre outros, sendo que as suas peças serradas são fabricadas em comprimentos ainda menores, da ordem de 4 a 5 m.

Elas representam um papel relevante no dimensionamento das estruturas de madeira, pois em geral, toda a estrutura de madeira apresenta partes a serem interligadas. A norma brasileira NBR 7190/97 considera três tipos de ligações mecânicas, entre peças de madeira: *pinos metálicos*, *cavilhas de madeira* e *conectores*.

Os *pinos metálicos* referem-se aos pregos, que são peças metálicas, cravadas na madeira por impacto, utilizados em ligações de montagem e ligações definitivas, e aos parafusos, que podem ser de dois tipos: parafusos rosqueados auto-atarrachantes e parafusos com porcas e arruelas.

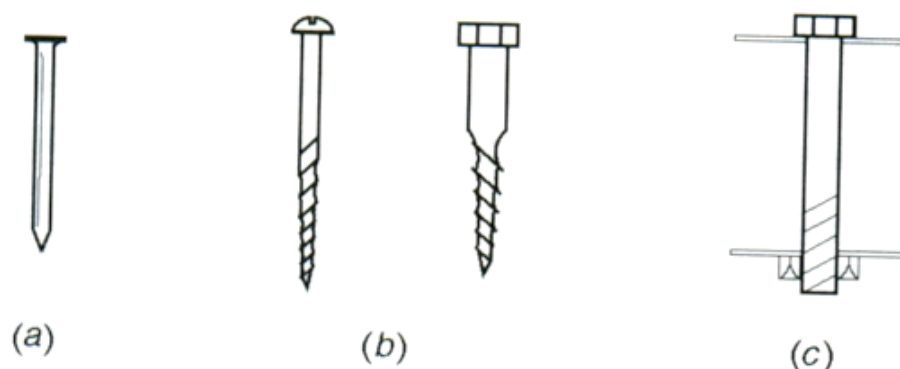


Figura 2.86 – Pinos metálicos: a) prego; b) parafuso auto-atarrachante; c) parafuso com porca e arruela  
Fonte: Pfeil ( 2003)

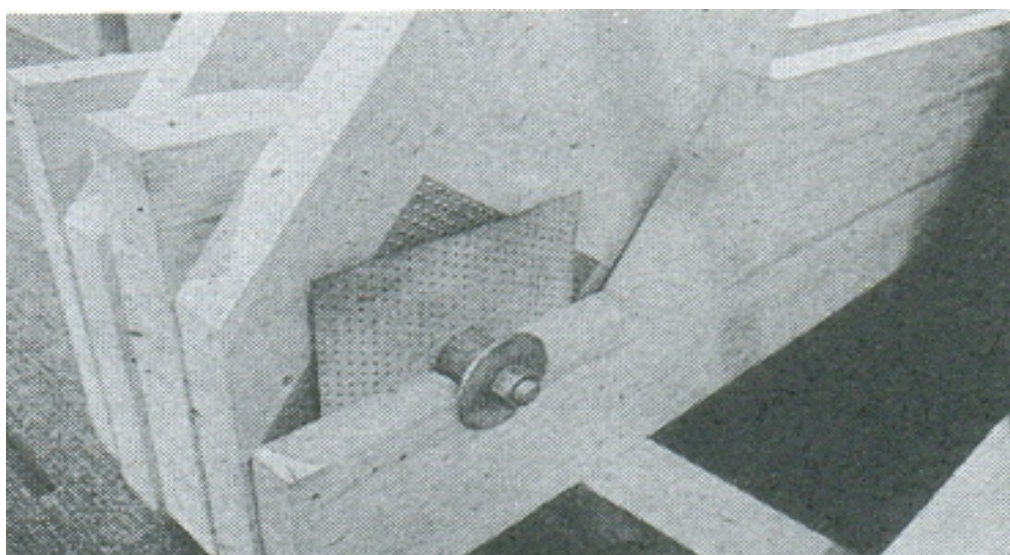


Figura 2.87 – Placa perfurada inserida no interior dos elementos estruturais, com parafuso de articulação  
Fonte: Natterer (1998)

Quanto à rigidez tratada na NBR 7190/97 – item 8.3.1, as ligações com dois ou três *pinos metálicos* são consideradas deformáveis, sendo que o seu uso é permitido somente para estruturas isostáticas, conseqüentemente, não são utilizadas em sistemas treliçados, pois os mesmos são estruturas hiperestáticas.

Em termos projetuais, essas ligações são calculadas como se fossem rígidas, dotando-se a estrutura isostática com uma contraflecha compensatória, de no mínimo  $L/100$ , em que  $L$  é o vão teórico da estrutura considerada. Em hipótese alguma, são empregadas ligações com um único pino. Em se tratando de ligações pregadas com quatro ou mais pregos, as mesmas são consideradas rígidas,

obedecendo-se os diâmetros de pré-furação:  $d_0 = 0,84d_{ef}$  (coníferas) e  $d_0 = 0,98d_{ef}$  (dicotiledôneas). As ligações parafusadas, com quatro ou mais parafusos, podem ser rígidas ou deformáveis. Para que as ligações parafusadas sejam consideradas rígidas, a pré-furação da madeira deve ser executada com diâmetro  $d_0$  não maior que o diâmetro  $d$  do parafuso, mais 0,5 mm. No caso em que são aplicados diâmetros  $d_0$  maiores, a ligação será considerada deformável (NBR 7190, 1997).

A resistência total de um *pino* de ligação é calculada pela soma das resistências correspondentes às diferentes seções de corte.

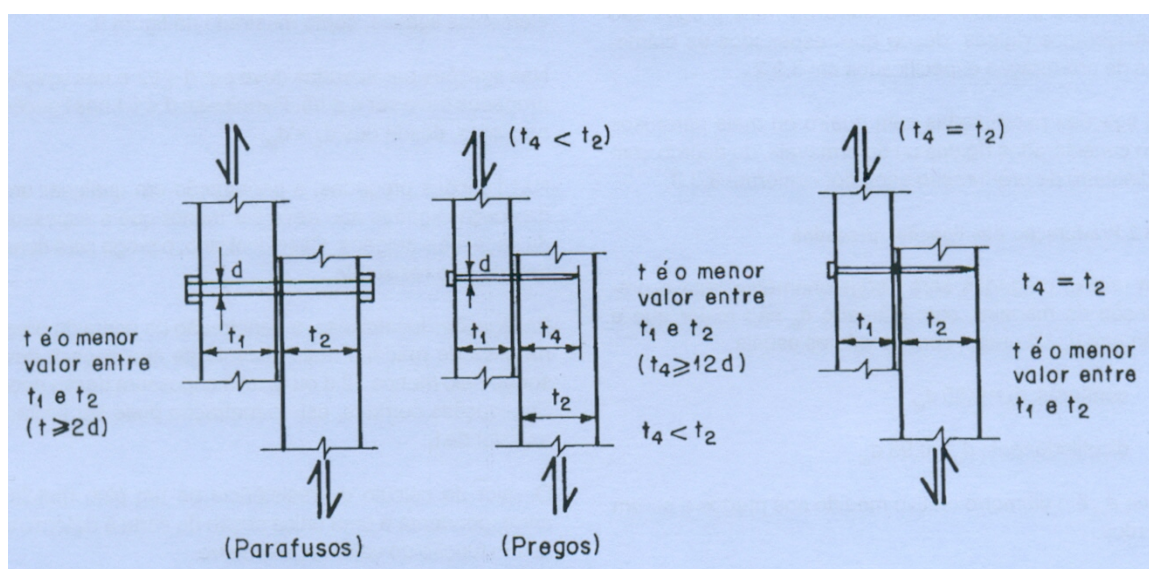


Figura 2.88 – Pinos em corte simples. Fonte: NBR 7190 (1997)

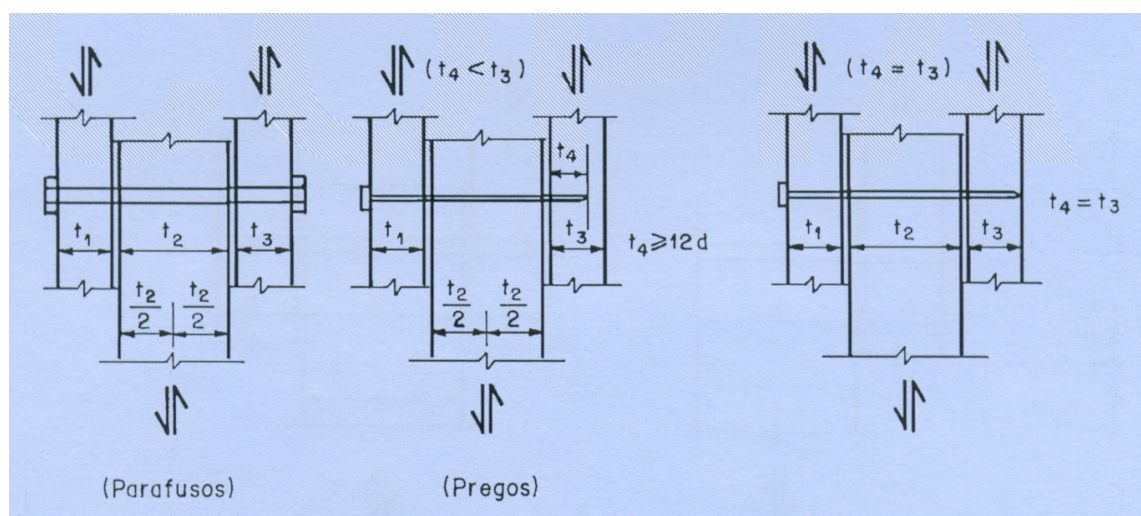


Figura 2.89 – Pinos em corte duplo. Fonte: NBR 7190 (1997)

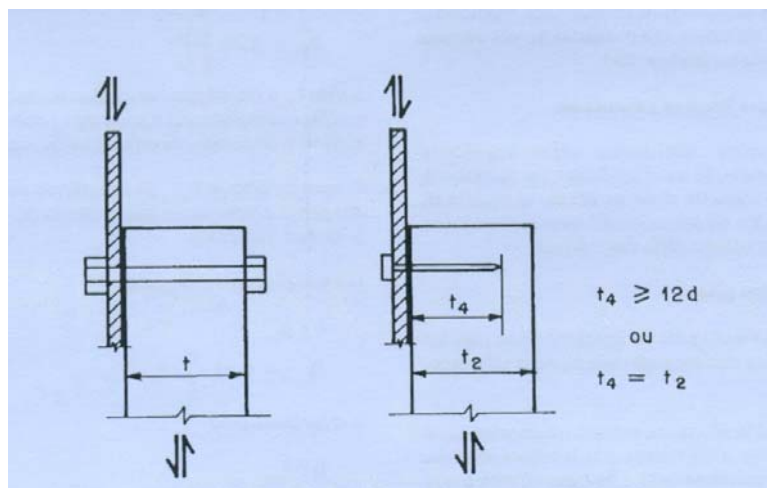


Figura 2.90 – Ligação entre peça de madeira e peça metálica. Fonte: NBR 7190 (1997)

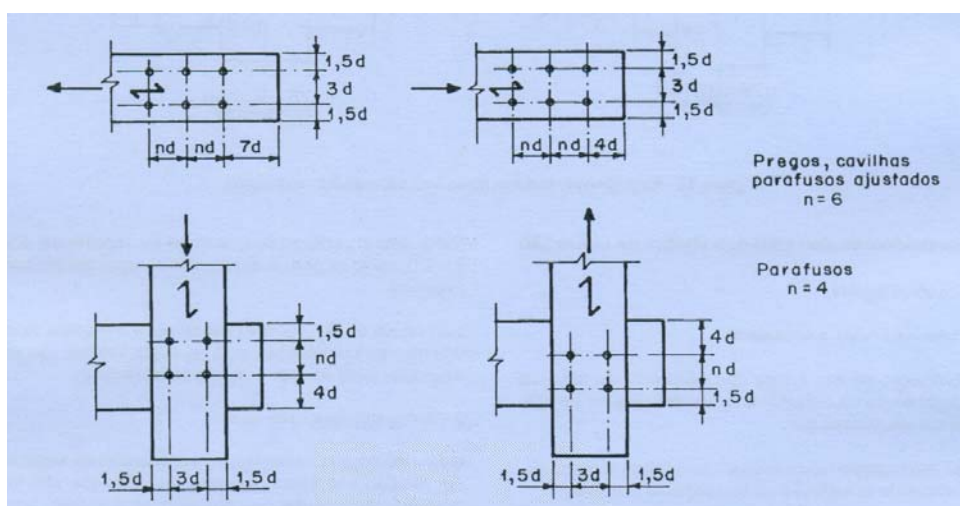


Figura 2.91 – Espaçamentos em ligações com pinos. Fonte: NBR 7190 (1997)

Nas ligações com cavilhas, em geral, as mesmas são executadas através de máquinas operatrizes (no caso, torno mecânico), podendo ser de madeira dura ou mole, desde que obedeçam aos valores prescritos em suas classes de resistência respectivas (NBR 7190/97 – item 6.33 – Tabela 8 e 9) e impregnadas com resinas, que aumentem sua resistência. A pré-furação da madeira deve ser feita com diâmetro  $d_0$  igual ao diâmetro  $d$  da cavilha. Em relação à rigidez, as *cavilhas* comportam-se como os *pinos metálicos* (NBR 7190/97 – item 8.3.1), ressaltando-se também, a impossibilidade estabelecida em norma, de utilizar-se uma única cavilha em uma ligação.



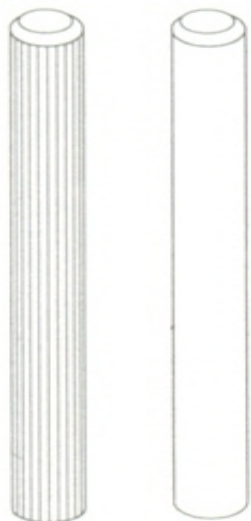


Figura 2.92 – Cavilhas: lisa (a direita) e com estrias (a esquerda)



Figura 2.93 –Traçado de furos de cavilhas por meio de gabarito

Fonte: Natterer (1998)

A resistência total de uma *cavilha* é calculada pela soma das resistências correspondentes às suas diferentes seções de corte

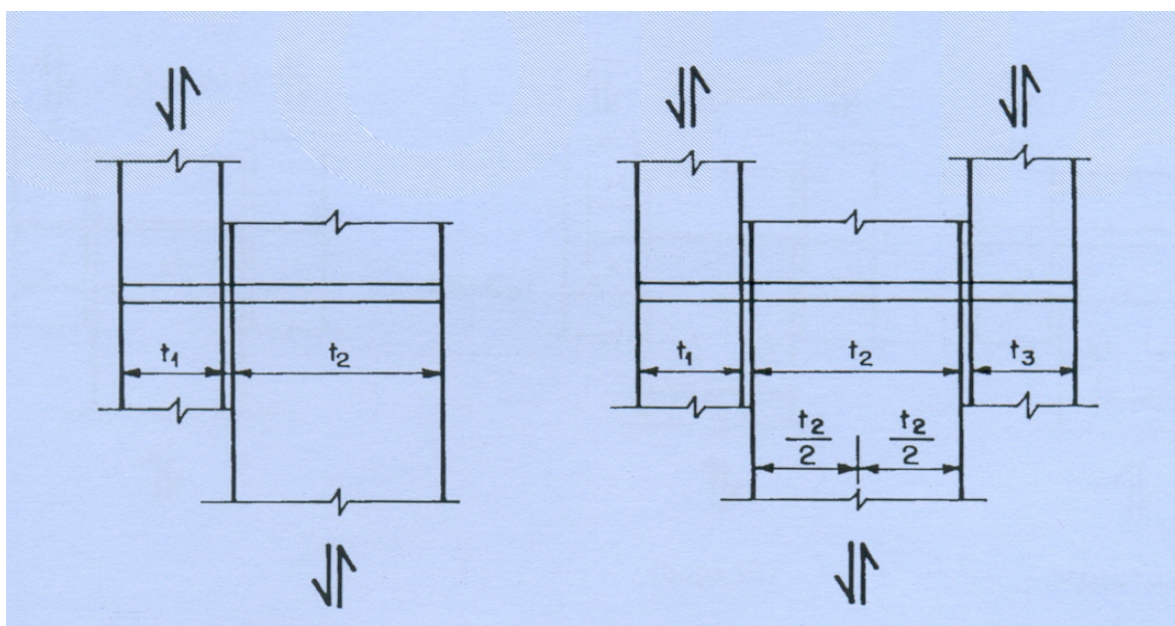


Figura 2.94 – Ligações com cavilhas. Fonte: NBR 7190 (1997)



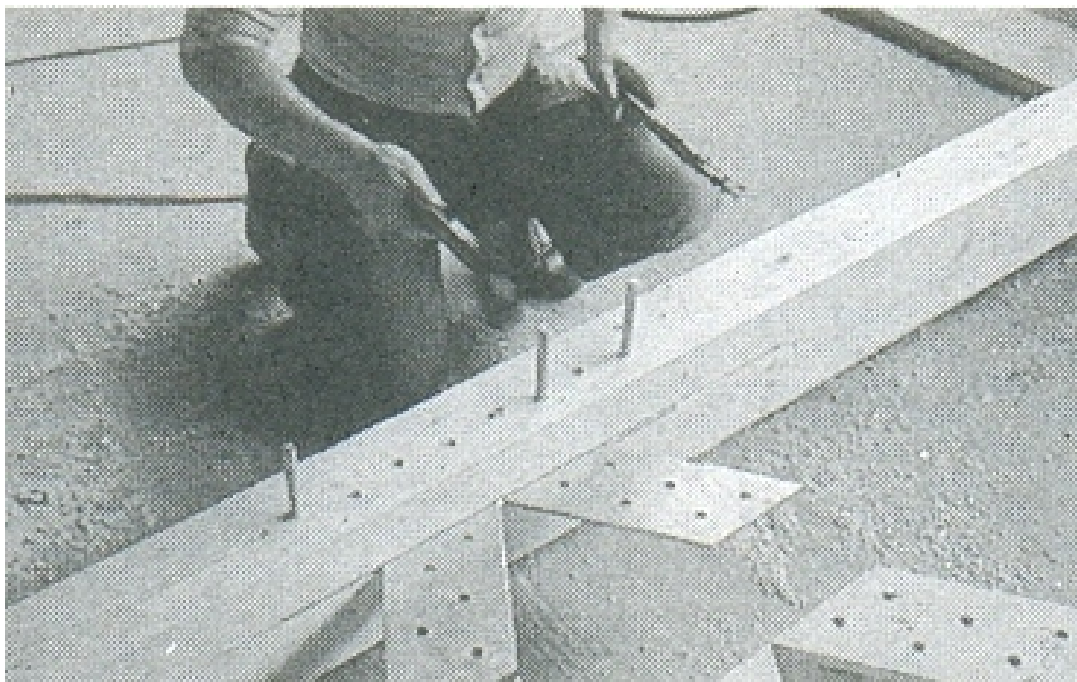


Figura 2.95 – Fabricação de vigamento (triangular) em marcenaria, chapas metálicas e cavilhas  
Fonte: Natterer (1998)

As ligações com *anéis metálicos*, conforme estabelece a NBR 7190/97, são empregadas nas situações em que os diâmetros internos  $d$  estejam compreendidos entre 64 a 102 mm, sendo que a esses anéis devem ser acoplados com parafusos de 12 mm e 19 mm, respectivamente e colocados no centro do anel.

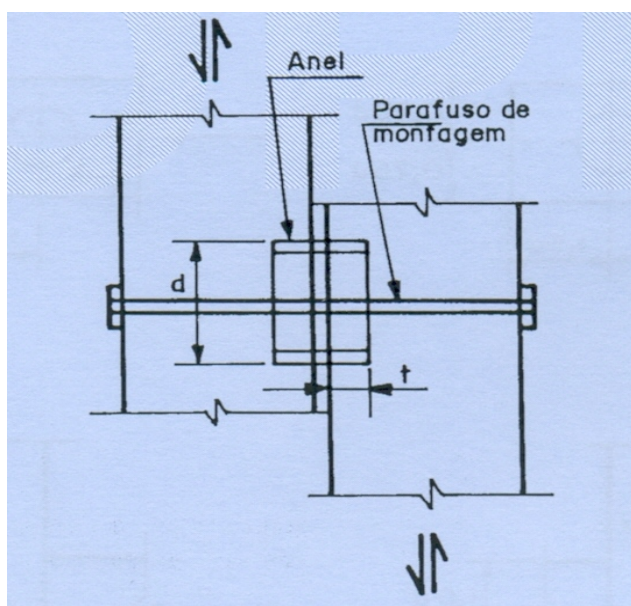


Figura 2.96 – Ligações com anéis metálicos. Fonte: NBR 7190 (1997)

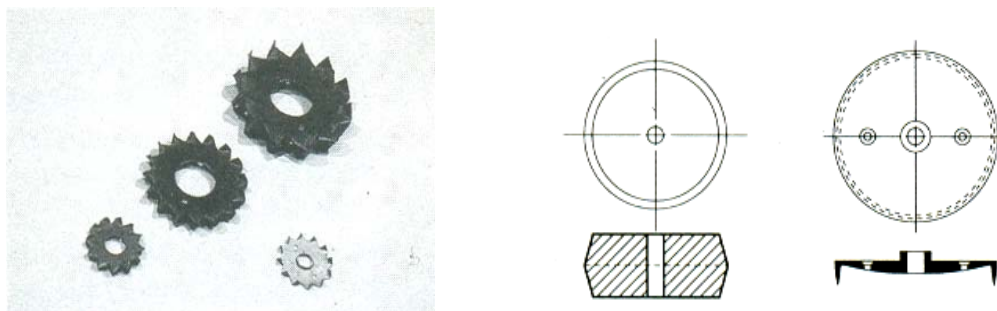


Figura 2.97 – Anéis metálicos. Fonte: Natterer (1998)

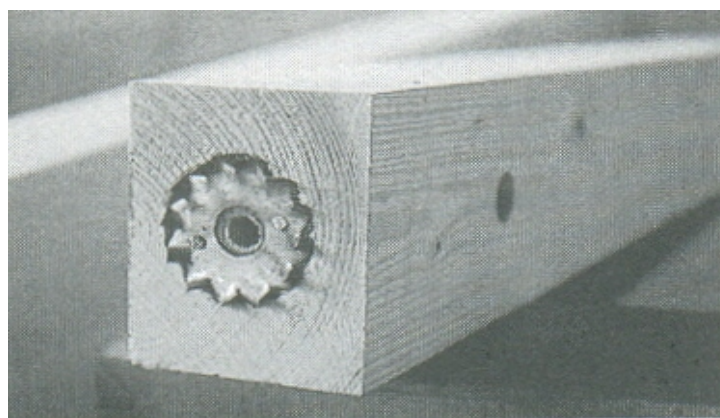


Figura 2.98 – Anel metálico para ligação de peças de topo. Fonte: Natterer (1998)

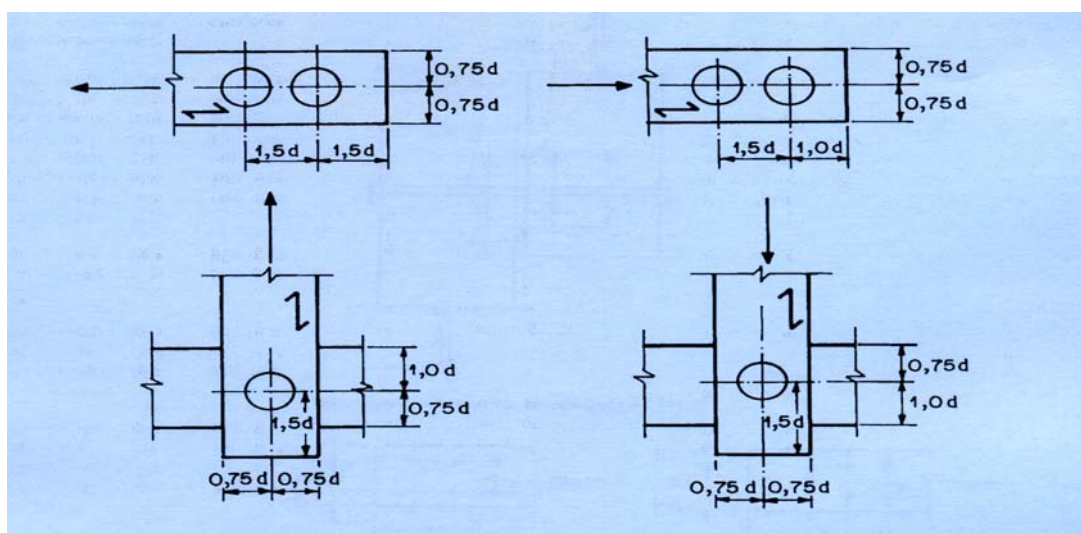


Figura 2.99 – Espaços em ligações com anéis metálicos. Fonte: NBR 7190 (1997)

As ligações com *chapas com dentes estampados* são empregadas em ligações estruturais, em situações em que a eficiência da cravação deve ser garantida por seu executor (NBR 7190, 1997).

A Norma não explicita, de forma clara, como essa eficiência é aferida, ficando em princípio, como um critério subjetivo, sem maiores implicações técnicas, tanto de cálculo, quanto de testes laboratoriais.

Estabelece ainda que os valores da resistência de cálculo, que podem ser atribuídos às chapas com dentes estampados, correspondentes a uma única seção de corte, devem ser garantidos pelo respectivo fabricante, de acordo com a legislação (NBR 7190, 1997).

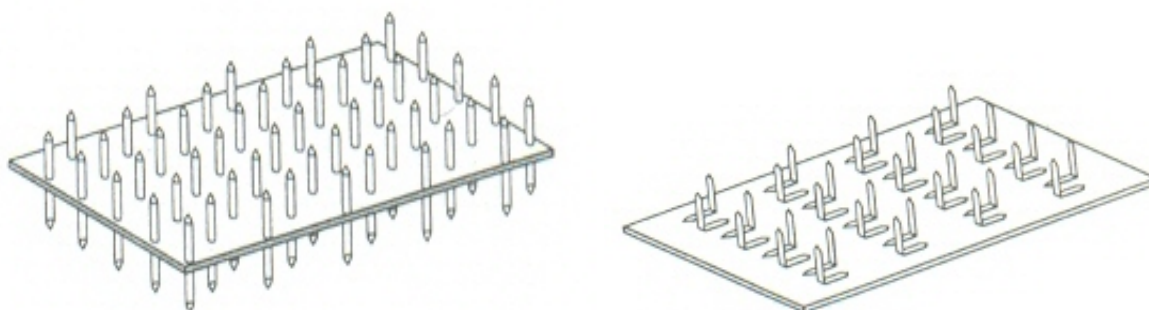


Figura 2.100 – Chapas metálicas com dentes estampados. Fonte: Natterer (1998)

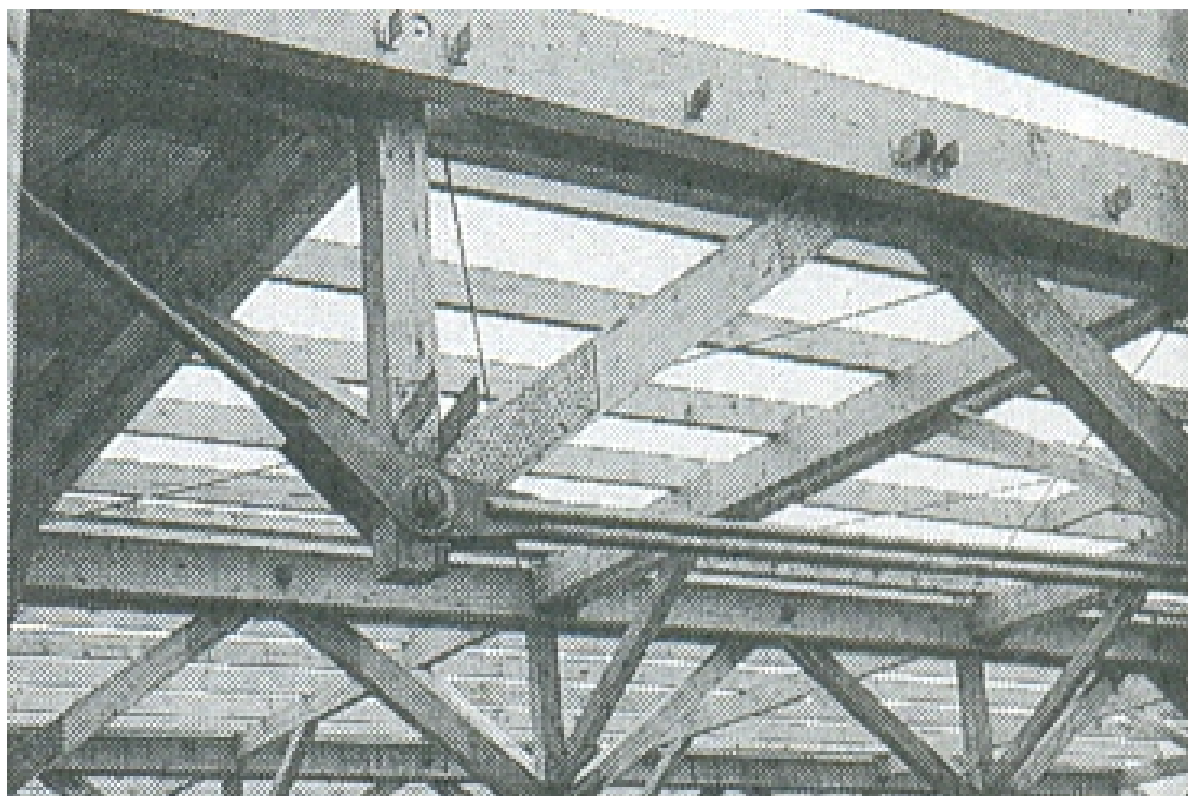


Figura 2.101 – Placas perfuradas pregadas com parafuso de articulação. Fonte: Natterer (1998)

Segundo essa norma brasileira, no cálculo das ligações não se permite levar em consideração o atrito das superfícies em contato, nem tampouco os esforços transmitidos por estribos, braçadeiras ou grampos.

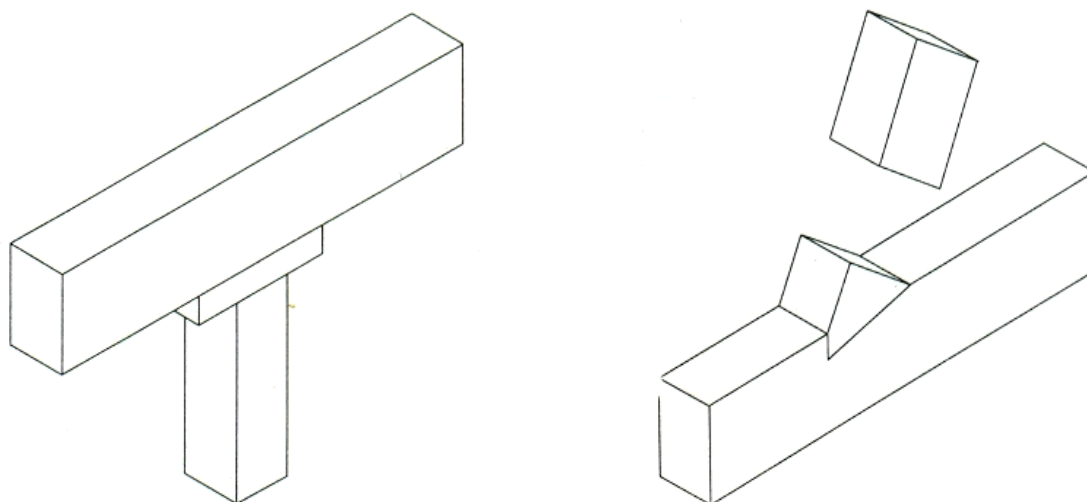


Figura 2.102 – Ligações por contato. Fonte: Natterer (1998)

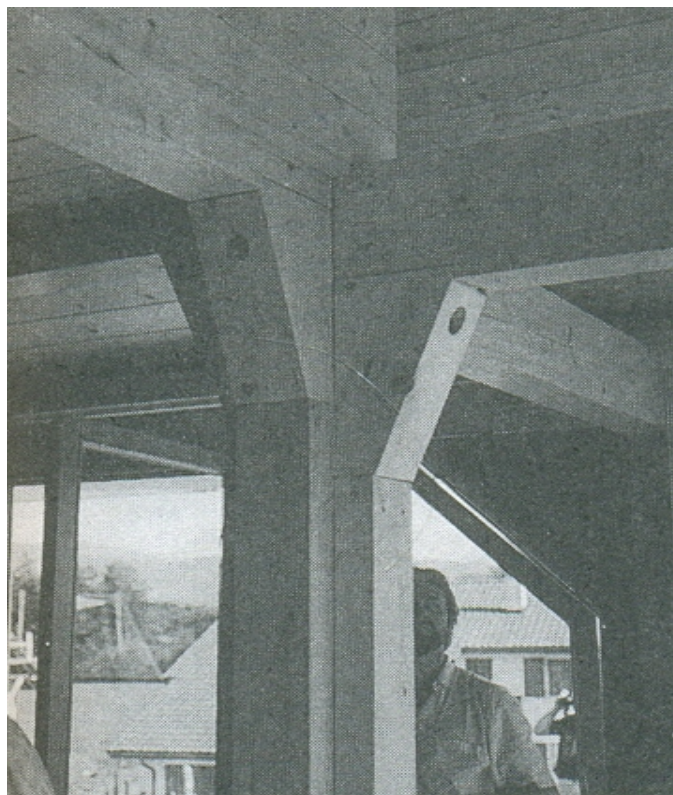


Figura 2.103 – Nó com peça de apoio. Fonte: Natterer (1998)



Outro aspecto a ser analisado refere-se aos espaçamentos especificados e a pré-furação, para evitar o fendilhamento da madeira em função da presença dos elementos de união (NBR 7190, 1997). No caso dos pinos metálicos e das cavilhas, a pré-furação apresenta, em termos das espécies de madeira, variações em relação ao diâmetro de pré-furação  $d_0$  e o diâmetro efetivo do elemento de ligação  $d_{ef}$  (GESUALDO, 2003).

<b>Tipo de ligação</b>		<b>Valor de <math>d_0</math></b>
Pregada	<i>Coníferas</i>	$d_0 = 0,85 d_{ef}$
	<i>Dicotiledôneas</i>	$d_0 = 0,98 d_{ef}$
Parafusada		$d_0 \leq d_{ef} + 0,5\text{mm}$
Cavilhada		$d_0 = d_{ef}$

Figura 2.104- Pré-furação para ligações por pinos e cavilhas. Fonte: Gesualdo (2003)

Um tipo de ligação não-mecânica amplamente usado é o da ligação com cola, para juntas longitudinais de madeira laminada colada. Conforme a NBR 7190/97, o emprego de cola nas ligações deve obedecer a prescrições técnicas comprovadamente satisfatórias nas estruturas. A madeira deve ser colada seca (% de umidade definida conforme o trabalho previsto) ao ar livre ou por meio de estufa. A resistência dessa junta colada pressupõe-se ser no mínimo igual ao cisalhamento longitudinal da madeira.

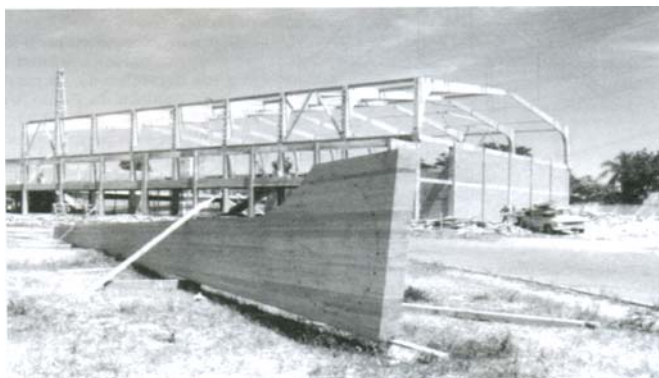


Figura 2.105– Pórtico de hastes retas em madeira laminada e colada (em primeiro plano: peça a ser montada)  
Fonte: Pfeil (2003)





Figura 2.106 – Arco em madeira laminada colada, içado por grua. Fonte: Stungo (1998)

A melhor escolha das ligações nas estruturas deve ser função dos materiais: da madeira (de acordo com sua seção: roliça, serrada ou laminada-colada) e das peças metálicas.

Nesse caso, as exigências de proteção de incêndio se destacam, bem como em função das providências a serem tomadas no nível de preservação arquitetônica da madeira, no caso de exposição às intempéries.

Os sistemas de ligação colocados dentro da madeira ou escondidos têm essa vantagem, assim como os elementos metálicos, que são protegidos do fogo. Algumas ligações são a cisalhamento múltiplo, o que permite a redução de seu número. Em contrapartida, os entalhes na madeira exigem muito trabalho e produzem um enfraquecimento da seção. A escolha final leva em conta os custos e está relacionada ao nível de qualidade desejada (NATTERER, 1998).

### **2.2.6 Critérios de concepção de detalhes construtivos: Normas Norteamericana e Européia EUROCODE 5**

Existem determinados critérios que devem, forçosamente, ser pensados nas obras em madeira, pois essas obras são executadas a partir de elementos pré-fabricados em marcenarias e montadas no canteiro de obras, através dos meios de ligação.

No cálculo dessas obras, esses meios de ligação determinam uma parte importante dos custos, que podem ser reduzidos através da racionalização da produção em fábrica.

No canteiro de obras esses meios de ligação devem possibilitar a forma de trabalho que mais se adapte às condições do local. Assim, se consegue uma economia de transporte e de montagem, resultando a escolha de dimensões apropriadas para os elementos da estrutura.

Deve ser considerado também no cálculo, o comportamento à deformação, em função de sua relevância no cálculo de um sistema portante, pois quando se ligam diferentes peças, existe grande possibilidade do aparecimento de deformações nesses elementos.

As construções em madeira, em termos de ligações, dividem-se em flexíveis, mecânicas e as chamadas de carpinteiro. Os esforços transmitidos por essas ligações podem ser de tração e compressão, de esforços cortantes ou de momentos fletores (NATTERER, 1998).

Nas ligações flexíveis, uma certa folga entre os elementos dessas ligações acompanha a transmissão de esforços, a qual é definida como *deformação específica*. Dela depende em larga escala a rigidez dos sistemas portantes e das seções compostas.

As reduções de seções podem ser determinantes para o dimensionamento das barras e para a verificação do esforço de transmissão. Não é conveniente combinar

meios de ligação de diferentes rigidezes, como no caso, notadamente, das colas e dos meios mecânicos.

A superfície necessária às ligações é um fator determinante no cálculo dos perfis de seção. Por outro lado, a flexibilidade das ligações permite o desenvolvimento da “ruptura dúctil” em oposição à “ruptura frágil”, ou seja, a deformação anuncia a ruptura (NATTERER, 1998).

Os coeficientes de segurança são consideravelmente aumentados pela possibilidade que existe nos sistemas hiperestáticos, de transferir as cargas no estado limite. Para esse dimensionamento, não são mais as cargas de ruptura, que são determinantes, mas sim as deformações.

No caso das ligações, pode-se pensar em critérios de avaliação como ótima, quando haja suficiente flexibilidade para atender de forma precisa à deformação admissível da estrutura em serviço, bem como possuir ainda uma reserva de segurança, no estágio anterior à ruptura da madeira.

Utiliza-se para compensar as reduções de seção, ligações comprimidas por contacto com peças intermediárias em madeira resistente, como contra-placas ou laminadas-coladas. Os esforços excêntricos devem ser evitados à exaustão, pois resultam em tensões de momento e de cisalhamento (NATTERER, 1998).

No instante da ligação, a madeira deve ter uma umidade mínima, pois quando apresenta excessiva umidade, produz, devido à retração, fendas incontroláveis na área de ligação, causando uma diminuição da capacidade portante e um aumento da flexibilidade dos nós.

Há uma redução das superfícies de cisalhamento, quando ocorrem fendas contínuas nas peças de conexão alinhadas de topo, ao se considerar um número reduzido de

ligações, mas quando houver inúmeras ligações alinhadas, deve-se proceder a cálculos específicos.

Nas linhas de ação de barras onde há folga ou nos eixos de barras, os mesmos devem apresentar, necessariamente, pontos de intersecção.

Quando as cargas são introduzidas nas extremidades, perpendicularmente à fibra da madeira, ou no caso de ocorrer retração, são produzidas tensões indesejáveis de tração transversal.

A configuração das articulações deve respeitar o modelo estático, para que tensões secundárias não sejam provocadas por encaixes não desejados, logo em seguida à deformação.

Nas construções em madeira os esforços de compressão se transmitem por contacto. Todavia, quando são de tração, suas extremidades devem ser dispostas de topo.



Figura 2.107 – Estrutura tipo pose-e-viga, montada com peças de topo e inclinadas. Stungo (1998)

Nas ligações a cisalhamento simples, para compensar os esforços excêntricos, a transmissão pode ser também assegurada pelos elementos suplementares, mas nesse caso, o esforço se transmite em duas vezes.

Para se evitar os esforços excêntricos, na concepção das ligações, as linhas de ação dos esforços devem ter pontos de intersecções, dispondo-se essas ligações de tal maneira que seu centro de gravidade esteja alinhado com o eixo da barra. Se porventura não houver esse alinhamento, podem ser produzidas tensões adicionais elevadas (NATTERER, 1998).

Nas estruturas em madeira não-maciça, as seções das barras das treliças são em geral determinadas, não por sua capacidade portante, mas pelos desempenhos das ligações escolhidas.

A economia de um nó influi diretamente sobre o consumo de material das suas ligações e indiretamente sobre o consumo de madeira das barras a serem ligadas.

Uma vez escolhido um determinado sistema de ligação deve-se, ainda, examinar os seguintes aspectos: 1) a escolha do diâmetro das fixações com pinos metálicos e a qualidade do metal do meio de ligação, 2) o campo de ação da fixação a ser aumentado (se necessário, por uma ligação a cisalhamento múltiplo), 3) as seções da madeira e a área da ligação a serem definidas, entre outros.

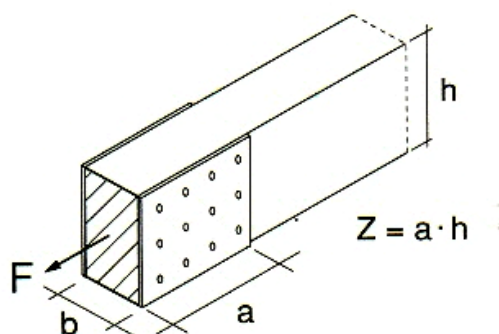


Figura 2.108 – Área de ligação de chapa metálica pregada. Fonte: Natterer (1998)



Merecem também ser analisados atentamente dois locais de busca de um consumo mínimo de material: a) na zona do elemento a ser ligado - possibilidade de utilizar amplamente uma seção mais fraca, sem sobre-dimensionar a madeira, ou seja, que o esforço nominal da barra corresponda ao esforço admissível do sistema de ligação; b) na zona do nó de ligação - utilizando-se um mínimo de material para os elementos do nó e da ligação, entre outros (NATTERER, 1998).

As ligações *tradicionais de carpinteiro*, por exemplo, as ligações em *madeira cortada ao meio* e do tipo *espiga* (peça saliente do tipo macho, que se encaixa em outra peça do tipo fêmea), as de *entalhe com dente simples ou duplo*, são fabricadas nos dias atuais mecanicamente, com precisão e critérios econômicos.

Os esforços se transmitem essencialmente por contato, fato que exige muita precisão no fazer e, aliada a essa condição, se junta outra, indispensável por sinal, a necessidade de a madeira apresentar baixa umidade.

As ligações do tipo *carpinteiro* apresentam a desvantagem da ocorrência de relevantes enfraquecimentos na madeira, como aquela da situação freqüentemente pouco clara, no que concerne às tensões, justamente pela possibilidade de precisão no seu processamento.

No plano dos cálculos, nessas ligações, os importantes esforços de cisalhamento e os esforços excêntricos permitem somente cargas relativamente baixas.

As ligações com *madeira cortada ao meio* e do tipo de *espiga* ou do tipo *meio encaixe* em cada uma das partes da madeira, fazem parte, essencialmente, no plano estrutural, das ligações, que enfraquecem sensivelmente os elementos, apresentando baixos esforços admissíveis.

Entretanto, essas ligações são utilizadas em carpintaria e em construções do tipo *poste-e-viga*, bem como em restaurações de edificações antigas ou então no

restauro de monumentos históricos, e ainda, com muita criatividade, em projetos arquitetônicos contemporâneos.



Figura 2.109 – Construção histórica com estrutura poste-e-viga e cobertura tipo asa de pomba  
Fonte: Natterer (1998)

Nos apoios dos barrotes dentro da alvenaria ou do concreto, devem ser previstos sempre, elementos intermediários, a fim de impedir a penetração de umidade nos topos da viga.

A responsabilidade de assegurar a continuidade desse sistema fica a cargo das cobre-juntas, que oferecem uma solução simples para o apoio dos barrotes sobre as vigas secundárias dentro das vigas laminadas ou dentro de vigas do tipo encaixe ou sobre pranchas pregadas.

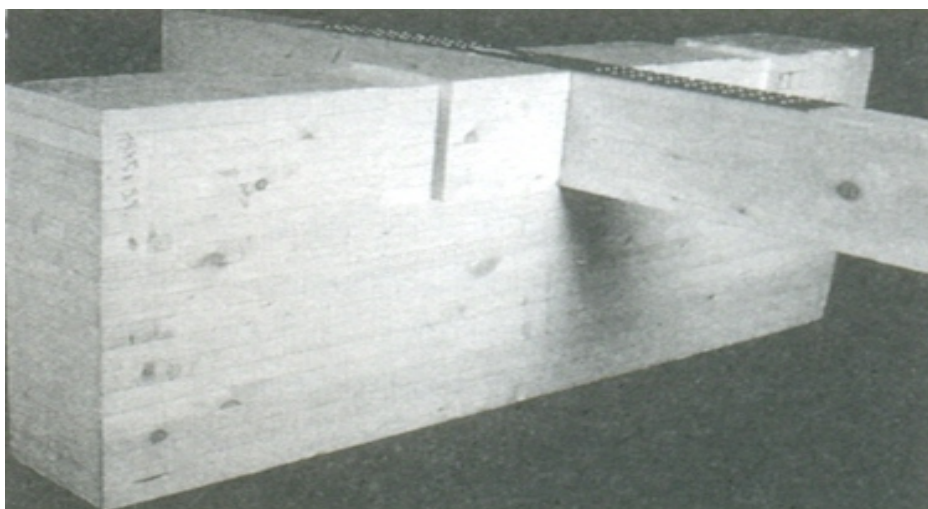


Figura 2.110 – Apoio de barrote com cobre-junta sobre viga principal. Fonte: Natterer (1998)

Para respeitar a compressão lateral admissível, é conveniente alargar-se os apoios sobre os pilares com peças de painéis ou contra-placas.

Para ligações à compressão, a do tipo *entalhe com dente* permanece sendo ainda nos dias atuais a ligação mais utilizada, não necessitando de grande consumo de peças metálicas. Essas ligações distinguem-se em entalhe simples, posterior e duplo.

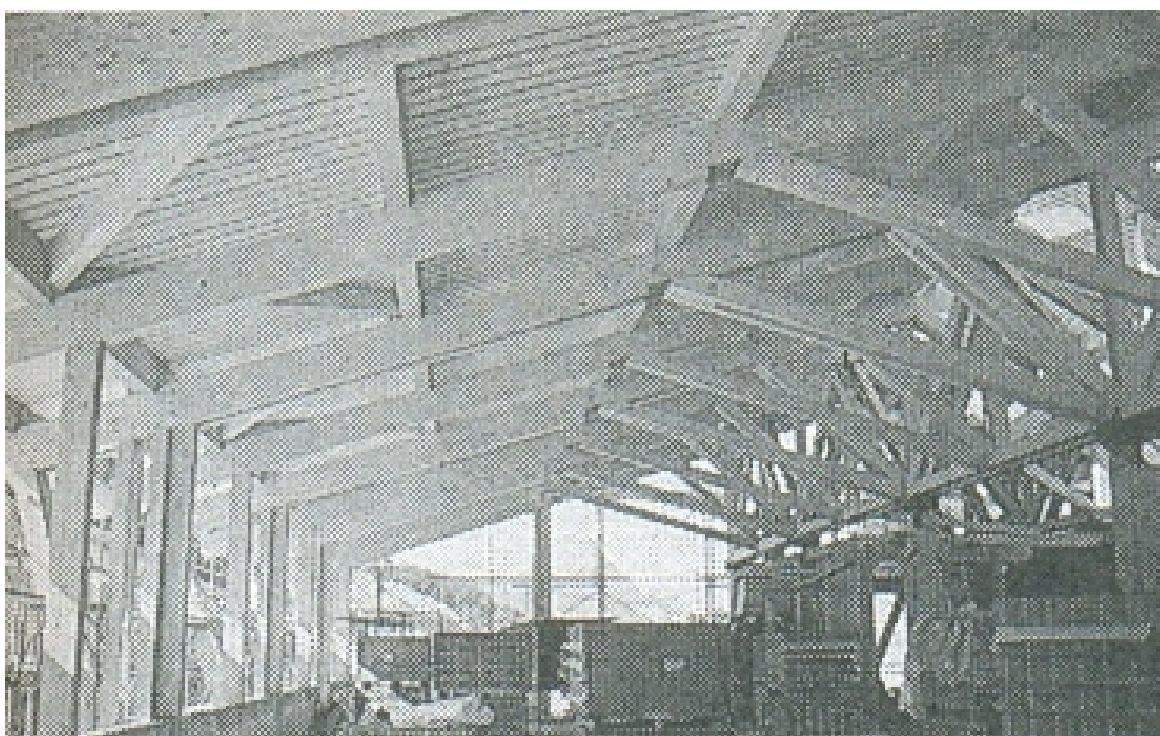


Figura 2.111 – Ligação por entalhe (samblatura). Fonte: Natterer (1998)

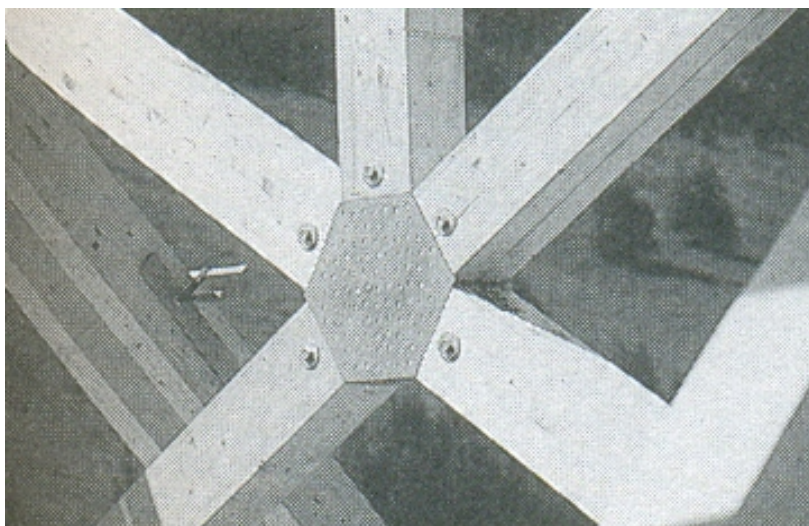


Figura 2.112 – Nó com peça metálica embutida na madeira. Fonte: Natterer (1998)

Em se tratando de estruturas de grandes dimensões, a ligação de *entalhe com dente* pode também ser efetuada sobre madeira laminada-colada. Assegura-se a base da fixação com parafusos ou pinos de metal, que apresentam uma parte lisa e a outra com rosca. Ainda, nesse caso, a umidade (baixa) da madeira é um fator predominante.

Para se tirar plenamente partido dos elementos em madeira, é preciso em geral prever, em relação às ligações, peças intermediárias suplementares, em geral dentro de material mais resistente que os outros elementos, como por exemplo metal, madeira resistente, sendo que essas peças transmitem os esforços entre os elementos e são definidas como *ligações por contato*.

As seções das barras comprimidas são utilizadas no máximo de seu potencial, somente quando sua superfície de contacto estiver disposta perpendicularmente à fibra da madeira.

Através de cortes inclinados, são reduzidas fortemente as tensões de compressão. No caso específico de madeira dura ou em contra-placa, as peças intermediárias são dispostas de tal maneira, que sua superfície comprimida seja perpendicular à direção das fibras.

Obtêm-se superfícies de contacto particularmente satisfatórias, colando soluções à base de cimento ou resina sintética de alta resistência, isenta de fissura.

Fato relevante é que, à medida que as peças intermediárias não sejam metálicas, as ligações são particularmente resistentes ao fogo.

Quando são utilizadas chapas metálicas com espessura superior a 2,0 mm, se emprega a pré-furação em uma só operação, envolvendo as chapas e a madeira, para fazer penetrar os pregos sem problemas, atentando para o fato que o diâmetro de furação tem que ser idêntico ao dos pregos.

Também, nesse caso, deve se cuidar para que não ocorra empenamento e que haja um ajuste exato chapa-madeira. A pré-furação viabiliza a redução do espaçamento dos pregos e, por conseqüência, as dimensões, dessas chapas. Devem-se utilizar gabaritos de furação, dessa forma se respeita mais adequadamente uma dada disposição dos pregos (o que pode ser entendida por uma regularidade da pregagem).

*Placas de chapas laminadas metálicas estampadas*, pregadas a pressão, têm permitido a fabricação industrial de ligações compactas, sendo que esse sistema, em relação aos demais sistemas convencionais, demanda muito menos trabalho.



Figura 2.113 – Nó de vigamento triangular, com chapa metálica pregada embutida na madeira (sistema *Greim*)  
Fonte: Natterer (1998)

Dessa forma, podem ser realizadas ligações de peças de madeira em um só elemento, que resiste à tração e à compressão. Os *conectores dentados* europeus (denominados no Brasil, como *chapas metálicas com dentes estampados*) são feitos com placas de chapas laminadas metálicas de 1,0 a 2,0 mm de espessura, com pontas ou dentes estampados, fixadas por pressão na madeira. Com esse sistema



torna-se desnecessário recobrir as conexões, resultando daí uma economia de madeira.

Na Europa, os conectores dentados são oficialmente homologados pela norma alemã DIN 1052, parte 2 – atual EUROCODE 5 (marcas autorizadas: BAT-Multin, BF, Gang-Nail, TTS Twinaplate, Hydoron).

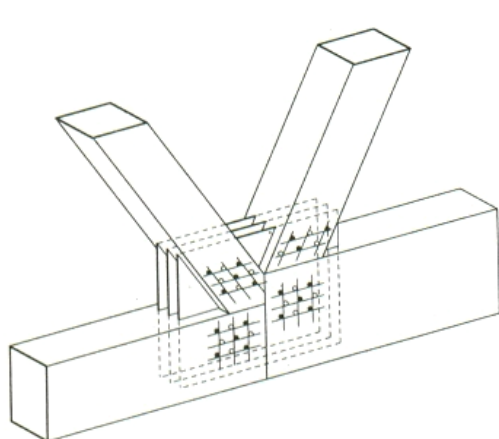


Figura 2.114 – Sistema Greim

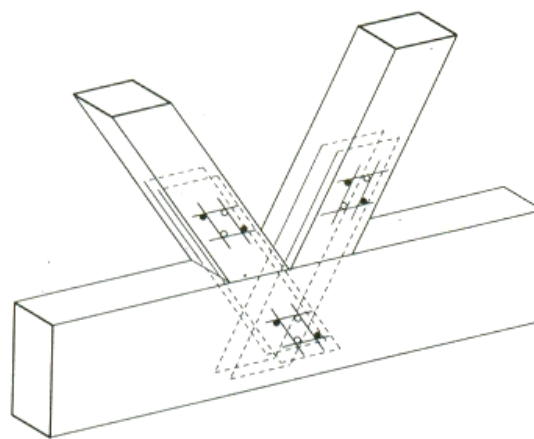


Figura 2. 68 – Sistema VB

Fonte: Fonte: Natterer (1998)

No caso das ligações triangulares, quando as cargas excederem a 300 kN, é conveniente escolher montantes e diagonais feitos com vários elementos, que se ligam através de chapas laminadas metálicas perfuradas, providas de *conectores dentados*, com espaçamento de 4,0 a 6,0 m.

Nesse caso, notadamente, utilizam-se *placas metálicas pregadas com parafusos de articulação* (NATTERER, 1998).

No canteiro de obras, essas ligações triangulares (que compõem uma treliça), se ligam com parafusos de articulação. Quando os esforços transmitidos estão concentrados sobre um determinado eixo, são obtidas articulações ideais.

Nesse modo de ligação as partes metálicas não são aparentes, portanto são protegidas contra o fogo, apresentando a vantagem complementar de serem facilmente elaboradas em marcenaria.

Os esforços são transmitidos pelos pregos dentro da placa metálica, que por sua vez os transmite por pressão lateral, através dos reforços de extremidades soldadas, até o eixo articulado.

Esse, enfim, os faz passar por cisalhamento à outra placa metálica. A pré-furação dos orifícios permite reduzir seu espaçamento e por conseqüência, as superfícies de conexão.

## Capítulo III: Sistema estrutural treliçado modular em madeira– SET 2M

*“Navegar é preciso; viver não é preciso”.*  
*De navegadores antigos portugueses; citação de Fernando Pessoa,*  
*em PALAVRAS DE PÓRTICO*

### 3.1 Concepção inicial

#### 3.1.1 Preliminares

Determinado o objeto de estudo deste Trabalho de Tese como sendo um sistema estrutural em madeira, apresentou-se uma questão básica a ser pensada.

Esta questão cingiu-se à sua própria especificidade, enquanto atividade acadêmica, portanto, revestida com caráter de cientificidade e, por se tratar de uma tese de doutoramento, daí resultar a premência de ser singular e original.

A abordagem inicial privilegiou a busca do estado da técnica e da arte, em um campo da arte e da ciência onde permeia autores da maior relevância, como Leonardo da Vinci, Antoni Gaudí, Frank Lloyd Wright, Buckminster Fuller, Pier Luigi Nervi, Frei Otto, Santiago Calatrava, entre outros.

Esses autores perceberam claramente a relevância da estrutura, para a *forma material rígida* (seja casa, máquina, árvore ou mesmo seres animados), como o principal dos seus elementos componentes.

Caso não houvesse estrutura, a *forma material* não poderia ser preservada e, sem essa preservação, o organismo interno como um todo não funcionaria, portanto deduz-se que, sem estrutura, não há organismo animado ou inanimado (ENGEL, 1981).

Em Arquitetura existem inúmeros elementos que constituem uma construção (pintura, acabamentos em geral, entre outros), mas suas presenças não são vitais. A estrutura é, no entanto, transformando-se em alguns casos pontuais e exemplares, a própria Arquitetura.



Figura 3.1 – Obra: *Residência Hélio Olga Junior* – Projeto do Arquiteto Marcos Acayaba  
Fonte: arquivo do Arquiteto (2001)

A sua relevância é acentuada pelo Professor e Arquiteto da FAUUSP Carlos Lemos, analisando a Arquitetura no que se refere às condicionantes ou determinantes, que compõem o *partido arquitetônico*, especificamente à técnica construtiva (leia-se notadamente: sistema estrutural) quando afirma que a

Arquitetura seria, então, toda e **qualquer intervenção no meio ambiente**, criando novos espaços, quase sempre com uma determinada intenção plástica, para atender a necessidades imediatas ou a expectativas programadas, e caracterizada por aquilo que chamamos de partido. Partido seria uma consequência formal derivada de uma série de condicionantes ou de determinantes; seria o resultado físico da intervenção sugerida. Os principais determinantes, ou condicionantes do partido seriam:

- a) A técnica construtiva (grifo do próprio autor), segundo os recursos locais, tanto humanos, como materiais, que inclui aquela intenção plástica, às vezes, subordinada aos estilos arquitetônicos.
- b) O clima.
- c) As condições físicas e topográficas do sítio onde se intervém.
- d) O programa das necessidades, segundo os usos, costumes populares ou conveniências do empreendedor.
- e) As condições financeiras do empreendedor dentro do quadro econômico da sociedade.
- f) A legislação regulamentadora do empreendedor e/ou normas sociais e/o regras da funcionalidade (LEMOS, 1980).

Para a concepção inicial, de Gaudí, além da genialidade de resolução de suas obras, veio a resposta à questão da originalidade de que esse trabalho deveria revestir-se. O fundamento primeiro para algo ser original, singelo, é que se aborde a questão em suas origens, ou seja, “ser original é aproximar-se das origens” (GAUDÍ *apud* GIRALT-MIRACLE, 2004).

Analisando-se o objeto de estudo, em termos de um dos elementos principais da Natureza, a floresta, a “árvore” é o seu símbolo mais representativo.



Figura 3.2 - Árvore jatobá (*Hymenaea confertiflora*) (à esquerda) e Picapau-macho (*Drycopus lineatus*) (à direita)  
Fonte: Vasconcelos (2000)

A partir daí, resultou como “natural” sua imagem representativa como símbolo conceitual da concepção do objeto de estudo, vislumbrando-se dessa maneira, o caminho para atingir o objetivo proposto, através do desenvolvimento geométrico de



uma forma, recorrendo-se ao conceito da **aparência orgânica** da árvore, temática já bordada por alguns autores de modo bastante criativo em suas obras.

O Engenheiro, Professor e Escritor Augusto Carlos de Vasconcelos acentua a total independência desta temática, em relação ao material em si, sendo, outrossim, exclusivamente um modo de levar cargas à fundação<sup>1</sup>.

Um exemplo marcante é do espanhol Santiago Calatrava, Engenheiro por graduação e Arquiteto e Escultor, por escolha, no projeto da intervenção na igreja construída em 1892 em Nova York, EUA: *Cathedral of John the Divine* (1991), considerado o maior exemplar neogótico do mundo. Calatrava projeta a 55 m do piso da igreja um tipo de *bio-shelter* (em tradução livre do inglês: “abrigo ecológico”), adicionando elementos estruturais com **aparência orgânica**. Os projetos das igrejas góticas eram originariamente inspirados pela metáfora da “**árvore**” e Calatrava capta esse fato, projetando um jardim no céu, que remete às folhagens das árvores metafóricas, como se fosse a estória do *Jardim do Éden* (JODIDIO, 2001).



Figura 3.3 -Maquete

Obra: *Cathedral of John the Divine* . Fonte: Jodidio, 2001

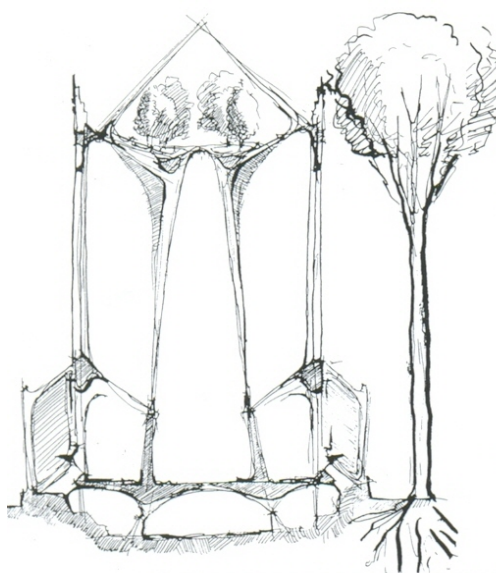


Figura 3.4 - Croquis esquemático

Obra: *Cathedral of John the Divine* . Fonte: Jodidio, 2001

<sup>1</sup> Informação verbal fornecida por Vasconcelos, em seu escritório (Maio de 2006).

A intervenção de Calatrava é inserida no ático existente da nave, onde esse *bio-abrigo* situa-se bem acima do solo, não alterando a personalidade do edifício original, mas trazendo para a nave, luz natural.

Apesar de entusiasticamente recebido tanto pelo júri, quanto pelo público em geral, não foi edificado por falta de fundos, recebendo do renomado Arquiteto Philip Johnson a seguinte observação: “o projeto reconcilia o passado e o futuro“ (JODIDIO, 2001).

Esse trabalho simboliza a atitude projetual do autor, de permanecer fiel às idéias básicas da concepção de projeto da construção original neogótica, que remetia à linguagem metafórica da “**árvore**”, dando-lhe uma conotação contemporânea.

O mesmo autor retoma o tema da “**árvore**”, trabalhando em conjunto com o escritório nova-iorquino de Arquitetura de *Skidmore, Owings & Merrill*, para criar uma galeria de seis andares, com um bloco de passagem conectando duas torres, em estrutura metálica, pintado na cor branca, terminado por uma pele de vidro em sua parte superior.

Na obra *BCE - Bell Canadá Enterprises Place, Gallery & Heritage Square* (1987-92), em Toronto, Calatrava sintetiza, mais uma vez, a linguagem metafórica da “**árvore**”, representada no Gótico, com as figuras modernas do mestre Gaudí.



Figura 3.5 – Vista lateral frontal

Figura 3.6 -Vista interna I

Obra: *BCE Building*. Fonte: Jodidio, 2001



Figura 3.7 – Vista interna II



Figura 3.8 – Interior I e II

Obra: *BCE Building*. Fonte: Jodidio, 2001

Outra obra relevante, na linguagem metafórica à “*árvore*”, é o *Kuala Lumpur International Airport*, do arquiteto japonês Kishio Kurokawa, na Malásia, cuja construção iniciou-se em 2000, com prazo para término em 2010.

O autor consegue sobrepôr a um número reduzido de apoios, que sustentam o teto do terminal principal, composto de *conchas parabolóides hiperbólicas* em concreto reforçado e revestido internamente por sarrafos de madeira, uma mega estrutura, integrando-se perfeitamente ao entorno (JA, 2007).



Figura 3.9 - Exterior

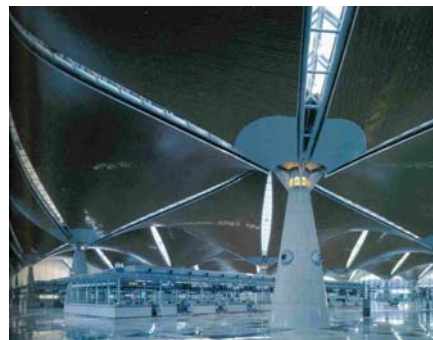


Figura 3.10 Interior I



Figura 3.11 – Interior II



Figura 3.12 – Interior III

Obra: *Kuala Lumpur International Airport*. Fonte: Revista *The Japan Architect* (1997)



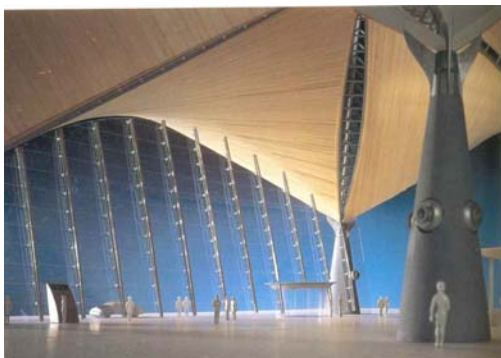


Figura 13 - Maquete eletrônica/vista interna

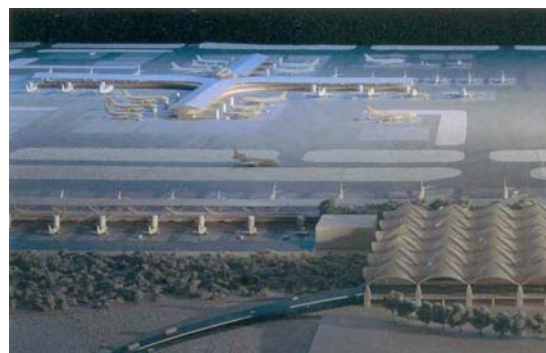


Figura 3.14 - Maquete eletrônica/vista externa

Obra: *Kuala Lumpur International Airport*. Fonte: Revista *The Japan Architect* (1997)

A **aparência orgânica**, gerada pela figura geométrica *parabolóide hiperbólico* da cobertura, remete às similares de Gaudí na obra *Sagrada Família* (1882), pensada através do processo de *maclação*, que é uma operação complexa de sobrepor ou acoplar diversas figuras geométricas, empregada por Gaudí na criação dos pináculos dessa obra (GÓMEZ-SERRANO e ALSINA, 2004).

Figura 3.15 – Obra: *Sagrada Família*. Fonte: INSTITUTO TOMIE OHTAKE, 2004

Na mesma linha conceitual, o Terminal de Passageiros do *Stuttgart Airport* é, sem dúvida, uma obra emblemática em Arquitetura.

Os arquitetos Meinhard von Gerkan, Karsten Bräuer e Klaus Staratzke, da firma *Von Gerkan, Marc and Partners*, autores dessa obra em estrutura metálica, criam um espaço amplo, com pés direitos generosos, empregando um número reduzido de pilares. A construção do teto do terminal é baseada na estrutura de uma árvore, culminando com uma composição arquitetônica singela, apesar de suas complexidades estruturais e, impregnada com uma intenção plástica invejável.

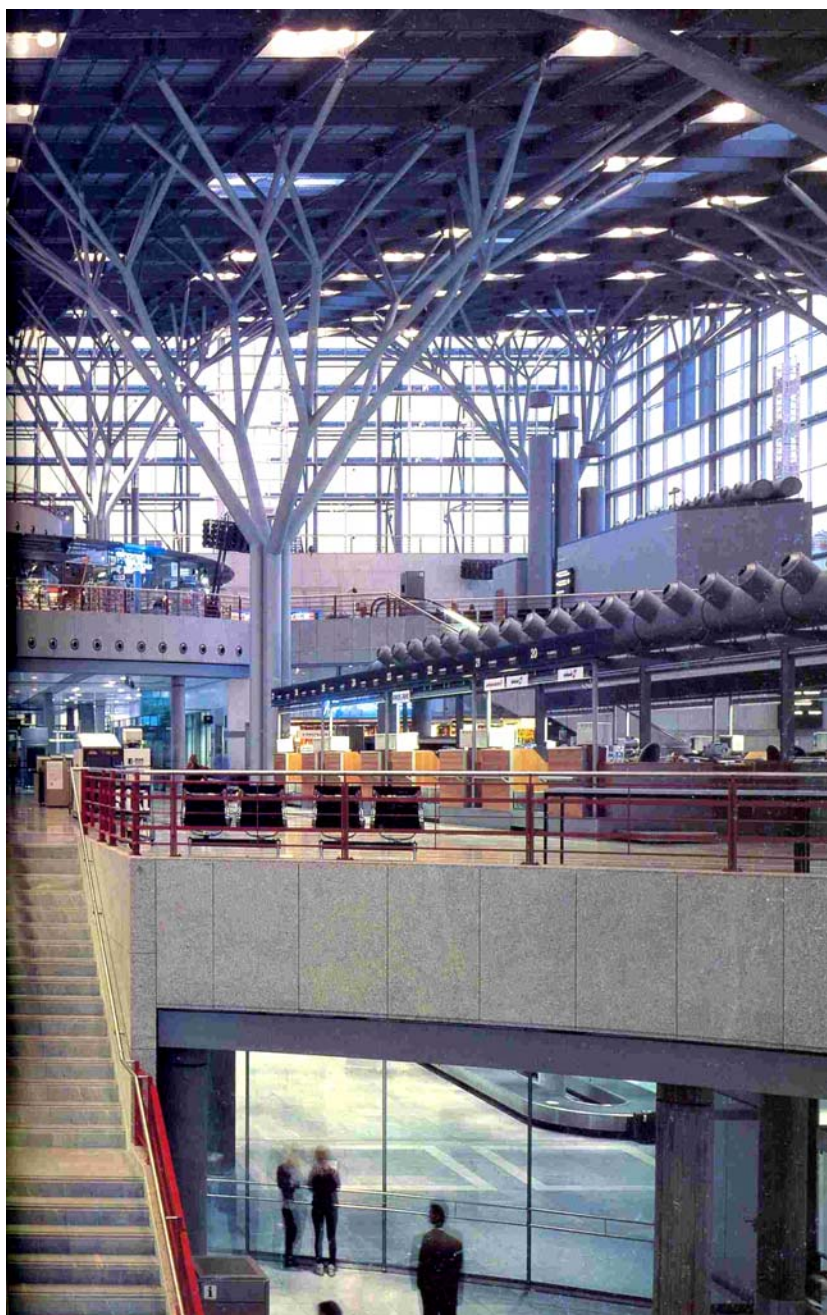


Figura 3.16 – Obra: *Stuttgart International Airport*. Fonte: Revista: *Architectural Design* (1993)



### 3.1.2 Desenvolvimento do projeto

Em relação ao Trabalho de Tese proposto, a princípio foram estabelecidas algumas condicionantes de projeto, a saber: 1) Que a inserção do artefato arquitetônico causasse o mínimo impacto ambiental; 2) Previsão de, no máximo, quatro pontos de apoio no solo; 3) Atendimento à relação custo benefício; 4) Adaptação a diferentes tipos de solo; 5) Reduzido número de profissionais não especializados para sua montagem em área mínima apropriada; 6) Área total de cada módulo em torno de 1.200 m<sup>2</sup>, 7) Utilização multifuncional e 8) Sua composição final remetesse à **aparência orgânica da árvore**.

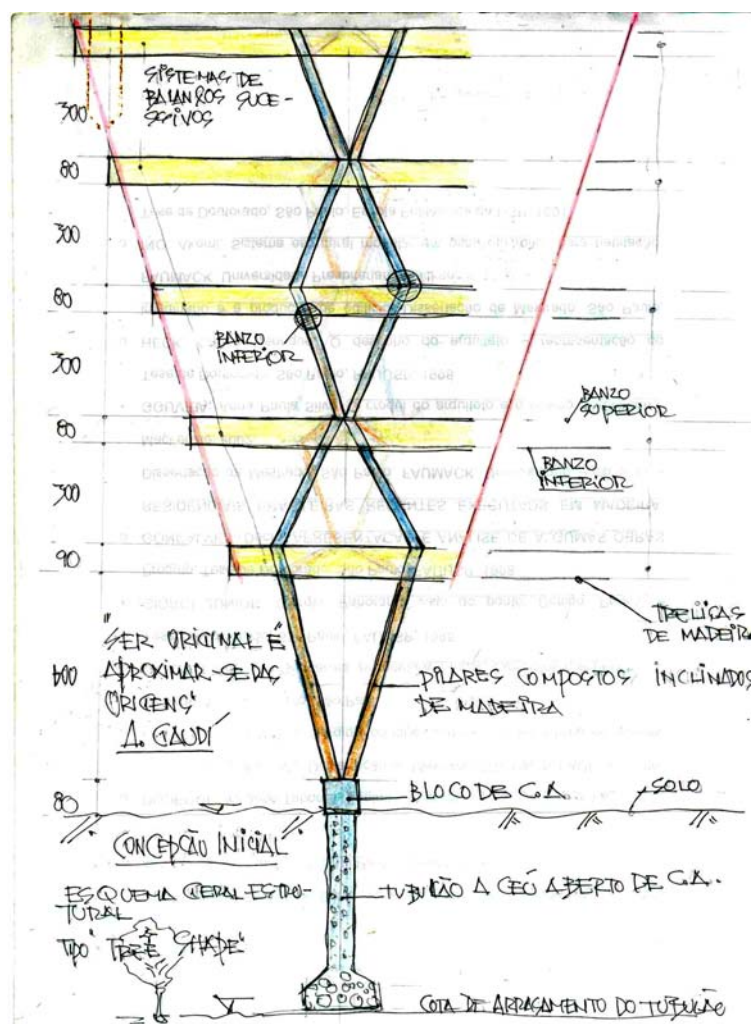


Figura 3. 17- Croqui esquemático –concepção inicial –Fonte: do próprio autor (Início de Janeiro 2004)



Figura 3.18 – Cartão postal enviado de Curitiba pelo Engenheiro Luiz Antonio Carvalho de Campos (à esquerda) Fonte: Paraná Cart. No. 5 (24/01/04) e fotomontagem, colocando as araucárias isoladas, simulando duas árvores vizinhas (à direita). Fonte: IPT (Maio de 2006)



Figura 3.19 – Fotomontagem, juntando as duas araucárias, remetendo a um sistema treliçado Fonte: IPT (Maio de 2006)

A treliça plana apresentou-se como uma resolução interessante neste contexto, pois as madeiras poderiam se apoiar em seus interstícios. Para atender à questão dos apoios dos elementos estruturais horizontais, no caso, por contato, definiu-se pela viga *Trigonit*, a qual compõe uma treliça com características bem definidas.

Essa treliça é fabricada industrialmente com sucesso na Europa Central há muito tempo, sendo composta por vigas dispostas em triângulos, de almas delgadas, ligadas por colagem, às chamadas vigas laminadas coladas (NATTERER, 1998).

O produto final resulta adequadamente leve, propiciando grandes vãos entre os apoios e balanços generosos, e por conseqüência um pano de laje amplo, devido ao comprimento de sua “envergadura”.

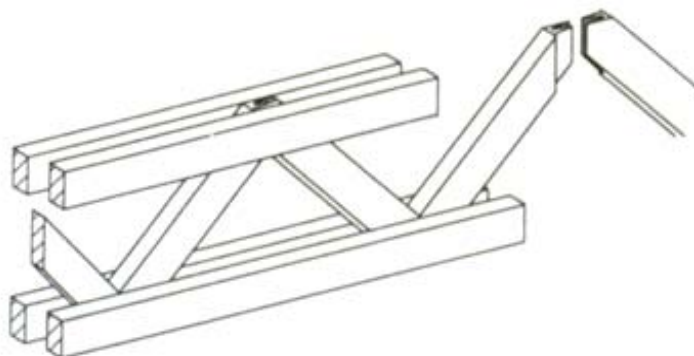


Figura 3.20 - Vista em corte de uma viga Trigonit. Fonte: Natterer (1998)

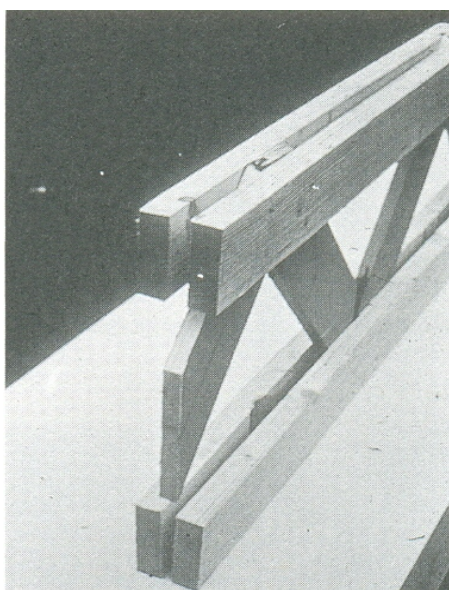


Figura 3.21 – Treliza Trigonit. Fonte: Natterer (1998)

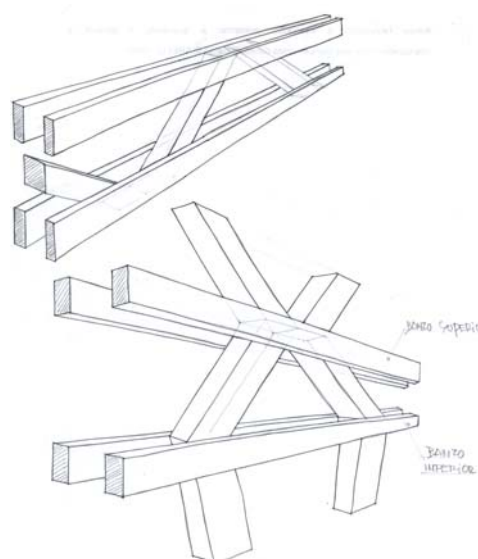


Figura 3.22. Croqui do próprio autor (2004)

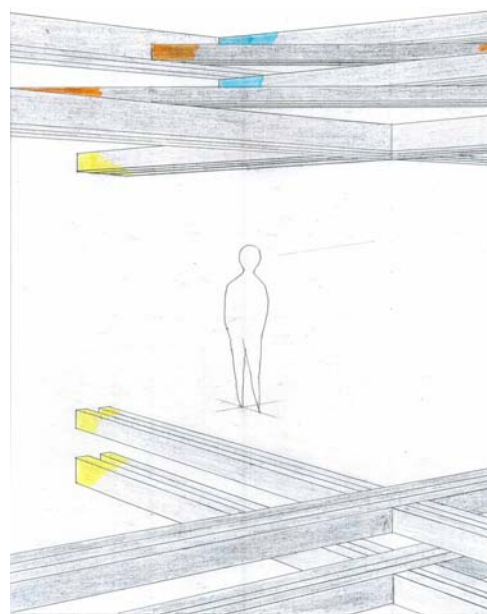
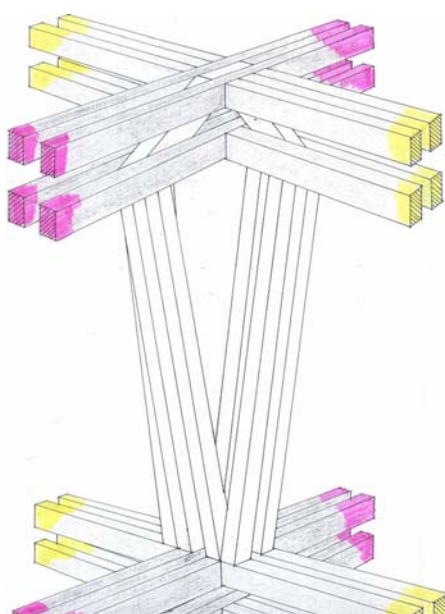


Figura 3.23 – Esboços do próprio autor (2004)



No Brasil, as vigas laminadas coladas foram fabricadas pela firma *Laminarco* a partir da década de 40 até o final do século passado, com criatividade e rigor técnico. Existem ainda hoje exemplares magníficos em pleno uso, com vãos, que superam vinte e cinco metros, apresentando seções de 16 cm de largura por 47 cm de altura, compostas por tábuas de 2,54 cm de espessura por 200 cm de comprimento, coladas, julgadas bastante delgadas para a amplitude do vão considerado.



Figura 3.24 – Ginásio poliesportivo do Esporte Clube Pinheiros/SP. Foto do próprio autor (Março 2006)



Figura 3.25 – Viga laminada colada  
Ginásio Poliesportivo do Esporte Clube Pinheiros/SP. Foto do próprio autor (Março 2006)

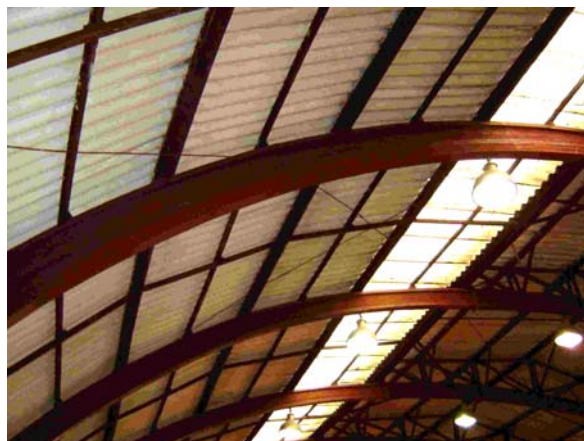


Figura 3.26 – Vista das vigas da cobertura  
Ginásio Poliesportivo do Esporte Clube Pinheiros/SP. Foto do próprio autor (Março 2006)

Adotou-se, a princípio, uma hipótese, que respeitava o apelo ecológico, de não se utilizar nenhum elemento metálico na estrutura, utilizando apenas peças de

madeiras para as ligações, em que estas seriam simplesmente apoiadas umas às outras, através de seus interstícios, objetivo esse atendido conforme o previamente proposto.

Essa abordagem projetual culminou com um sistema estrutural eminentemente retilíneo, sendo os esforços transmitidos por contato, portanto, não havendo a necessidade de ligações metálicas entre peças.

Apesar do desenvolvimento geométrico parecer ser de uma árvore, em sua composição final, não remetia à essência da constituição de uma árvore, com suas ramificações. A estrutura final mais se assemelha a um sistema estrutural linear, de concreto armado, “rígido”, “duro”, não orgânico<sup>2</sup>

O estudo inicial não atingiu o nível de dimensionamento de peças, apresentando somente dimensões gerais. Porém, pela escolha de madeira laminada colada para os seus principais elementos, consegue-se uma estrutura adequadamente leve.

As áreas dos pisos variam de 220 m<sup>2</sup> a 490 m<sup>2</sup>, em quatro níveis, mais a cobertura, resultando uma área total construída de aproximadamente 1.200 m<sup>2</sup>. As áreas previstas dos pisos são as seguintes: 2<sup>o</sup> sub-solo = 224,77 m<sup>2</sup>; 1<sup>o</sup> sub-solo = 282,37 m<sup>2</sup>; térreo = 345,25 m<sup>2</sup>; superior = 417,01 m<sup>2</sup> e cobertura = 494,05 m<sup>2</sup>.

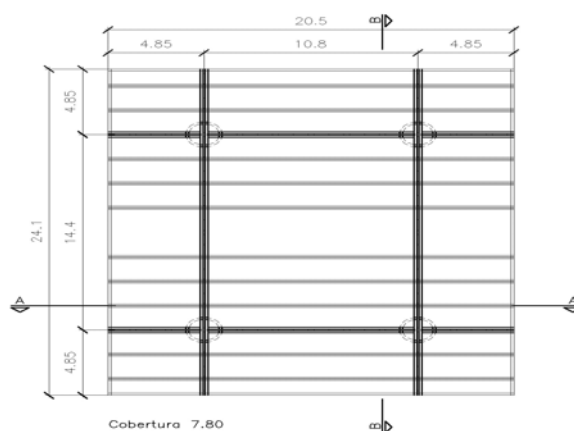


Figura 3.27 – Planta cobertura (2005)

<sup>2</sup> Informação verbal disponibilizada por Arnaldo Martino em seu escritório, em fevereiro de 2005.



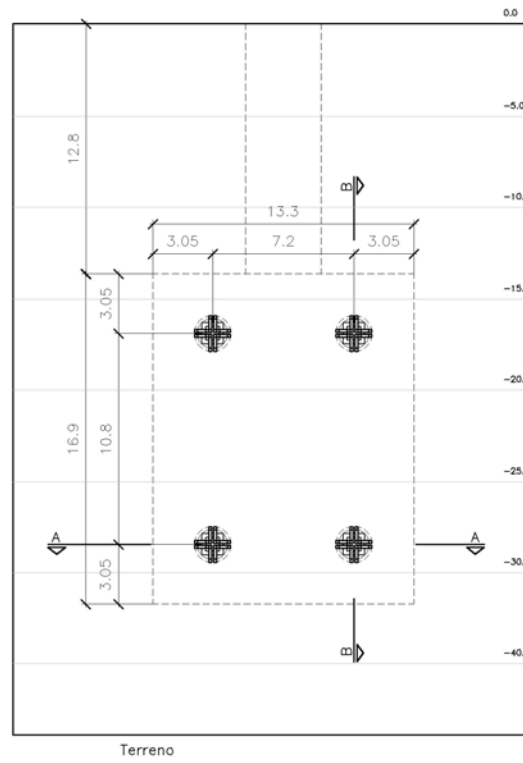


Figura 3.28 – Terreno (2005)

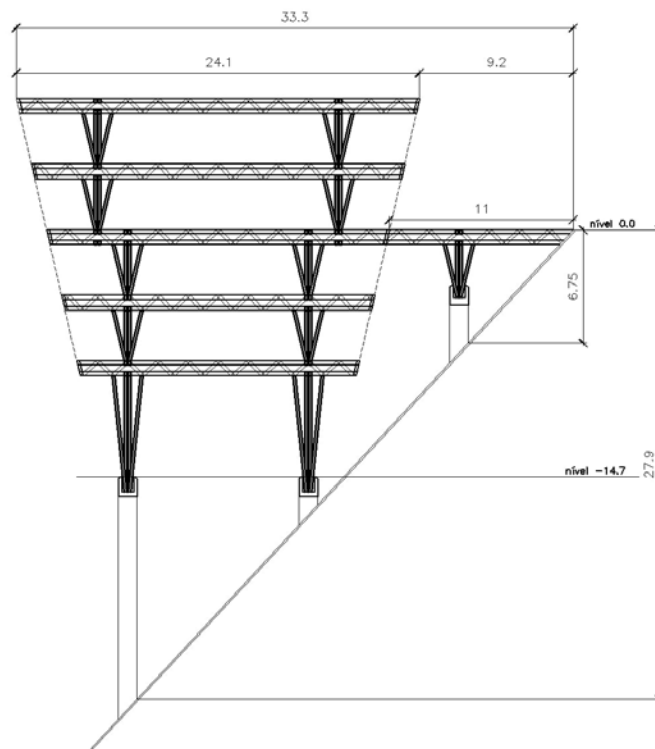


Figura 29 – Corte longitudinal (2005)

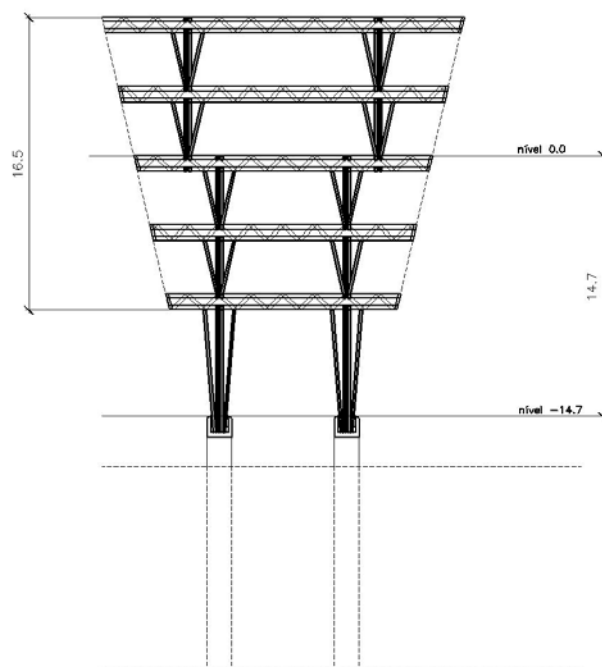


Figura 3.30 – Corte transversal (2005)

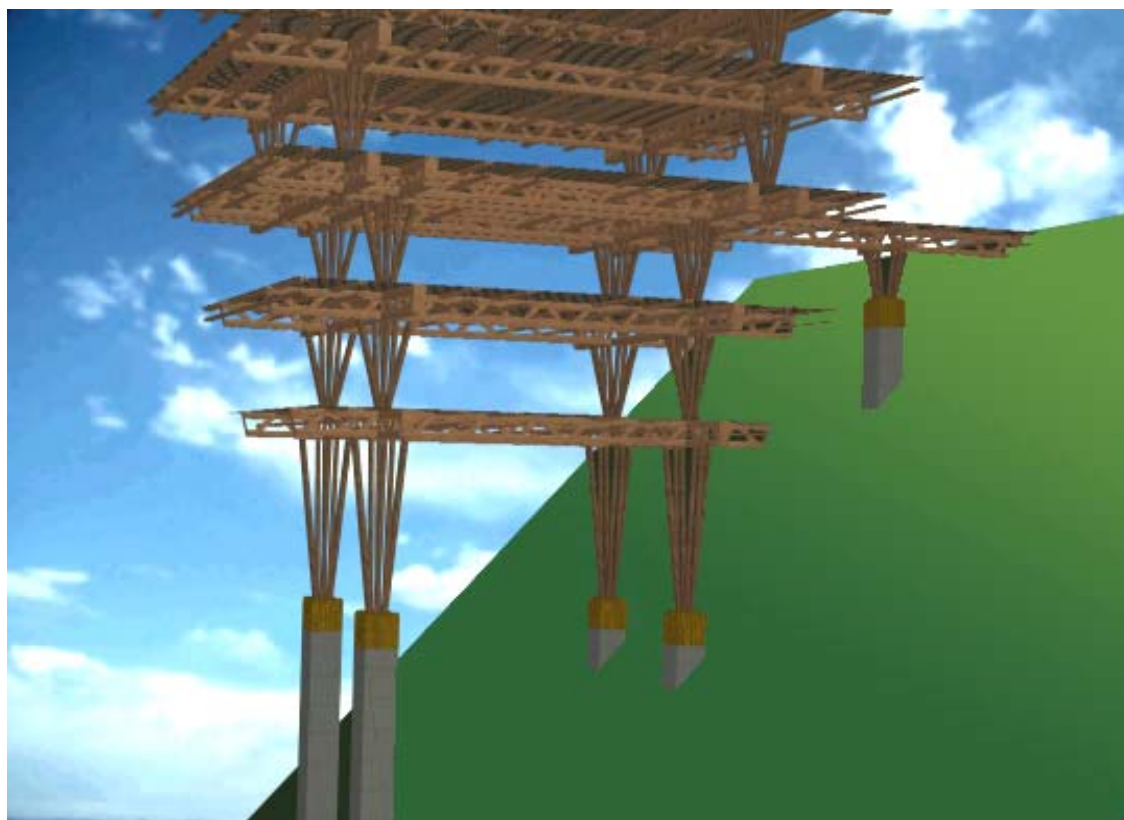


Figura 3.31 – Maquete eletrônica 01 (2005)

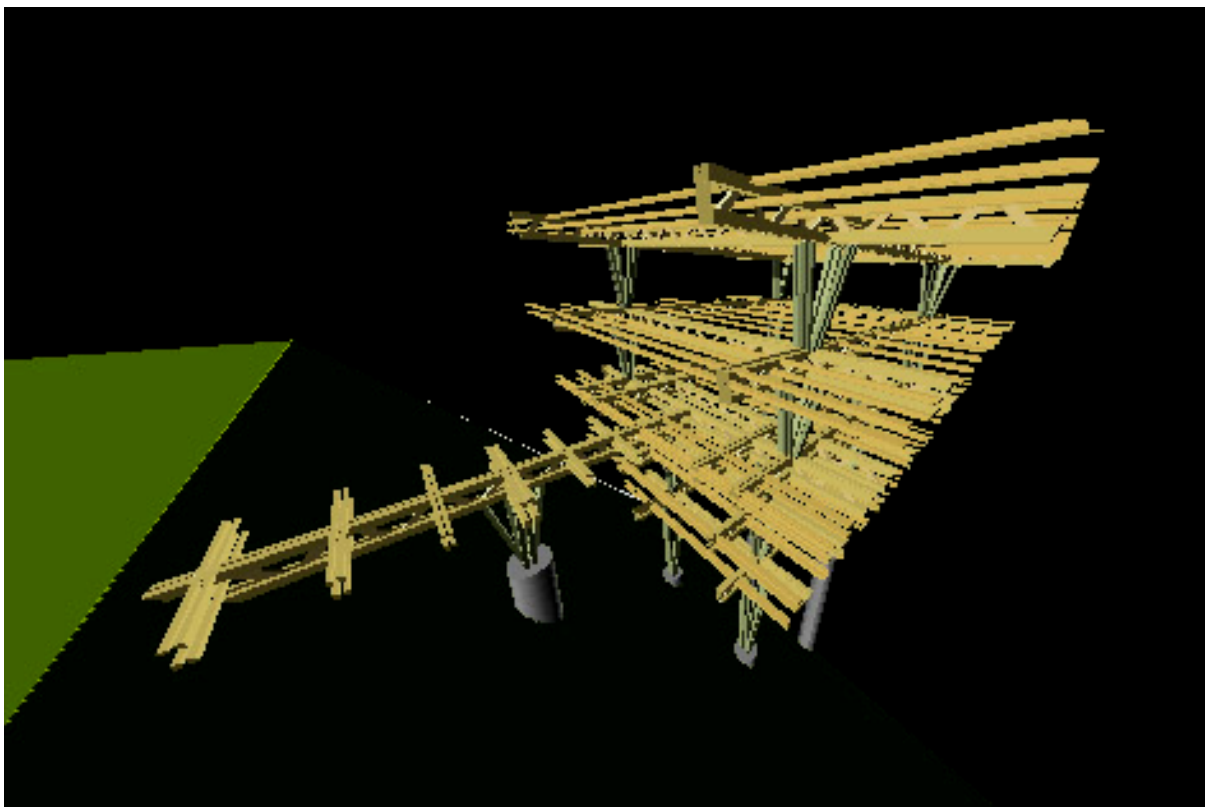


Figura 3.32 – Maquete eletrônica 02 (2005)

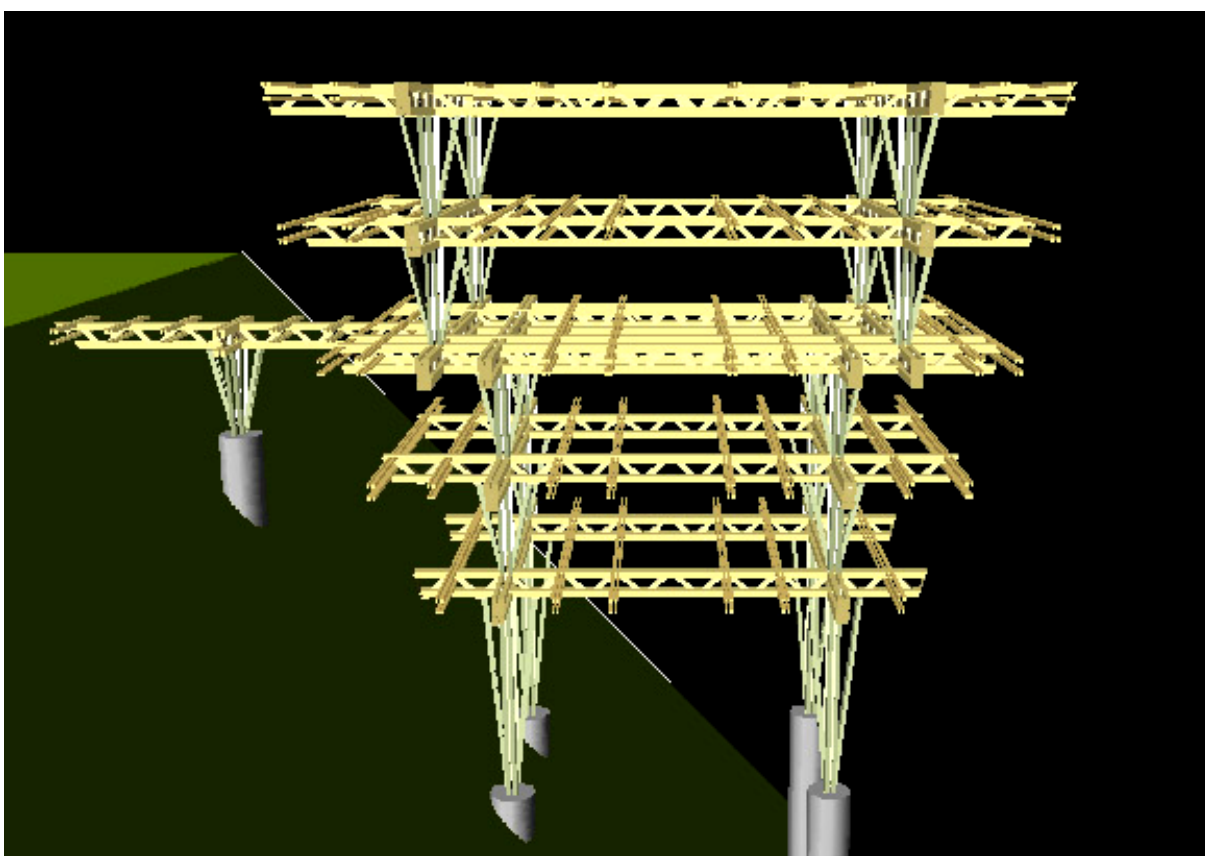


Figura 3.33 – Maquete eletrônica 03 (2005)

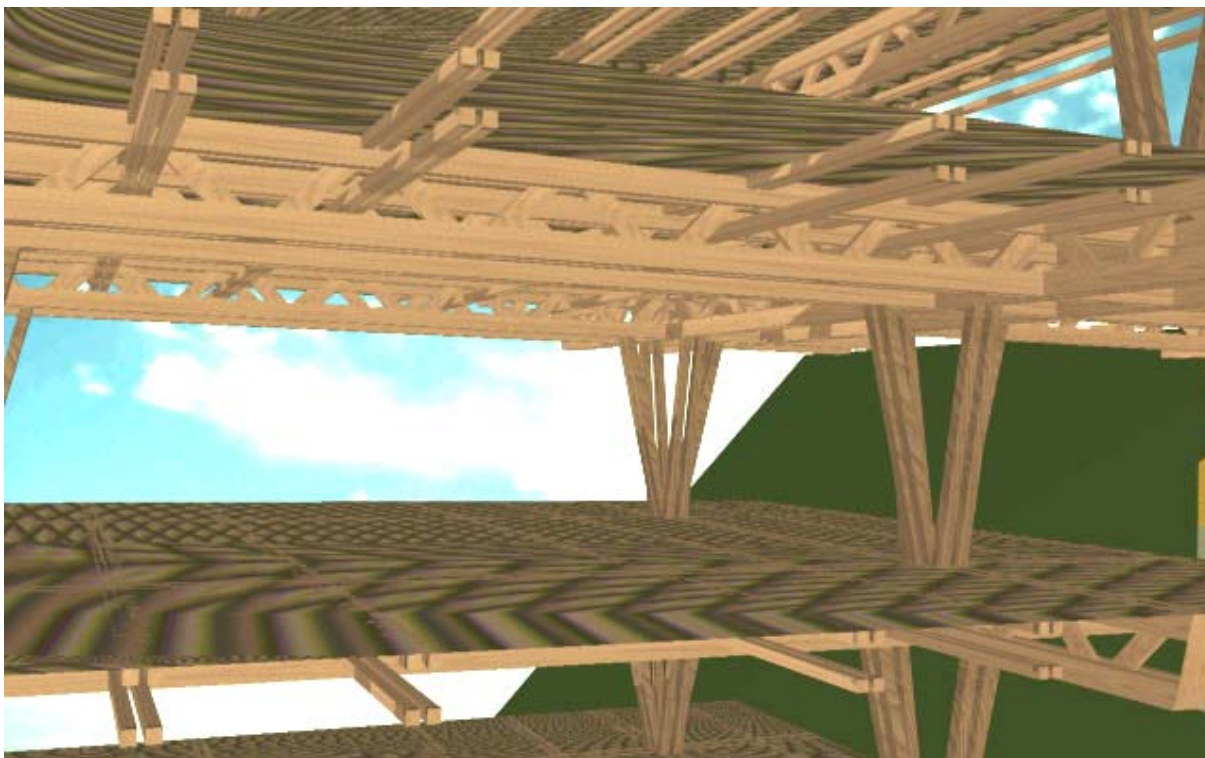


Figura 3.34 – Maquete eletrônica 04 (2005)

### **3.1.3 A questão complexa da linguagem metafórica à “árvore”**

Através da metafísica, enquanto entendida como a ciência ou o conjunto de ciências que estuda a essência das coisas, os primeiros princípios e causas do que existe, pode-se ter a pretensão de vislumbrar uma saída plausível para essa questão.

Para tanto, toma-se emprestado do filósofo Immanuel Kant, em seu texto *Crítica da Razão Pura*, que “(...)... a realidade não se mostra ao homem assim como ela é em si, mas somente como ela lhe parece em razão de sua específica faculdade cognitiva. Nós não apreendemos as coisas em si, mas as coisas, enquanto fenômenos” (*apud* WEISCHEDEL, 1999).

Gaudí foi um dos autores que mais se aproximou deste princípio, utilizando com propriedade os experimentos no próprio canteiro de obras, como um dos seus relevantes pontos projetuais para desenvolver, de maneira brilhante, conceitos e idéias inovadoras.



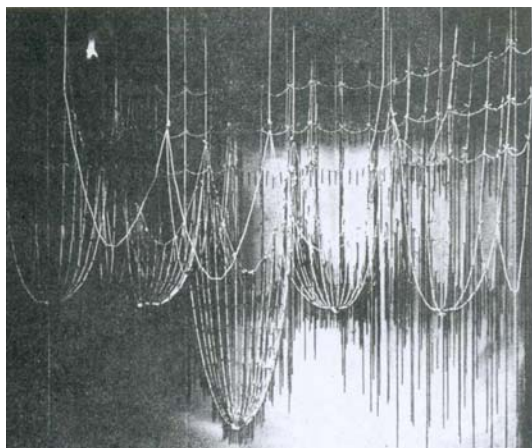


Figura 3.35 – Primeiro estereofunicular utilizado por Gaudí e publicado em 1928 por Ràfois  
 Fonte: INSTITUTO TOMIE OHTAKE, 2004

A inspiração de Gaudí passava por uma criatividade pessoal inesgotável e pela maestria da Natureza, afirmando a esse respeito que “Aquele árvore próxima ao meu canteiro de obras: ela é meu mestre expressa claramente a devoção pela obra de Deus; no que diz respeito à complexidade geométrica, as colunas ramificadas da **Sagrada Família** vão muito além do crescimento helicoidal do tronco dos eucaliptos ou do desenvolvimento, no espaço natural, da folhagem das bananeiras” (GÓMEZ-SERRANO e ALSINA, 2004).



Figura 3.36 – Árvore; Pilares da obra *Sagrada Família*. Fonte: INSTITUTO TOMIE OHTAKE, 2004



A árvore pode ser classificada como um sistema portante ramificado, onde as folhas representam pequenas cargas isoladas distribuídas sobre a copa da árvore, a seguir essas cargas são absorvidas pelos ramos e galhos e, finalmente, transmitidas ao tronco. Trata-se de um sistema com alto grau de otimização, quando se leva em consideração, que o apoio (tronco) é submetido à compressão, e os ramos, caracterizado por um sistema de vigas submetidas á flexão (OTTO, 1985).

Essa complexa morfologia permite aos ramos de uma árvore e às nervuras de uma folha assumirem uma dupla função: de sistema portante (transporte de forças) e de sistema de transporte de massa (seiva), desempenhada por uma mesma estrutura, e com um dispêndio mínimo de energia.



Figura 3.37 – Árvore

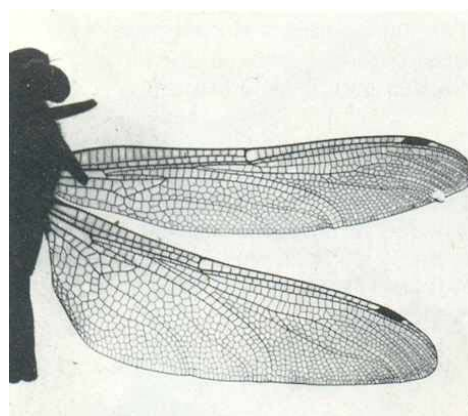


Figura 3.38 – Asa de libélula, reforçada por nervuras

Fonte: Otto (1985)

Fazendo-se uma comparação, em termos portantes, entre os conceitos dos sistemas estruturais de “ramificação” e o de “poste-e-viga”, enquanto o primeiro informa somente sobre a característica da forma, o segundo informa também a carga de um elemento portante. No caso do sistema “poste-e-viga”, o apoio (poste ou coluna) trabalha a compressão, ao passo que as vigas trabalham a flexão.

As estruturas ramificadas se constituem a partir de elementos unidimensionais. Do tronco principal nasce, por ramificação e pela distribuição dos galhos: a) uma estrutura essencialmente plana; b) uma estrutura em *casca* a duas dimensões; c)

uma estrutura espacial em três dimensões. Em havendo uma função portante em uma dessas três estruturas, ela pode ser pensada, levando-se em consideração as cargas atuantes, como uma adição de vínculos, uma adição de elementos de vigas ou mesmo ainda, em se tratando de uma árvore, por exemplo, como uma fusão dos dois efeitos em um sistema global, unitário. Pode-se afirmar que na base do conceito das estruturas naturais do tipo de “ramificações”, encontram-se os “processos de constituição da forma” (OTTO, 1985).

O arquiteto defronta-se freqüentemente em suas concepções com o desafio de originar sobre determinados pontos cargas de superfície, quer seja de uma laje, um teto ou mesmo de uma cobertura, para atender as suas necessidades projetuais visando uma forma desejada.

Sua pesquisa, juntamente com o engenheiro, passa pela busca de estruturas portantes, que se adaptem perfeitamente a diferentes usos, segundo a relevância das cargas, onde as leves podem ser agrupadas sobre apoios, isso graças a uma estrutura reticulada leve. No caso das cargas muito pesadas é exigido o emprego de pilares maciços com grandes seções, dispostos relativamente próximos uns aos outros. Quando as estruturas, que se ramificam formalmente para o alto, as cargas atuantes são predominantemente de médio porte, usualmente empregadas para suportar, por exemplo, um teto ou uma cobertura.



Figura 3.39 – Teto de uma Usina em Roma, obra de Nervi



Figura 3.40 – Coluna da *Catedral de Salisbury*

Fonte: Otto (1985)

Em termos projetuais existem exemplos de realizações de estruturas portantes conforme as leis morfológicas naturais, mesmo levando-se em consideração que outros fatores como custos, utilização, entre outros, desempenham um papel predominante e determinam a forma da construção.

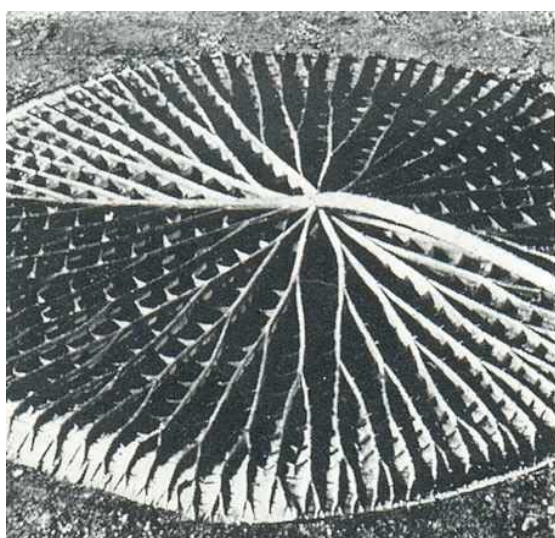


Figura 3. 41 – Folha de uma Vitória Régia

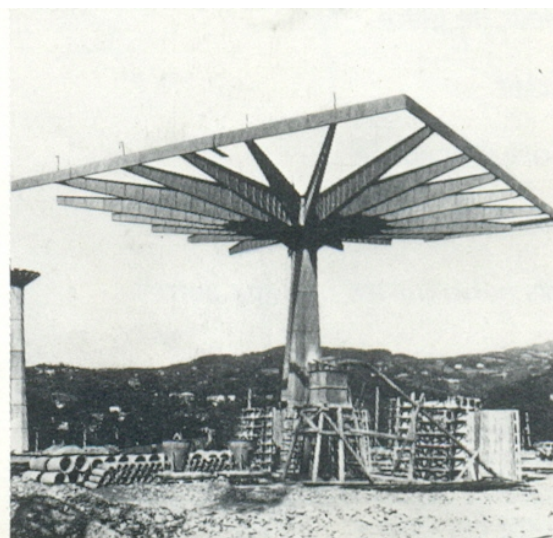


Figura 3.42 – Sistema “teto-suporte”, obra de Nervi

Fonte: Otto (1985)

As estruturas, que se ramificam amplamente para o alto, as quais Frei Otto define como sistema estrutural “*suporte-árvore*” trabalham unicamente a compressão (representando: o tronco o suporte, e a árvore, os seus demais elementos estruturais). Esse sistema evita os esforços de flexão, ocorrendo, dessa forma, uma passagem harmoniosa das forças em direção aos pontos de apoio isolados. Com isso, suprime-se quase que completamente o contraste (da compressão-flexão ou flexo-compressão) entre o suporte linear e a laje plana, tornando o sistema estrutural “*teto-suporte*”, derivado do “*suporte-árvore*”, um conjunto (conceitualmente) homogêneo.

No sistema “*suporte-árvore*” a morfologia se processa como uma estrutura ramificada do tipo “esponja”, em que as forças distribuídas sobre uma laje são agrupadas em feixes e transmitidas sobre pontos isolados. Nas lajes intervêm forças de flexão e nos suportes (apoios) forças de compressão (OTTO, 1985).

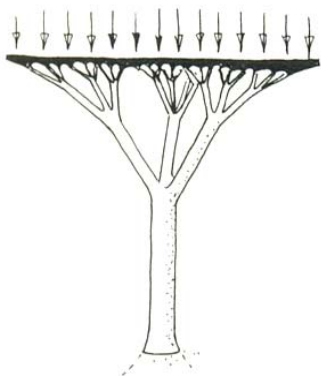


Figura 3.43 – Estrutura do tipo esponja

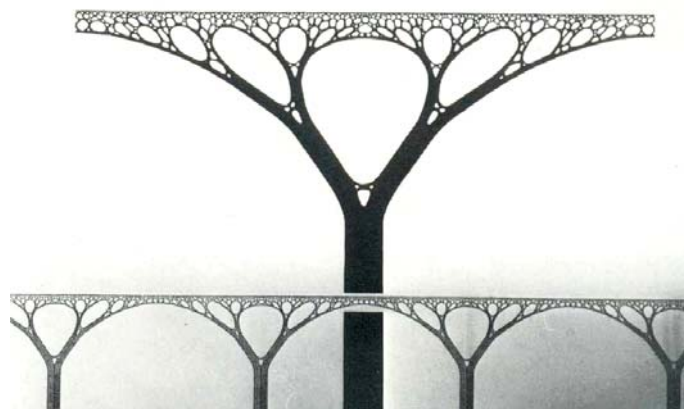


Figura 3.44 – Tipo “suporte-árvore”  
Fonte: Otto (1985)

As ramificações do tipo “suporte-árvore” podem ser materializadas através de maquetes executadas com tubinhos de aço.

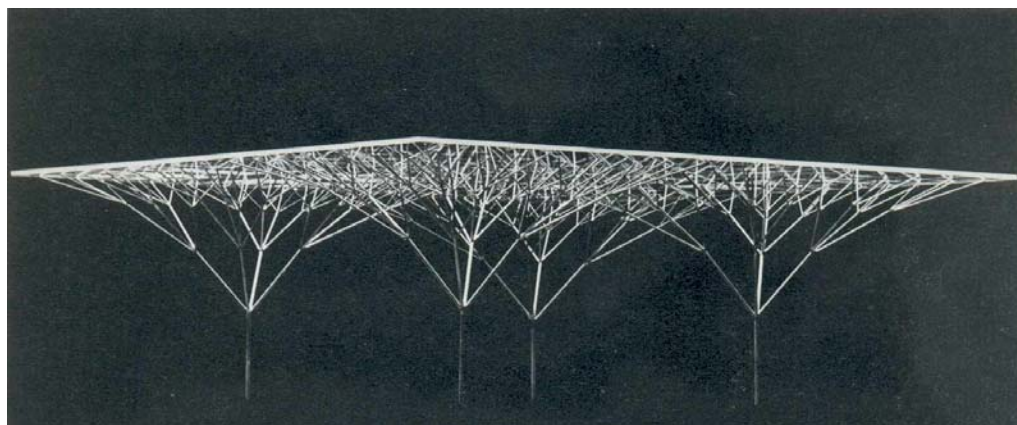


Figura 3.45 – Maquete 01. Fonte: Otto (1985)

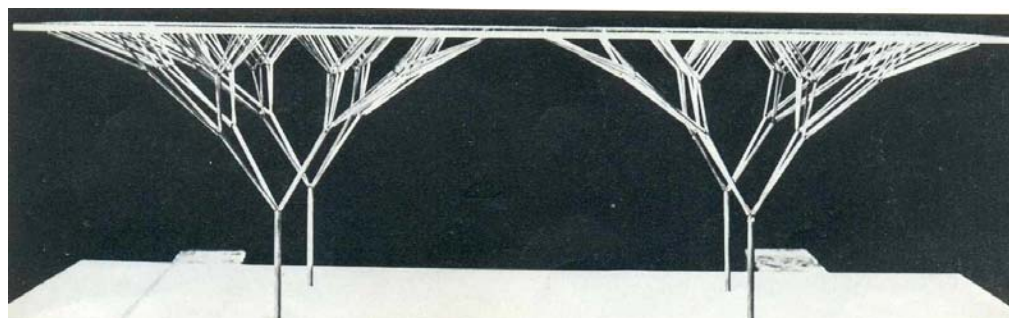


Figura 3.46 – Maquete 02. Fonte: Otto (1985)

Uma outra abordagem desse tema é a configuração de uma *casca (superfície portante curva) em treliça espacial*, que pode experimentalmente ser executada a partir de um primeiro modelo de definição de forma do sistema “suporte-árvore”,



onde a superfície a considerar é invertida e suspensa por fios, que permite levar em conta a orientação das forças, desde a primeira elaboração da forma.

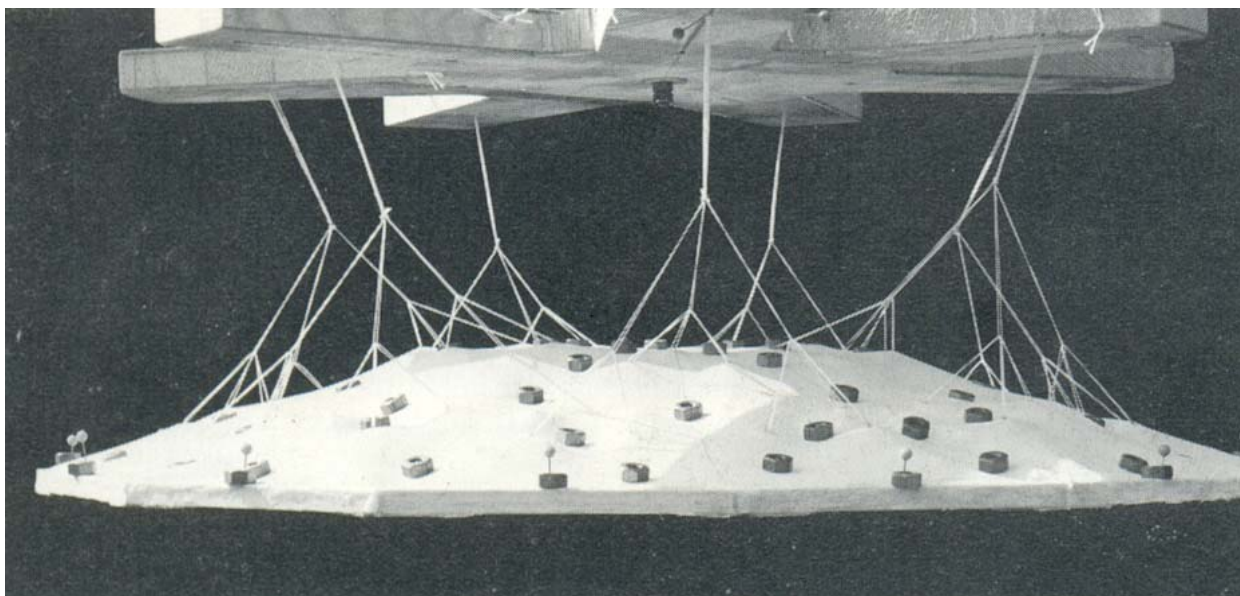


Figura 3.47 – Primeiro modelo de forma de “suporte-árvore”

Fonte: Otto (1985)

Em uma segunda fase é elaborado um modelo com a forma aproximada já definida com a ajuda de correntes e fios, em uma escala maior, utilizando barras engastadas umas às outras.

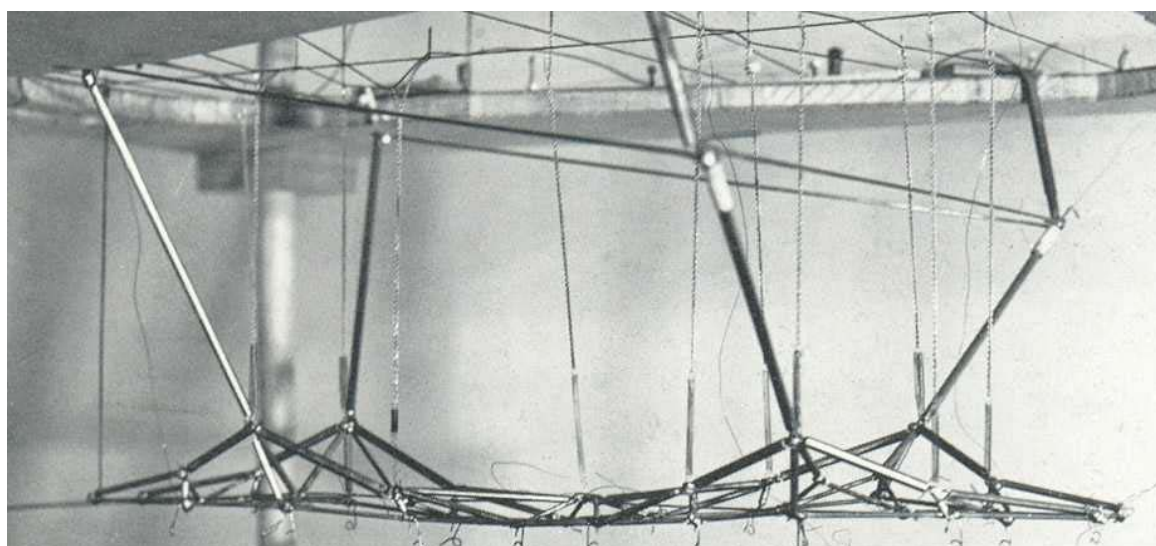


Figura 3.48 – Modelo suspenso em passarela

Fonte: Otto (1985)

No terceiro experimento, o modelo em escala de 1:100 é soldado e invertido, repousando sobre seis “suportes-árvore”. A estrutura encontra-se já em sua posição



definitiva sobre os apoios, configurando-se como uma figura de *casca em treliça*, submetida somente ao seu próprio peso e às forças de compressão.

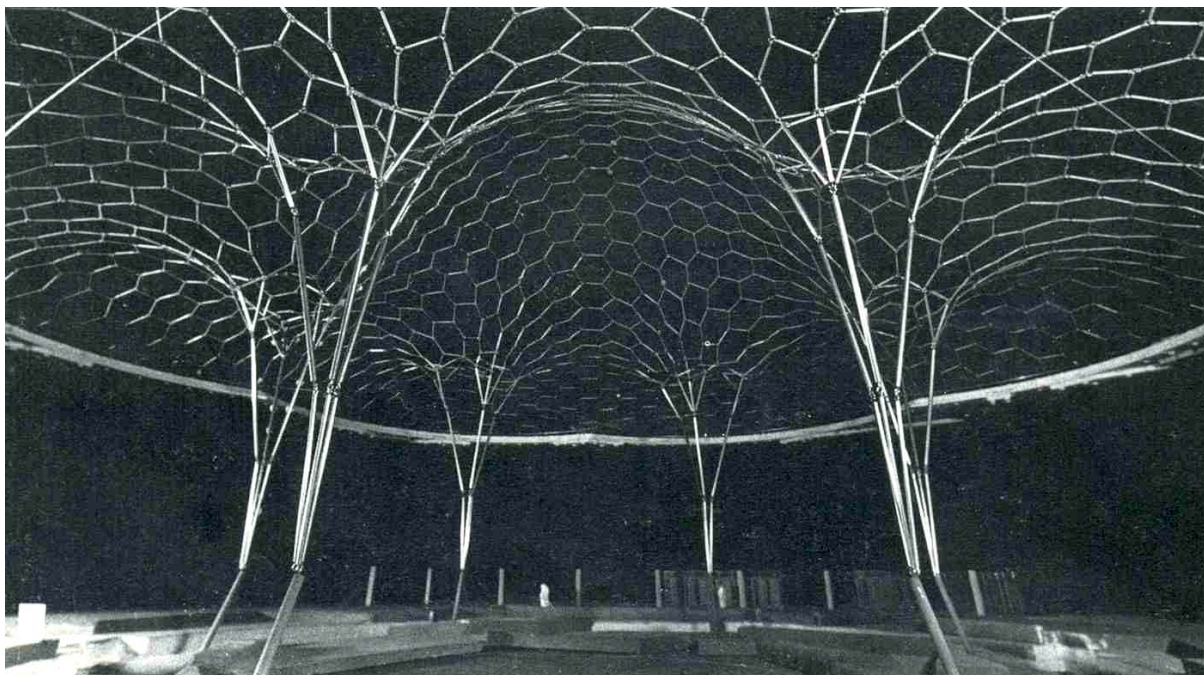


Figura 3.49 – Casca em treliça, repousando sobre seis “suportes-árvores”  
Fonte: Otto (1985)

E, finalizando, para o estudo do “*suporte-árvore*” foi pensado um projeto, executado a princípio em maquete na escala 1:50, o *Projet au Proche-Orient* (1977), vencedor de um concurso, tendo a construção da obra iniciada em 1980.

Este projeto trata de uma estrutura metálica (material aço), cobrindo um pátio interno para área de reunião e de recepção, com um diâmetro de 60 a 70 m, coberto por uma casca translúcida e leve, dando a impressão de um pátio inteiramente aberto.

Todos os hexágonos, que compõem a casca são constituídos de barras de aço de mesma dimensão. O diâmetro de cada casca varia de 25 a 100 m, sendo que a treliça é composta de tubos de aço soldados, sobre os quais são colocados elementos envidraçados ou cercados por um tipo de envelope perfurado e translúcido.

O sombreamento da edificação é propiciado por placas protetoras contra irradiações solares, inseridas na parte superior da casca, como escamas, que escondem esse

conjunto em sua face aparente. O sistema propicia uma penetração suficiente da luz, sem insolação direta e permite uma boa ventilação.

Sob o efeito invertido da carga da cúpula e de seu peso próprio, o “*suporte-árvore*” trabalha somente à tração. Após a soldagem das barras, inverte-se o modelo: a partir desse momento, o efeito de tração transforma-se em esforço de compressão. O conjunto estrutural, sob o efeito de seu peso próprio, não é submetido a nenhum esforço de flexão.

A *casca* é composta por malhas hexagonais metálicas, terminada por elemento translúcido, repousando organicamente sobre seis apoios, formados por tubos de aço agrupados em feixes.



Figura 3.50 – Vista por debaixo do modelo suspenso



Figura 3.51 – Modelo suspenso e invertido

Fonte: Otto (1985)

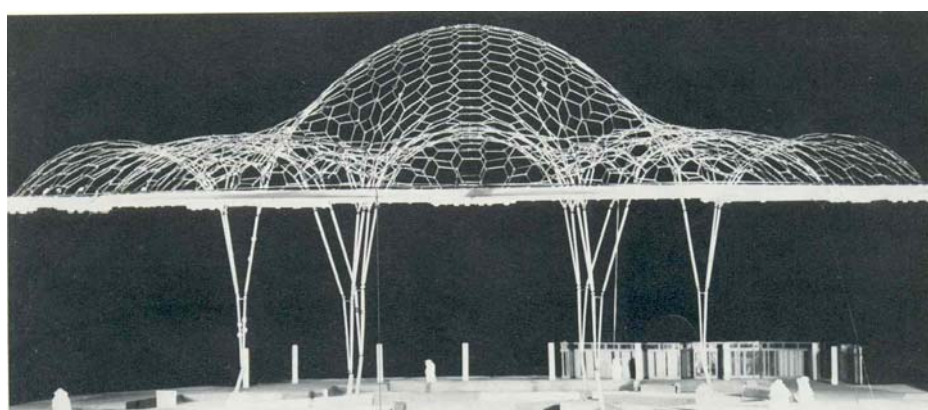


Figura 3.52 – Vista lateral do modelo suspenso na escala 1:50 da grande Casca Central

Fonte: Otto (1985)

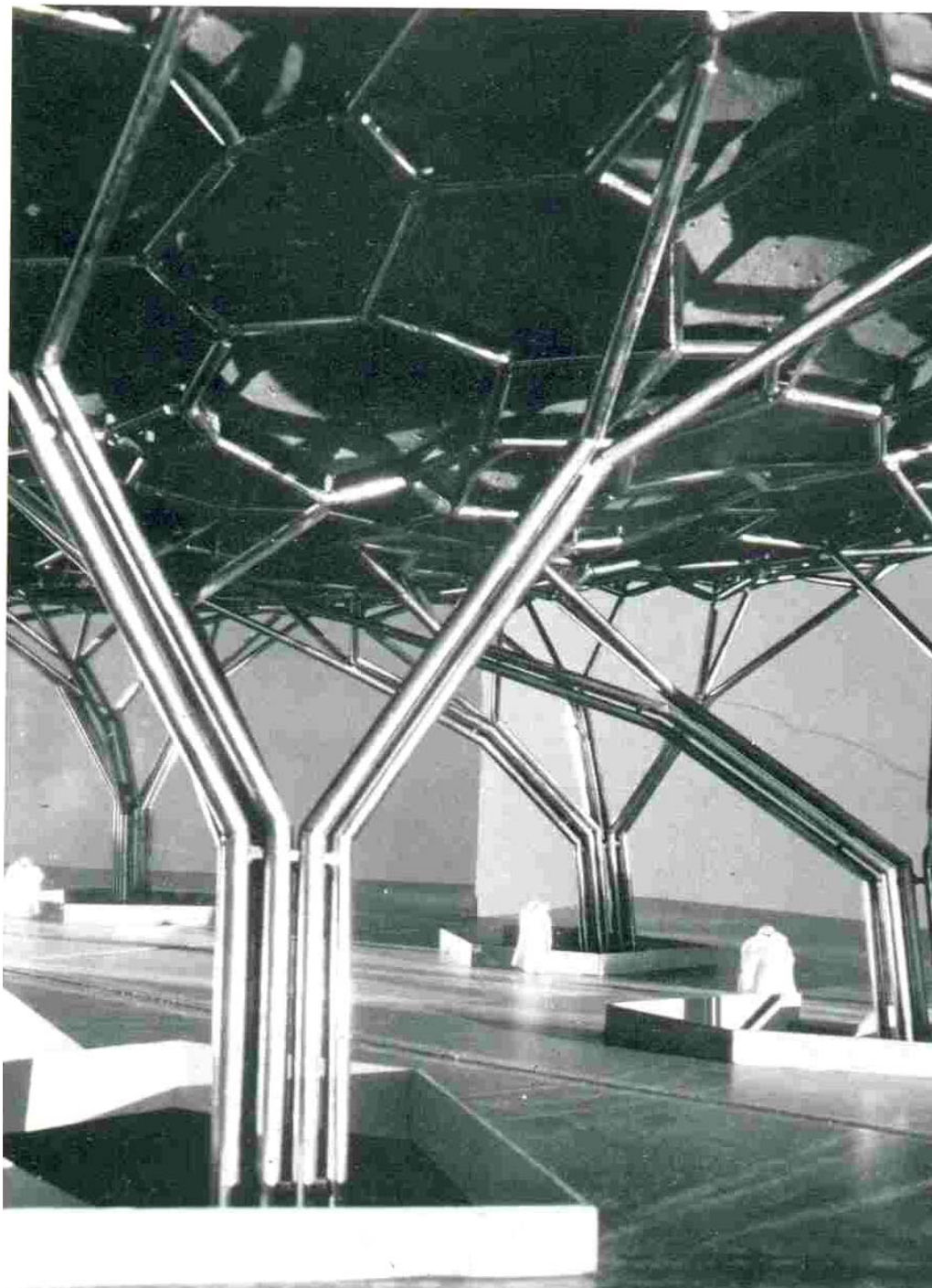


Figura 3.53 – Maquete: “suporte-árvore” da Área de reunião. Fonte Otto (1985)

Os nós dessas “ramificações” desempenham um papel notável nos sistemas portantes ditos “naturais”, pois por serem rígidos, permitem uma perfeita flexibilização do conjunto, quando submetidos a esforços externos, preponderantemente os de vento, fazendo com que, ao cessar o efeito, haja uma retomada à posição original, sem dano aparente à espécie arbórea.



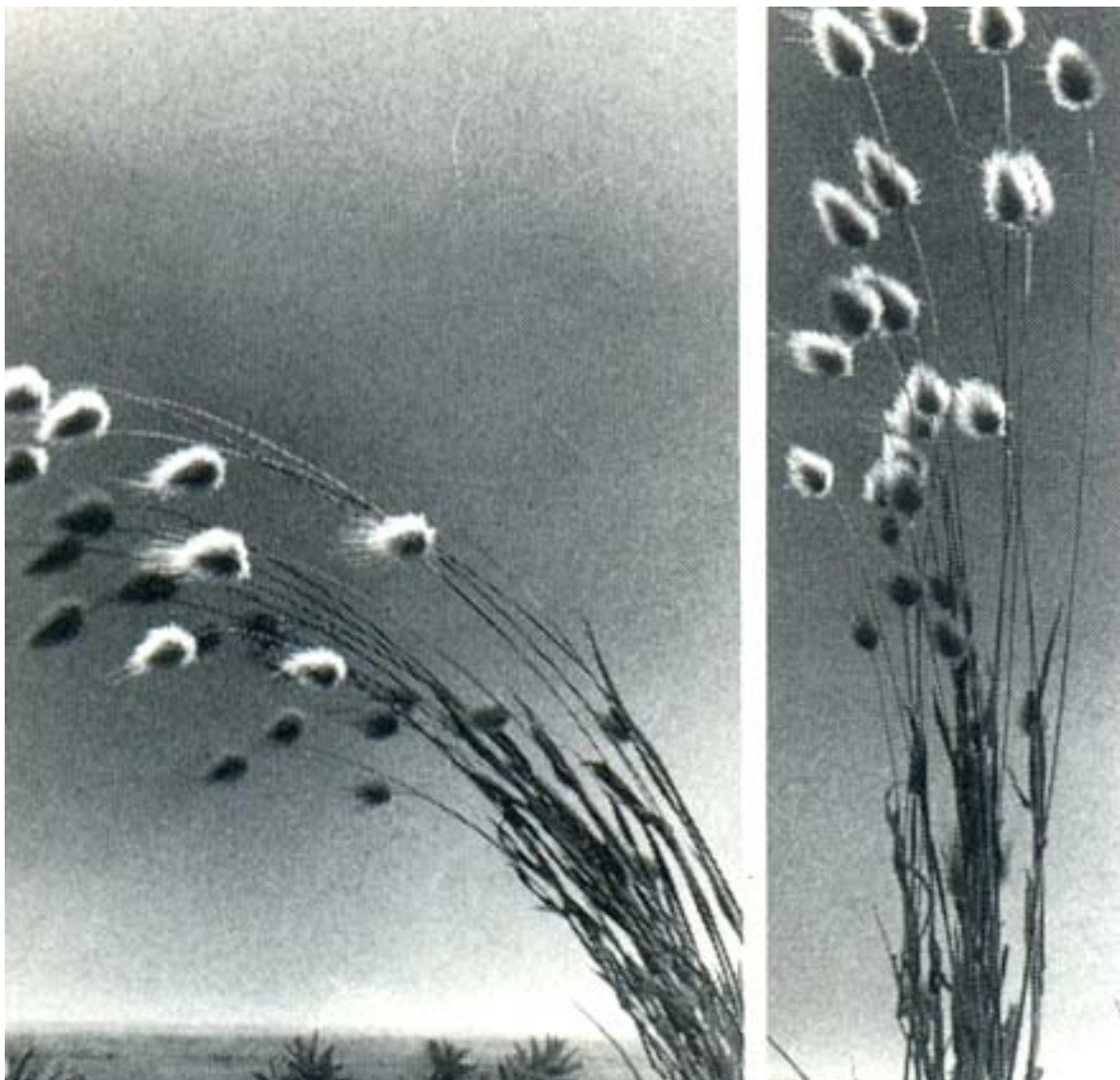


Figura 3.54 – Arbusto submetido a esforços de flexão: na posição de repouso (à direita) e submetido a esforço de vento (à esquerda). Fonte: Otto (1985)

Deduz-se pelo exposto, apesar do tratamento superficial com que se trata neste Trabalho de Tese, o qual mereceria uma abordagem muito mais abrangente e profunda, que a questão da linguagem metafórica à “**árvore**”, além do pressuposto de ser complexa, e o é, reveste-se de uma tensão, pois remete à origem da própria Arquitetura e da Engenharia.



Figura 3.55 – *Primitiva cabana*, contra-capá do livro *Essai sur l'architecture*, de Abbé Laugier, de 1755  
Fonte: Frampton (1995)

Afinal, em que condições um sistema estrutural pode ser conceituado como do tipo “**árvore**”?

A princípio, estabelece-se a hipótese de que esse sistema independe do material, quer seja seu produto original a madeira, quer seja qualquer material artificial, como por exemplo, os elementos metálicos (aço, cobre, titânio, alumínio, plástico, entre outros).



Ressaltam-se algumas características da própria árvore, que intuem a consolidação desse sistema estrutural enquanto conceito, a saber:

- Os nós das ramificações (ramos, galhos) são eminentemente rígidos;
- As cargas que atuam são derivadas de esforços a flexão; apenas aquelas vindas da parte superior e que chegam ao tronco da árvore são cargas de compressão;
- As ramificações do topo das copas das árvores são elementos engastados em uma extremidade (no encontro de ramificações) e livres na outra extremidade<sup>3</sup>.
- Em nenhum instante, ocorre de forma permanente e definitiva a ligação das extremidades dos galhos na parte superior da copa das árvores, caracterizando e configurando um elemento, que remeta à finalidade de uma laje, casca em treliça, ou qualquer elemento estrutural criado pela técnica<sup>4</sup>.

Essas características ajudam na definição de um sistema estrutural na questão se a ele cabe, realmente, ser dada à denominação tipo “**árvore**”.

De uma maneira bastante corrente, quando o desenvolvimento geométrico do sistema estrutural (sua forma) remete à **aparência orgânica** da árvore, diz-se que o sistema é tipo “**árvore**”, a qual podem ser adicionados outros atributos, quando houver, como, por exemplo, nós rígidos.

Um exemplo bem nítido desta postura conceitual ocorre quando o sistema estrutural é composto de treliças. Seus nós, ao contrário dos da “**árvore**” são flexíveis (articulados), não-rígidos e os esforços em suas barras são axiais (compressão e tração). Nesse caso, sob a ótica da estrutura propriamente dita, não é do tipo “**árvore**”, mas sim pela sua forma, que remete à **aparência orgânica** da árvore.

---

<sup>3</sup> Informação fornecida por Nilson Franco em 27/04/06, via telefone.

<sup>4</sup> informação disponibilizada por Arnaldo Martino em 03/04/06, em seu escritório.



Figura 3. 56 – Obra: *BCE Building*

Fonte: Jodidio, 2001



Figura 3.57 – Obra: *Kuala Lumpur I Airport*



Figura 3.58 – Obra: *Stuttgart I. Airport*

Fonte Jodidio, 2001



Figura 3.59 – Obra: *Residência Ricardo Baeta*  
projeto de M. Acayaba. Fonte: Arquivo do autor (2001)

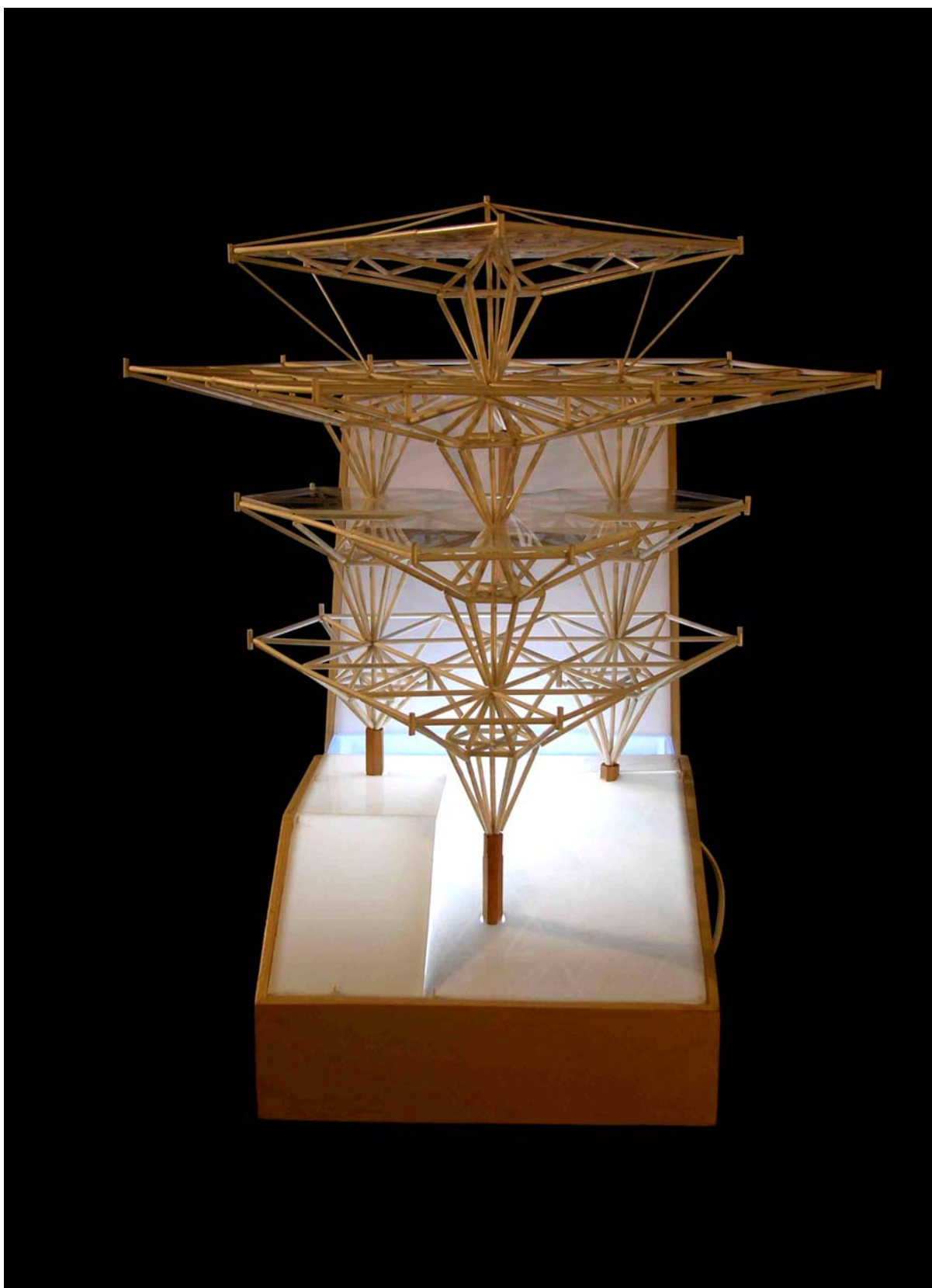


Figura 3.60 – Treliçado espacial – maquete na escala 1:50 – composta de três pavimentos mais a cobertura – segunda versão – execução do próprio autor. Fonte: Foto de Cândida Maria Vuolo (Março 2005)

Faz-se constar que o *SISTEMA ESTRUTURAL TRELIÇADO MODULADO EM MADEIRA – SET 2M*, objeto de estudo desta tese de doutoramento, foi depositado pela UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO / USP, no Instituto Nacional de Propriedade Industrial / INPI, em 27/01/06 e recebeu o pedido de patente nº **P.I. 0.600.454-7**. Esclarece-se que na elaboração do relatório final para a solicitação da concessão da patente, o título não faz menção à madeira especificamente, mas deixa em aberto o tipo de material, assim estendendo-se essa concessão também a outros materiais já existentes ou a ser desenvolvidos pelos centros de pesquisa ou pelo mercado.

## **Pedido de Patente** [Caixa de Entrada](#)

☆ **Jussara** <jussara@usp.br> para amaldomartii [Mais opções](#) 4 Abr (6 dias atrás)

**Prezados(as) Senhores(as)**

Informamos que o pedido de patente sob o Título "SISTEMA ESTRUTURAL MODULAR TIPO ÁRVORE", recebeu o nº. P. I. 0.600.454-7.

Sendo só para o momento,

Atenciosamente,

Jussara

Ch. Seq. Téc. Adm. Financeiro

Ag. USP Inovação



Este pedido de patente trata de um "Sistema estrutural pré-fabricado, para concepção de projetos arquitetônicos, que podem ser implantados em terrenos com declividade variada e, mais precisamente, a um sistema estrutural que compõe um módulo, ao qual poderão ser acoplados outros módulos, em diferentes direções (três direções), transformando-se em uma megaestrutura, cuja aplicabilidade abrange residências unifamiliares, conjuntos habitacionais, usos institucionais, espaços culturais, de pesquisa, usos de interesse sociais, entre outros"<sup>5</sup>.

## **3.2 O Sistema SET 2M: Exercício projetual estrutural I**

### **3.2.1 Introdução**

O sistema adotado privilegia o emprego de ligações metálicas, ao contrário do empregado na *concepção inicial*, recorrendo com mais tensão ainda ao apelo ecológico, pois subtrai um apoio no solo, trabalhando com apenas três apoios, resultando com mais evidência a preocupação de implantar artefatos arquitetônicos com preocupações cada vez mais ecológicas.

As demais hipóteses, em geral, inseridas na *concepção inicial*, permanecem, como utilização em diversos usos, implantação em terrenos difíceis com declividades variadas, emprego de técnicas de pré-fabricação modulada, racionalização de processos construtivos, disponibilização de espaço e pessoal reduzidos para a montagem no canteiro de obras, inserção no sítio com o mínimo impacto ambiental, implementação de módulos em diferentes direções, resultando uma mega-estrutura, entre outras.

Opta-se pela adoção de um módulo com área total em torno de 600 m<sup>2</sup>, disposta em três pavimentos: sub-solo, térreo, superior, mais a cobertura, pois atende

---

<sup>5</sup> Texto definindo o escopo do pedido de patente apresentado ao INPI (jan/2006)



perfeitamente às necessidades programáticas dos diversos usos, além de permitir uma logística bastante otimizada, em relação a *concepção inicial*.

### 3.2.2 Estado da técnica/arte

A primeira referência relevante de um sistema estrutural, que tem como essência e remete à árvore, é a obra: *Sagrada Família*, em Barcelona, Espanha, de autoria do arquiteto catalão Antoni Galdí. Essa obra teve seu início em 1882, encontrando-se ainda em construção nos dias atuais, tais os seus graus de complexidade em termos de estrutura e forma, estando sua conclusão prevista para o ano de 2040 (BUXADÉ; MARGARIT, 2004).



Figura 3.62 – Pilares – Obra: *Sagrada Família*. Fonte: INSTITUTO TOMIE OHTAKE, 2004

Gaudí era deveras parcimonioso em sua documentação escrita, tanto que se recorre à expressividade das próprias formas e aos testemunhos de seus discípulos e colaboradores para conhecer a concepção de arquitetura que ele usou para projetar e construir sua importante e vasta obra. Gaudí, na *Sagrada Família*, inverte a imagem gótica de uma estrutura, estreita na parte mais alta (a abóbada) e que se vai alargando, enquanto desce. Esse efeito é causado por contrafortes e arcobotantes, daí propor, de forma original e criativa, a inserção de pilares, que se abrem em ramificações, formando uma espécie de figura invertida do gótico (BUXADÉ; MARGARIT, 2004).



Figura 3.63 – Pilares: Obra: *Sagrada Família*. Fonte: INSTITUTO TOMIE OHTAKE, 2004

Essa alusão formal à “**árvore**”, por Gaudí, é tornada real pelo emprego do concreto armado (material de uso recente na construção civil à época). O Arquiteto e Professor Doutor Arnaldo Antonio Martino afirma a respeito, que a armação das ferragens simula concretamente as fibras da madeira de uma espécie arbórea, unindo e transladando esforços ao longo dos troncos e dos ramos, na mesma linha de correspondência com os elementos do concreto armado: vigas, pilares, colunas, entre outros<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Informação fornecida pelo Arquiteto e Professor Arnaldo Martino em seu escritório, em fevereiro de 2005.

Gaudí criou na obra *Sagrada Família* um sistema estrutural que é reconhecido, nos tempos modernos, como uma das três mais relevantes obras estruturais em todo o mundo, ao lado das construções que surgiram da *Escola de Chicago*, por volta de 1875.

Essas obras se caracterizavam por pilares e vigas metálicas, tudo isso travado por muros da fachada, ao lado da emblemática *Torre Eiffel* (1888), com a utilização de estruturas triangulares, na compressão e tração de peças.

Nesse sistema, que remete à árvore, Gaudí não considerou ações horizontais, pois dotou as seções das torres com dimensões suficientemente resistentes, a fim de viabilizarem o equilíbrio sem contrafortes, apesar da ação do vento. Além disso, sua genialidade buscou uma solução singular para dimensionar uma viga: balizou seu raciocínio no princípio de que esta viga se sustenta, desde que possa encontrar uma solução de equilíbrio compatível com a capacidade resistente.

A configuração geométrica adotada nesse invento é definida pelo triângulo equilátero, que ao lado do quadrado e do círculo, compõem os três tipos básicos das formas geométricas.

Nessa mesma linha projetual, o arquiteto Frank Lloyd Wright, a partir da década de 30 do século passado, cria as *Usonian Houses*, brilhantes resoluções arquitetônicas, aplicando o conceito de elementos pré-fabricados em madeira, de dimensões reduzidas, apresentando uma alternativa construtiva criativa e econômica para a escassez de moradia, pós-*Depressão* norte-americana de 1929.

Um dos seus pilares conceituais baseia-se na definição de módulos construtivos tanto no plano vertical como no horizontal. No horizontal emprega diferentes formas geométricas, como quadrado, retângulo, hexágono e, em particular, o triângulo equilátero na casa usoniana *Palmer* (1950), estabelecendo de uma maneira nítida,

todas as suas criativas concepções projetual e construtiva, formando assim, uma modulação ordenada e harmoniosa, a qual denomina de *grid* - em português: trama.

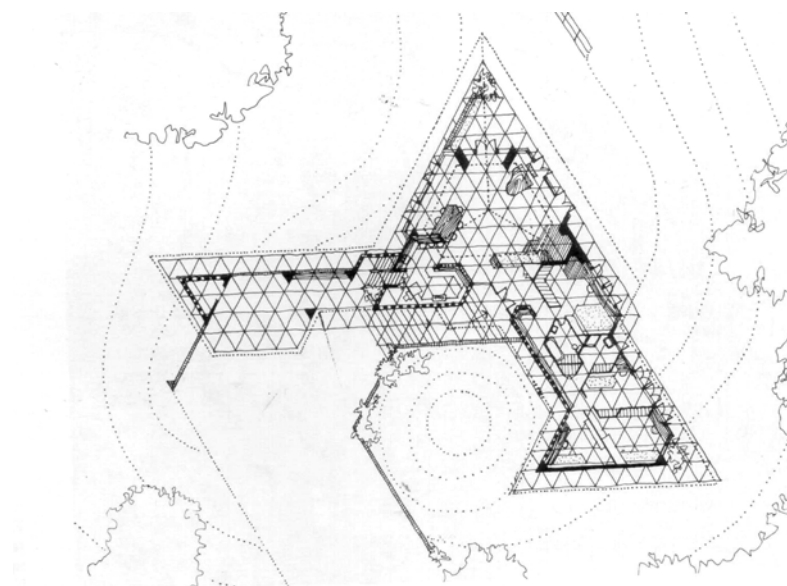


Figura 3.64 – Planta – Obra: *The Palmer House*. Fonte: Sergeant (1984)

A cúpula do arquiteto Buckminster Fuller para o pavilhão Americano, na Expo de Montreal em 1967 (Figura 3.66), apresenta o triângulo equilátero como elemento geométrico constituinte do seu esquema construtivo, o qual é visível, segundo Munari, nos poliedros de Leonardo da Vinci, por sua vez usado também na fabricação de bolas de futebol (MUNARI, 1997).



Figura 3.65 – Bola de futebol

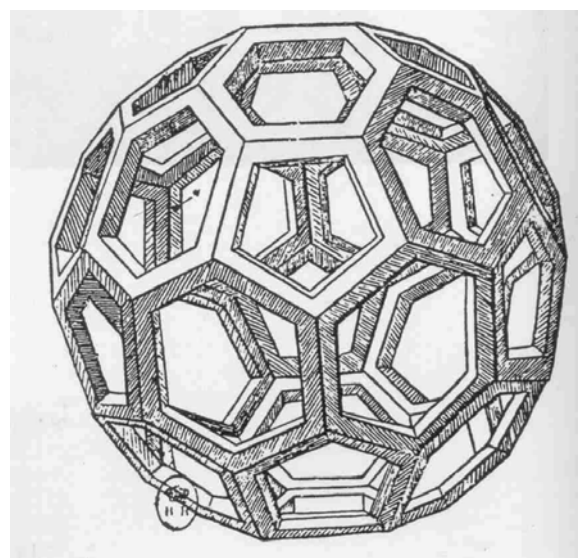


Figura 3.66 – Poliedros de Da Vinci  
Fonte: Munari (2001)

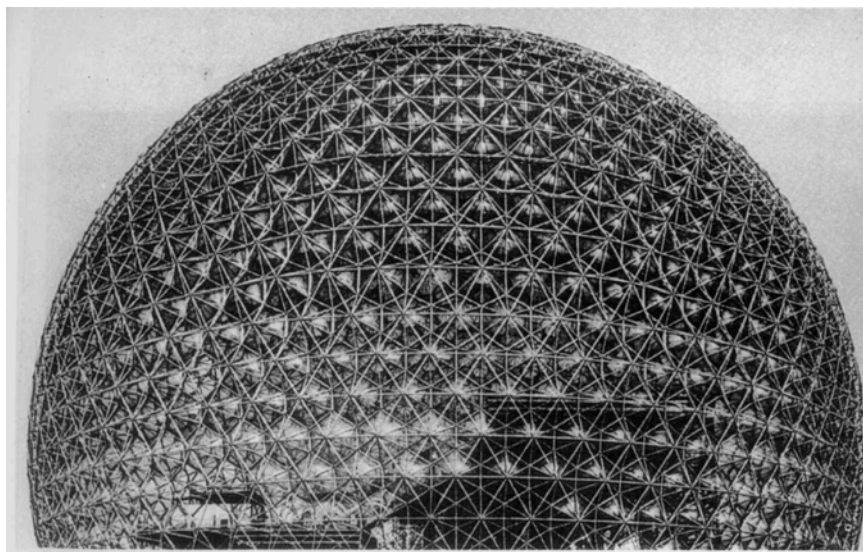


Figura 3.67 – Cúpula de B. Fuller.-Fonte: Munari (2001)

Fuller também emprega esse mesmo modo projetual, de maneira experimental, na *Dymension House Project* (1927), tendo como módulo básico o triângulo equilátero. Buckminster, de forma provocativa, incitava os críticos de seu tempo, devido a leveza de seu projeto, perguntando “Quanto pesa a sua casa?”, isso em finais dos anos 20 nos Estados Unidos, época de radicais mudanças em termos habitacionais, envolvendo as temáticas ambientais, conhecidas à época por “o máximo ganho de vantagens a partir do mínimo de energia utilizada” (MoMA, 2002).

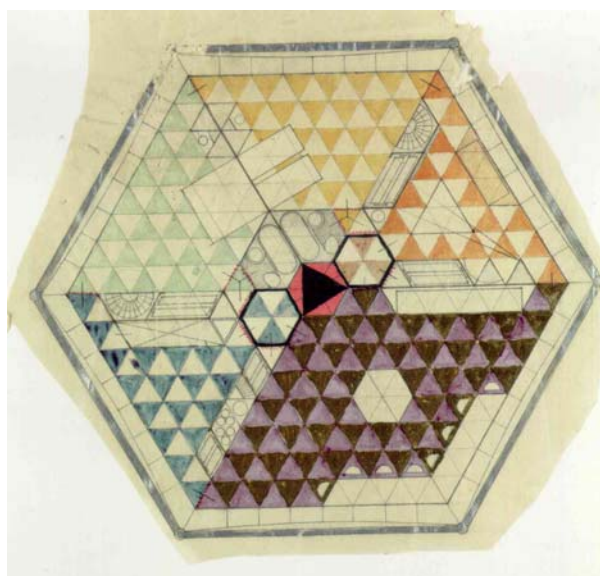


Figura 3.68 – Planta - *Dymenxion House*. Fonte: MoMA (2002)



No Brasil, o Arquiteto e Professor Doutor Marcos Acayaba emprega também módulos horizontais, denominados grelhas, compostos de triângulos equiláteros, estabelecendo assim um interessante paralelo com as tramas de Wright, primando ambos pela criatividade projetual e racionalidade construtiva.

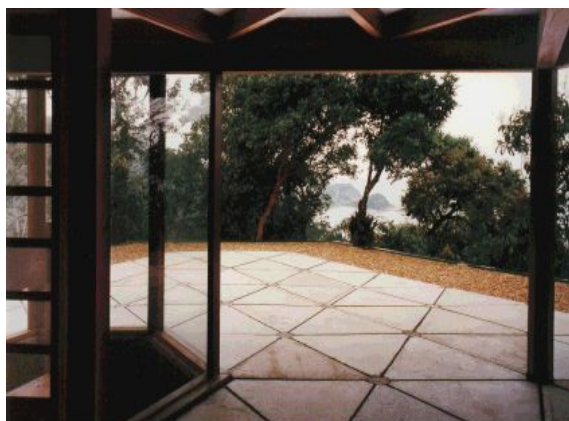


Figura 3.69 – Trama Triangular – *Residência Acayaba*  
Fonte: Arquivo do autor (2001)



Figura 3.70 – Trama triangular – *The Palmer House*  
Fonte: Lind (1994)

Na *Residência Ricardo Baeta* (1991), o Arquiteto Acayaba concebe essas grelhas triangulares (triângulos equiláteros) de madeira nos dois andares da casa (na parte interna emprega madeira, no exterior aplica placas pré-moldadas em concreto armado), apoiando-os em três pilares, que transmitem as cargas à fundação, onde emprega tubulões a céu aberto, sendo que destes pilares nascem seis mãos francesas, configurando seis hexágonos em planta.



Figura 3.71 – Perspectiva - *Residência Ricardo Baeta*. Fonte: arquivo do autor (200')

O Arquiteto Acayaba volta ao mesmo tema nas residências *Osmar Valentim* (1993) e *Marcos Acayaba* (1996)<sup>7</sup>.



Figura 3.72 – *Residência Osmar Valentim*. Fonte: arquivo do autor (2001)



Figura 3.73 – *Residência Marcos Acayaba*. Fonte: arquivo do autor (2001)

---

<sup>7</sup> Residência de praia do Arquiteto Acayaba em Guarujá (SP).

### **3.2.3 Objetivos, soluções e vantagens da aplicabilidade do SET 2M**

#### **Objetivos:**

- Evidenciar a viabilidade da produção da madeira, como material relevante em obras com adequados padrões tecnológicos, comparada aos internacionais, vencendo os preconceitos históricos a enunciar que no Brasil produzem-se obras em madeira com baixo nível tecnológico. *Grosso modo*, preconceito este fruto de muitos exemplos inadequados de construções em madeira, ao longo de décadas, e que ainda reflete-se nos dias atuais, onde ainda não se formou um interesse para superar essa deficiência (INO, 1991).
- Avaliar a viabilidade da produção mecânica dos componentes e elementos deste sistema;
- Propor unidade produtiva de pré-fabricação dos componentes e elementos (isso já no nível de projeto preliminar);
- Apresentar sugestões para montagem do sistema no canteiro.

#### **Soluções:**

Abre-se um leque amplo de soluções arquitetônicas de ordem programática e construtiva para usos os mais diversos possíveis: habitacionais, institucionais e edificações de interesse social, pois o sistema pode ser naturalmente transformado, a partir de um único módulo, em múltiplos módulos. Cada módulo apresenta uma área total da ordem de 600 m<sup>2</sup>, considerando-se neste cálculo dois pavimentos, respectivamente, mais a cobertura, esta excluída do cálculo.

Os módulos podem ser dispostos em diferentes direções (três direções), por translação, de forma indefinida, ou por rotação em um número finito de módulos.

**Vantagens:**

As vantagens desse sistema estrutural em madeira sucedem-se de forma natural, provenientes de suas especificidades, destacando-se, entre outras:

- excelente relação área útil total construída / m<sup>3</sup> de madeira empregada;
- adaptabilidade a diferentes tipos de solos;
- mínimo impacto ambiental em sua implantação no sítio;
- emprego de mão de obra não especializada;
- área mínima para implantação de canteiro de obras, devido ao processo construtivo empregado na sua produção;
- necessidade de equipe de montagem reduzida;
- facilidade de montagem *in loco*; pois: 1) o sistema é montado na própria oficina de marcenaria para verificação de encaixes e demais detalhes construtivos; 2) depois de desmontado esse sistema é devidamente embalado; 3) enviado posteriormente à obra (a logística envolvida nesse processo desenvolve-se de forma racional, devido às modulações projetual e produtiva do sistema, que resulta no emprego de peças de dimensões reduzidas);
- o emprego do triângulo eqüilátero como elemento básico modular faz com que os carregamentos distribuam-se em três direções e não em duas, como o usual, através do emprego de malhas quadradas ou retangulares.

**3.2.4. Descrição resumida do Sistema SET 2M**

A configuração espacial do sistema estrutural, fruto de concepção projetual, estabeleceu como premissa inserções neste sistema estrutural em madeira dos conceitos de: sistemas treliçados espaciais e das ligações metálicas, aplicados conjuntamente. Essa abordagem projetual possibilitou o emprego de lajes com

envergadura de até 30 metros e apoios espaçados de 9 metros (para a implantação desse sistema empregam-se somente três apoios).

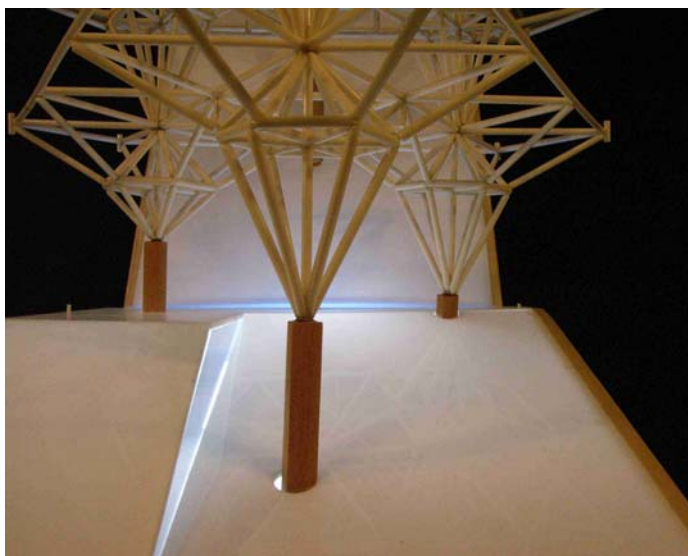


Figura 3.74 -Trelaçado espacial - maquete na escala 1:50 - Execução do próprio autor (2005)  
Fonte: FAUUSP.Foto de Cândida Maria Vuolo (março de 2005)

Essa configuração espacial foi tornada real pela execução de uma maquete na escala 1:50, utilizando varetas de PVC de diâmetro de 4 mm, o que a princípio foi adequado e conveniente, pois simularia, em termos dimensionais, elementos estruturais de 20 cm. Com isso perdeu-se a realidade dimensional, por exemplo, das colunas centrais do “diamante” de diâmetro de 28 cm, mas em contrapartida, possibilitou trabalhar-se em uma escala reduzida como a 1:50, conveniente para a concepção de maquetes. Resultou desta postura uma melhor “visibilidade espacial” do sistema, tornando-o mais nítido, contextualizando assim, com maior clareza o “pensar projetual”.

A maquete foi sendo desenvolvida no sentido de expressar esse pensar, sem a preocupação, nesse estágio de desenvolvimento projetual, de resolução: das necessidades programáticas, funcionais, entre outras.

O enfoque centrou-se na elaboração de um sistema estrutural sob a ótica da procura de elementos geométricos, que melhor atendessem ao escopo da pesquisa, ou seja, com a intenção da busca de características inovadoras e cuja aplicabilidade



respondesse a resoluções de implantação deste sistema em terrenos planos ou difíceis, de encostas, com declividades variadas, e também permeadas de preocupações ecológicas.

O produto final restou naturalmente com a pretensão de ser estético pelas suas próprias especificidades: sua forma, sua leveza, sua inserção no meio ambiente de forma não-agressiva.

A princípio, fez-se uma maquete com quatro pavimentos completos, mais a cobertura (sem pensar-se ainda em meios pavimentos, com jirau, mezanino, por exemplo), com balanços sucessivos, superpondo simplesmente pavimentos.

Essa primeira maquete foi sendo desenvolvida de forma bastante aberta, em termos de concepção, utilizando-se pisos compostos e estruturados somente por varetas de 4 mm de plástico, ou ainda, como pode ser visto na Figura 3.75 a seguir, solidificada com placa de acrílico, para se verificar o seu comportamento estrutural em diferentes situações.

Fato inesperado e acidental ocorreu posteriormente, já com a maquete montada e pronta, sem os cavaletes improvisados, quando ao ser mudada de posição no LAME – Laboratório de Moldes e Ensaios da FAUUSP, a estrutura caiu integralmente no chão, vindo a sofrer graves danos.

Apesar da ocorrência de monta e da complexidade na montagem da maquete, o conjunto foi remontado em apenas dois dias após o incidente, eliminando-se o piso maior (o segundo de baixo para cima, revestido com placa de acrílico, que restou irremediavelmente destruído). Esse fato tem em si uma explicação, pois quando se revestiu o piso com a chapa de acrílico, criou-se uma laje contínua, onde os esforços se dissipam em apenas uma única, tornando-se um monobloco, fato este que causou o seu colapso total. Contrariamente, nos pisos em que não se colocou o

acrílico, os esforços foram dissipados, não em uma, mas em três direções, daí a ausência de maiores danos. Efetuou-se de forma fortuita e não intencional um “teste de colapso da estrutura”, o qual saiu-se a contento.



Figura 3.75 – Maquete com quatro pisos mais a cobertura (antes da montagem final e do incidente), executada no LAME da FAUUSP pelo próprio autor, com a prestigiosa colaboração do funcionário Laércio Evangelista dos Santos, bem como dos demais integrantes do LAME. Fonte: foto do próprio autor (2005)

Após esse incidente, a maquete foi redimensionada para três pavimentos mais a cobertura (maquete atual na escala de 1:50), atendendo assim, uma de suas necessidades programáticas, de ser a área total de um módulo em torno de 600 m<sup>2</sup> e ainda, se adequando a inúmeras atividades funcionais.



Figura 3.76 -Trelçado espacial - maquete na escala 1:50 --quatro pavimentos mais a cobertura – primeira versão Execução do próprio autor (2005) - Fonte: FAUUSP. Foto de Cândida Maria Vuolo (Março de 2005)

A treliça espacial acoplada sobre as barras superiores, que formam o hexágono de cada pilar (em um total de três) possibilita atingir idealmente balanços sucessivos de porte.

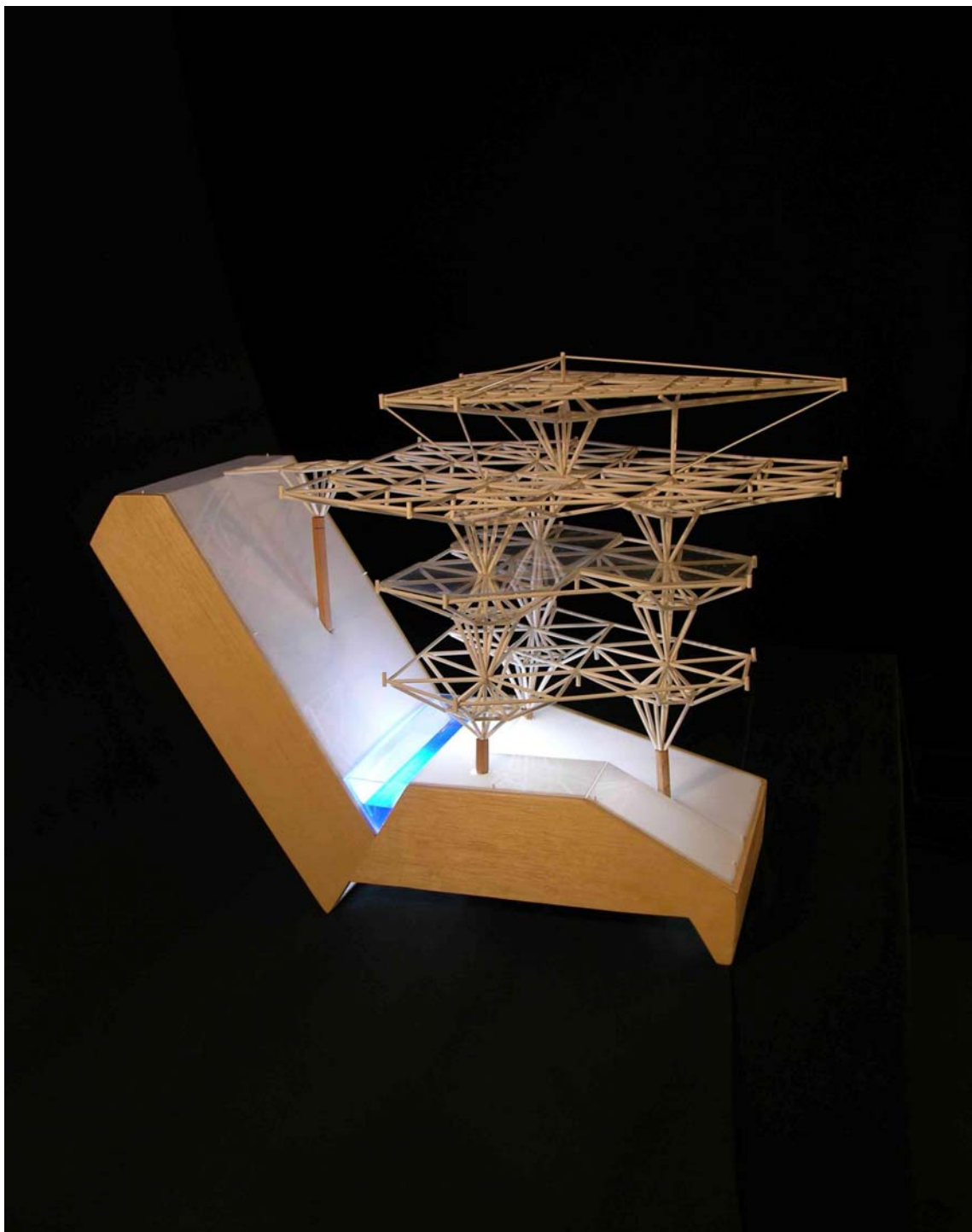


Figura 3.77 -Trelçado espacial - maquete na escala 1:50 composta de três pisos mais a cobertura – segunda versão - Execução do próprio autor (2005. Fonte: FAUUSP. Foto de Cândida Maria Vuolo (Março de 2005)

As ligações metálicas trasladam os esforços nas barras para que sejam contínuos ao longo dessa estrutura. Dessa forma, resulta em redução das dimensões das peças de madeira, trazendo como consequência, uma esbelteza das formas da estrutura.





Figura 3.78 – Protótipo de ligação metálica na escala 1:1 – nó articulado do hexágono do “diamante” – vista inferior. Fonte: FAUUSP. Foto de Roberto Bogo (Março de 2005)

Da mesma forma, as grelhas triangulares, resultantes do elemento constituinte básico, o triângulo equilátero, são assentadas sobre essa treliça, permitindo a transferência de cargas em um número de somente três apoios, e através de três direções. Essa configuração espacial permite uma adequação da estrutura a diferentes tipos de solos, com declividades variadas.

A forma resultante causada pela sobreposição desses elementos remete à lembrança e à imagem da “**árvore**”, enquanto entendida como **aparência orgânica**.



### **3.2.5. Descrição detalhada do SET 2M**

#### **Preliminares**

Todo o pensamento da concepção arquitetônica desse sistema estrutural repousa no “reconhecimento da **legitimidade da intenção plástica**, consciente ou não, que toda a obra de Arquitetura, digna desse nome seja ela erudita ou popular – necessariamente pressupõe” (COSTA, 1962).

Outra condicionante importante é a responsabilidade com a preservação da natureza, portanto esta concepção é permeada de preocupações ecológicas, reforçando o desejo de que a inserção do artefato arquitetônico no sítio possa interferir o mínimo possível no ecossistema, causando assim o menor impacto ambiental possível.

Este sistema dá a possibilidade de a estrutura ser montada abrindo-se como se fossem troncos, galhos e ramos, de forma ascendente, com o emprego de cimbramentos de pequena monta, para não causar danos expressivos e tampouco irreversíveis ao entorno.

A madeira foi o material escolhido para ser usado nesse sistema em função de suas propriedades múltiplas. Provida de qualidades de excelência para construções civis, é dotada de características únicas de aplicabilidade, pela sua facilidade de manuseio e alto índice de trabalhabilidade, apresentando, apesar de sua densidade diminuta em relação a outros materiais, grande resistência mecânica.

Provém de reserva renovável, sendo que sua produção contribui para a melhoria ambiental, além de ser um material orgânico, agradável ao tato e confortável ao ser humano.

As florestas seqüestram o gás carbônico durante a noite e o devolvem durante o dia na forma de oxigênio, minimizando as conseqüências danosas ao meio ambiente do

efeito estufa (aquecimento da temperatura da crosta da Terra com o passar do tempo devido às atividades humanas desordenadas).

Além desses efeitos resultantes, possui grande flexibilidade ao meio ambiente, apresentando possibilidades de aproveitamento, com perda irrelevante de material nas reformas e ampliações, além de um fator altamente relevante - a baixa demanda de quantidade de energia para a sua extração e processamento. Segundo o Arquiteto Murcutt,

Nós estamos caminhando para um ponto no qual, dentro de vinte e cinco anos, onde tudo o que projetarmos, terá que ser pensado em termos de seu impacto sobre o meio ambiente. Necessita-se de 1 (um) quilojoule para produzir 1 (um) quilograma de madeira serrada e, 5 (cinco) quilojoules para uma madeira trabalhada (como por exemplo, uma cadeira). Necessita-se de quarenta e dois quilojoules para produzir 1 (um) quilograma de aço e 140 kg (cento e quarenta), para produzir 1kg de alumínio (MURCUTT, 2003).

Segundo a Engenheira e Professora de Arquitetura da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) São Carlos, Dra. Akemi Ino, as ligações entre componentes e elementos de madeira representam um fator importante no sistema estrutural, pois no contexto internacional

(...) observa-se uma tendência de valorização deste tipo de ligação<sup>8</sup>, com dois enfoques: um artesanal e outro industrial. A primeira tendência é a de ressaltar a forma artesanal, resgatando o sabor do trabalho manual. Esse componente é observado nos países com economia estável de desenvolvimento tecnológico avançado, onde há espaço para a valorização da produção artesanal, colocando como prioridade a realização individual. Outra tendência está na mecanização do processo de produção destas antigas técnicas tradicionais de ligação, com o objetivo de alcançar qualidade com maior eficiência e rapidez (INO, 1991).

Para se ter uma noção do emprego racional da madeira em termos construtivos, comparativamente em relação à situação das construções em madeira no Brasil e no

---

<sup>8</sup> Referindo-se às ligações de cavilhas ou por tarugos – nota do próprio autor

mundo, por exemplo, nos EUA e Canadá, 90% das habitações isoladas são construídas em madeira (FREITAS, 1982).

No Japão, em 1983, segundo pesquisa, 77,4% do total de unidades habitacionais foram construídas com estrutura de madeira. Para o mesmo ano, 81,5% das novas unidades de casas isoladas e geminadas foram construídas em madeira (JAPAN, 1985).

### **3.2.6 Concepção projetual**

Durante a concepção do sistema estrutural, foi dada especial atenção a alguns aspectos considerados vitais para um sistema estrutural, tais como utilização de materiais de custos compatíveis com as propostas programáticas e funcionais, a acessibilidade, a facilidade de execução sem a necessidade de mão de obra especializada e a flexibilidade do sistema.

Essas características são encontradas no sistema apresentado, que tem na madeira o seu componente principal (fazem parte também o aço das ligações metálicas e o concreto armado, os quais dão sustentação às colunas de apoio em madeira). A madeira, além de oferecer uma maior integração com o ambiente é um recurso renovável e utilizado amplamente nas diversas regiões do país. Foram especificados, a princípio, três tipos de madeiras para os diversos elementos estruturais, pois dependem da disponibilidade das espécies no mercado, à época da necessidade construtiva. Após consulta feita ao Engenheiro e Professor Doutor Nilson Franco, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT, definiu-se com o Professor e Arquiteto Arnaldo Martino, pelos seguintes tipos de madeira, conforme uso e especificidade de suas características físicas e químicas<sup>9</sup>:

---

<sup>9</sup> Informação fornecida pelo Prof. Dr. Franco no IPT, em junho de 2005.

- Colunas de apoio: ITAÚBA-PRETA (*Mezilaurus itauba*)  
 (...) a sua durabilidade natural, mesmo em condições adversas, é considerada de resistência muito alta ao ataque de organismos xilófagos, segundo observações práticas a respeito de sua utilização, sua densidade atinge a valores próximos de 1.000 kg/m<sup>3</sup> (960 kg/m<sup>3</sup>). Por ser uma madeira muito pesada, de baixa retratibilidade em relação à densidade, resistência mecânica alta a média e, durabilidade alta, é indicada para construções externas como estrutura de pontes, dormentes, construção civil (...) (IPT, 1989);
- “Diamantes” e demais elementos estruturais: verticais, horizontais e inclinados: PAU-ROXO (*Peltogyne recifences Ducke*)  
 (...) é considerada de alta resistência ao ataque de organismos xilófagos e por ser de durabilidade e resistência mecânica altas, é indicada para construções externas, postes, cruzetas, construção civil; sua densidade é de 1.130 kg/m<sup>3</sup> (...) (IPT, 1989);
- Tábuas largas (para pisos internos): PEQUIÁ OU PITIA (*Aspidosperma sp*)  
 (...) em ensaios de laboratório, em usina semi-industrial, sob pressão, demonstrou ser bastante permeável às soluções preservantes. Por ser pesada e de propriedades mecânicas médias a altas, pode ser usada para acabamentos internos, esquadrias, peças torneadas, tacos e tábuas para assoalhos, construção civil (...) (IPT, 1989).

Além dessas qualidades, que as classificam para tais empregos específicos, elas apresentam uma policromia deveras interessante, pois a Itaúba é marrom escura, o Pau-roxo é, como o nome indica roxo e a Pequiá de tonalidade clara (próxima ao Marfim), compondo um conjunto esteticamente agradável ao olhar.



Figura 3.79 – Pau-roxo



Figura 3.80 – Pequiá  
 Fonte: IPT (1989)



Figura 3.81 – Itaúba

Um outro fator determinante para a especificação dessas madeiras foi a relação custo/benefício, pois além das excelências de suas qualidades, representam uma economia em termos de custo, no mercado madeireiro, da ordem de 30%, em relação às madeiras usualmente empregadas na construção civil, para estes mesmos fins, como por exemplo jatobá, marfim, ipê, entre outras.

Apresenta-se a seguir uma tabela com cotação de preços das diferentes espécies empregadas nos elementos estruturais do *SET 2M*, a *itaúba*, o *roxinho* e o *jatobá*, este de uso mais freqüente nessas circunstâncias<sup>10</sup>

<b>Espécie</b>	<b>Custo R\$/m<sup>3</sup></b>	<b>Frete R\$/m<sup>3</sup></b>
<i>Itaúba preta</i>	1.080,00	250,00
<i>Roxinho</i>	960,00	200,00
<i>Jatobá</i>	1.440,00	280,00

Figura 3.82 – Tabela de custos de espécies arbóreas  
Referência Firma *Parquet União* – data do orçamento: 16/08/07

Essas madeiras, além de formarem um conjunto de cores visualmente agradável e alto efeito estético, por serem madeiras de uso ainda não freqüentes dos projetistas e construtores, seu emprego aliviou de forma consistente as madeiras usualmente utilizadas na construção civil, já citadas anteriormente e que já fazem parte do rol daquelas em vias de extinção.

Esse fato ocorre de forma preocupante e se políticas governamentais sérias não forem urgentemente implantadas nesses processos de produção (extração, manejo e processamento) com a adoção de princípios de racionalidade, sustentabilidade e

<sup>10</sup> Informação fornecida pela Firma *Parquet União* por e-mail em 16/08/2007.



aplicação de tecnologia de ponta, vislumbram-se em um futuro bem próximo um caos total no setor.

### ***Funcionamento***

O Engenheiro e Professor Marcos Monteiro, responsável pelo cálculo estrutural deste sistema, afirma que a facilidade de execução obtida deveu-se, principalmente, ao funcionamento da estrutura, baseado em sistemas treliçados espaciais. Com exceção de alguns pontos dos planos horizontais (pisos) e colunas, onde as vigas de madeira trabalham resistindo a esforços de flexão, todas as demais peças têm, unicamente, esforços axiais (tração e compressão), simplificando o sistema de ligações metálicas das peças estruturais de madeira<sup>11</sup>.

Essas ligações, entre as peças estruturais, são feitas através de elementos metálicos nos quais são encaixados e fixados os elementos da estrutura, através de cavilhas de madeira, convenientemente dimensionadas.

### ***Características principais:***

Cada módulo estrutural é formado pelos seguintes elementos:

- Plano Horizontal: são os elementos que dão suporte aos pisos da estrutura, os quais podem ser utilizados para diversas finalidades de usos: residenciais, institucionais, de interesse social, entre outros;
- “Diamantes”: são peças estruturais cuja configuração lembra o formato de um diamante com seis lados. Estão localizados no entorno de cada coluna de sustentação e sob cada piso;

---

<sup>11</sup> Informação disponibilizada através de e-mail [planear@uol.com.br](mailto:planear@uol.com.br), do Engenheiro e Professor Marcos Monteiro, em 16 de agosto de 2005.

- Colunas de apoio: cada módulo estrutural possui três colunas de apoio, as quais são responsáveis pela absorção dos esforços verticais (cargas permanentes e acidentais) e horizontais (vento).

### **Apoios:**

As três colunas de apoio (diamantes de apoio) de cada módulo estrutural em madeira, têm seções hexagonais, em uma primeira hipótese para a execução de maquete, com dimensões da ordem de diâmetro de 28 cm, compostas por três peças retangulares de 14 cm, resultando um melhor aproveitamento de material e o mais importante, a madeira é proveniente de árvores de 15 a 16 cm de fuste (para resultar nos 14 cm acabados). Essas madeiras são provenientes de plantio de árvores com idade de seis a oito anos, enquanto que para produzir os 28 cm, seriam necessárias árvores de 30 a 32 cm de fuste, com idade de 25 a 30 anos.

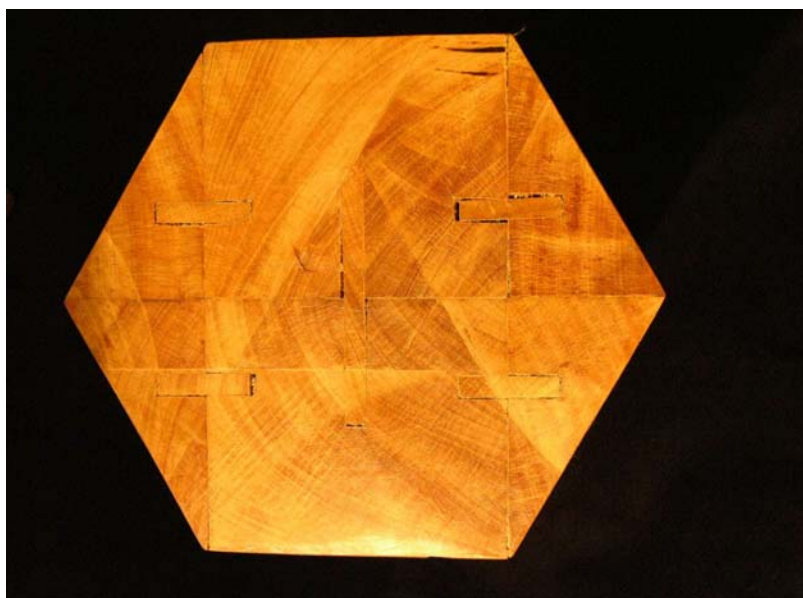


Figura 3.83a – Protótipo da coluna de madeira na escala 1:1 com diâmetro de 28 cm – execução do próprio autor  
Fonte: FAUUSP. Foto de Roberto Bogo (Março de 2005)

Os pilares compostos resultantes são dispostos em triângulos equiláteros espaçados nove metros entre si (distância entre eixos), os quais compõem os três “diamantes de apoio” em cada piso, conferindo à estrutura uma boa rigidez em relação à sua estabilidade global.



Figura 3.83b – Protótipo da coluna de madeira na escala 1:1 – execução do próprio autor  
Fonte: FAUUSP. Foto de Roberto Bogo (Março de 2005)

A ancoragem das bases das colunas de madeira aos pilares de concreto armado é feita através de chapa de aço de espessura não inferior a 1 ½ polegadas, com um tubo de aço soldado a ela de três polegadas, o qual é chumbado diretamente no concreto armado do pilar.

#### **Vãos:**

Os “diamantes de apoio” posicionados no entorno de cada coluna, conduzem a um sistema treliçado espacial, que suporta os pisos. Essa característica do sistema possibilita o aumento dos vãos dos balanços sucessivos no plano horizontal.

Os vãos de nove metros entre os pilares, que formam os “diamantes”, apóiam a estrutura no solo em somente três pontos, causando assim o mínimo impacto ao meio ambiente.

#### **Flexibilidade:**

Através da justaposição de vários módulos, o sistema estrutural pode se estender indefinidamente no plano horizontal podendo atender aos mais variados tipos de utilização e necessidades programáticas e funcionais. Além disso, a flexibilidade

quanto ao desnivelamento de seus três pontos de apoio, tornam o sistema adaptável a terrenos irregulares, bem como difíceis, de encostas, com declividades variadas.

***Barras:***

As barras do sistema estrutural são formadas por peças de madeira de grande esbelteza. Além disso, buscou-se a utilização de madeiras de grande dureza e com boa resistência ao ataque de elementos externos (sol, chuva, fungos, etc) e a aplicação de “beirais” generosos, que afastam a chuva dos elementos constituintes de madeira. Assim, a estrutura resultante não necessita de complexos e caros tratamentos químicos para sua proteção, apenas preservantes químicos.

***Ligações metálicas:***

As ligações metálicas são de profunda relevância para esse sistema estrutural, pois propiciam a redução das seções dos elementos em madeira, pelo traslado dos esforços ao longo dos elementos estruturais, simulando como uma metáfora a continuidade das fibras de madeira da árvore ao longo de: seus troncos, galhos e folhagens.

Segundo o Professor Arnaldo Martino, há que se diferenciar o conceito de treliça estrutural com nós articulados (feitos através de pinos), ou seja, nós não rígidos, do conceito de “árvore” formada por fibras contínuas e por nós rígidos<sup>12</sup>.

Essas ligações são formadas por chapas de aço (especifica-se o galvanizado ou tipos similares de tratamento para áreas litorâneas), recebendo as peças de madeira através de encaixes nas mesmas (encaixe tipo alma cheia).

As mesmas propiciam uma montagem da estrutura em operações relativamente simples, *in loco*, pois todo o conjunto de peças nas suas dimensões padronizadas é

---

<sup>12</sup>Informação verbal fornecida pelo professor Arnaldo Martino em seu escritório, em 06 de outubro de 2005.

previamente fabricado na oficina de marcenaria, através da racionalização e mecanização dos processos construtivos envolvidos.

Posicionadas as peças de madeira, elas são fixadas aos elementos, que compõem as ligações metálicas através de cavilhas de madeira com diâmetros de 12 mm (no caso da Figura 3.83<sup>13</sup>, com quatro e cinco cavilhas), que fazem a função de “pino”, atuando como nós articulados da treliça.



Figura 3.84 – Protótipo da ligação metálica – hexágono do “diamante” – vista da parte inferior  
Fonte: FAUUSP. Foto de Roberto Bogo (Março de 2005)

### ***Elementos Constituintes:***

- **Plano Horizontal**

O plano horizontal, que forma os pisos nos ambientes cobertos, é formado por tábuas largas de madeira de 20 cm tipo macho-e-fêmea, apoiadas em vigas auxiliares paralelas – chamadas vigas-barrotes e espaçadas de 50 cm (nos pisos externos empregam-se placas moduladas de concreto armado).

O sistema estrutural principal, composto por vigas na configuração de um triângulo equilátero, recebe essas vigas auxiliares e por conseqüência, as cargas permanentes e acidentais dispostas sobre o piso.

<sup>13</sup> Figura 3.83 (a e b) – Protótipo da coluna de madeira na escala 1:1. Vide p. 247 e 248 acima.



A composição de diversos triângulos equiláteros forma a estrutura completa do piso, que terá a forma de triângulo equilátero com 4,5 m de diâmetro, mas com os bicos cortados. As peças de madeira deste plano horizontal trabalham, principalmente, com esforços de flexão.

Sob este plano horizontal, estão dispostas barras diagonais em madeira, que formam um sistema treliçado espacial. Esse sistema recolhe as cargas de diversos pontos do plano horizontal levando-as para os “diamantes”.

### ***Ligação com as colunas: “diamantes de apoio”***

O sistema treliçado espacial no formato de “diamante” tem barras no formato hexagonal em um plano horizontal posicionado entre pisos. A partir daí, saem seis barras diagonais superiores (arestas) e seis barras diagonais inferiores. Essas barras partem das extremidades do hexágono, confluindo para as colunas principais.

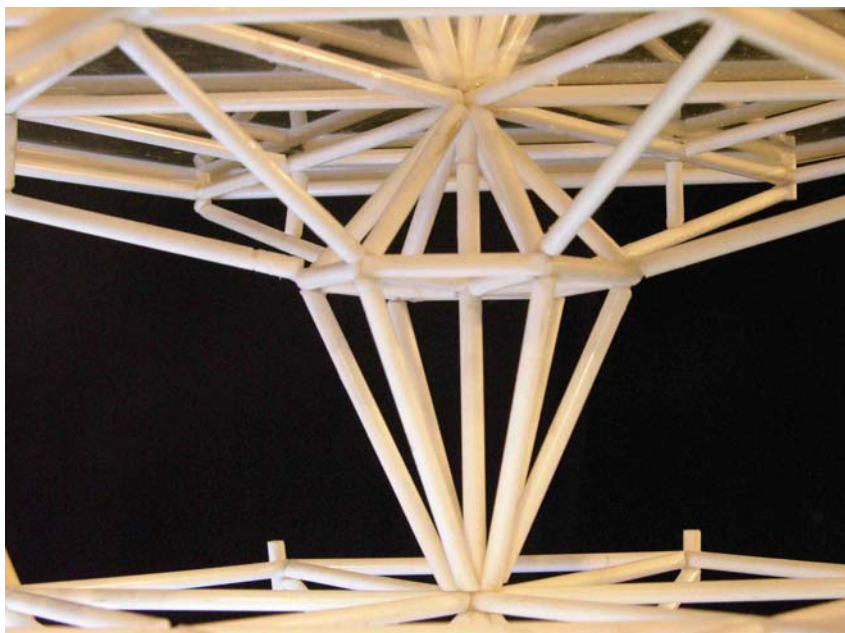


Figura 3.85 – “Diamante” da maquete na escala 1:50 – execução do próprio autor  
Fonte: FAUUSP. Foto de Cândida Maria Vuolo (Março de 2005)

Esse sistema estrutural formado pelo treliçado sob os pisos em conjunto com o “diamante” garante à estrutura uma ótima rigidez, mesmo considerando os grandes

vãos aplicados, resultando como conseqüência uma esbelteza das peças estruturais.

O “diamante de apoio” pode ser de dois tipos de dimensões, em termos de altura: 1) 2,60 m e 2) 1,50m, onde, em ambos os casos, são acrescentados 1,50 m para compor o “diamante”, este como elemento constituinte da treliça espacial, totalizando as alturas de 4,10 m e 3,00 m, respectivamente (essa gradação de alturas permite a adequação do sistema estrutural a diferentes declividades de terrenos, inclusive em encostas).

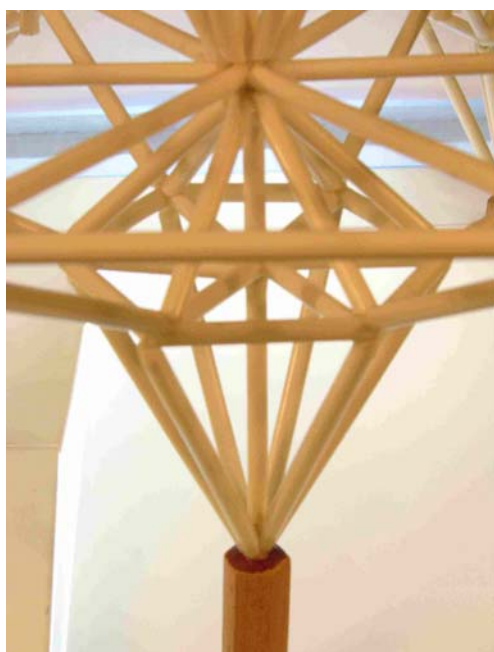


Figura 3.86a - “Diamante” de 2,60 x 1,50 m  
Execuções do próprio autor. Fonte: FAUUSP. Foto de Cândida Maria Vuolo (Março de 2005)



Figura 3.86b - “Diamante” de 1,50 x 1,50 m  
Execuções do próprio autor. Fonte: FAUUSP. Foto de Cândida Maria Vuolo (Março de 2005)

### ***Colunas de apoio e fundações:***

Ao receberem as barras diagonais dos “diamantes”, cada uma das três colunas hexagonais transmitem os carregamentos para os elementos fundação, que não necessitam estarem nivelados em relação à cota de nível de arrasamento do solo, podendo acompanhar a topografia existente do terreno.

As colunas fixam-se aos elementos de concreto, que afloram na superfície, já que a boa técnica executiva recomenda que se evite o contato da madeira com o solo e

suas constantes variações de umidade. Esses elementos de concreto estão apoiados sob os elementos de fundação adequados a cada tipo de terreno (estacas sapatas, aberto, entre outros). A fundação em tubulões a céu aberto, para esses casos, é especialmente recomendada, em função de sua boa capacidade de suporte e facilidade de execução, feita por mão de obra não especializada (usualmente é feita por poceiros da própria região).

### **3.2.7 Dimensionamento inicial**

Para o dimensionamento estrutural é aplicado o software denominado *MIX*. Segundo o Engenheiro e Professor Marcos Monteiro, da *PLANEAR ENGENHARIA*, após a definição geométrica da estrutura em termos lineares (sistema unifilar) partiu-se para a fase de dimensionamento com o objetivo de se verificar as dimensões propostas para as peças estruturais.

Esse dimensionamento levou em conta cargas permanentes e acidentais prescritas pelas normas pertinentes. A estrutura foi modelada no software *MIX*, software nacional, desenvolvido pelo Engenheiro Doutor Sérgio Pinheiro de Medeiros, com larga aceitação nos escritórios de projetos estruturais. O sistema *MIX* aceita a modelagem de estruturas planas e espaciais formadas por barras, oferecendo total liberdade para o tratamento da estrutura. A partir da modelagem e da aplicação dos citados carregamentos, obtém-se os esforços internos de cada barra do sistema estrutural, podendo-se então proceder à verificação dos mesmos através dos procedimentos exigidos para os elementos de madeira<sup>14</sup>.

#### **• Exercício projetual estrutural I**

---

<sup>14</sup> Informação disponibilizada pelo Eng. Monteiro em e-mail da [planear@uol.com.br](mailto:planear@uol.com.br), em 29 de agosto de 2005.

Nesse estágio de desenvolvimento projetual do sistema estrutural em madeira, ficou estabelecido de comum acordo com o Professor Arnaldo Martino em reunião em seu escritório, que para maior compreensão e abrangência do tema fosse elaborado um projeto, posteriormente transformado em “**Exercício projetual estrutural I**”, o qual privilegiasse um amplo leque de opções programáticas, possíveis de serem aplicadas com a utilização desse sistema estrutural<sup>15</sup>.

A resolução final pensada definiu quatro pisos (pavimentos): jirau, térreo, mezanino e superior, mais a cobertura, acreditando-se que, com esta estratégia, estes tipos distintos de pavimentos preenchessem toda a programática previamente estabelecida. Levou-se também em consideração para esta delimitação do número de pisos, a relevância dos esforços horizontais provocados pelos ventos, pois quanto mais alta a estrutura, mais acentuada a ação dos esforços horizontais, provocados pelos ventos.

Partindo-se do pressuposto de que estas questões haviam sido devidamente atendidas neste “**Exercício projetual estrutural I**”, o passo seguinte foi definir no plano e no espaço, em termos de linhas (sistema unifilar): plantas, cortes, vistas e maquetes eletrônicas simplificadas, as quais estão inseridas no item “**Pranchas do Exercício projetual estrutural I**”, à página 258 desse trabalho.

Para se ter uma noção real do comportamento dessas ligações metálicas foi executado na escala 1:1, no Laboratório de Moldes e Ensaios – LAME, da FAUUSP, um protótipo seccionado (ainda sem a precisão das dimensões definidas no projeto estrutural, mas atendendo a forma espacial das ligações metálicas correspondentes)

---

<sup>15</sup> Orientação fornecida pelo Prof. Dr. Martino em seu escritório, em fevereiro de 2005.

de um dos nós articulados. Forma-se, dessa maneira, um hexágono, com seis barras de madeira conectadas por uma ligação metálica em chapa de aço de 4 mm. Esse protótipo é composto por cinco barras de 7 x 7 cm (do “diamante” parte inferior e superior) e uma de 3,5 x 7 cm da barra inclinada da treliça espacial, todas fixadas por cavilhas de madeira de 12 x 12 mm.

No protótipo, apesar da esbelteza das barras, a composição se apresenta como um conjunto estruturalmente sólido, leve e resistente (na Figura 3.87 a seguir, a barra à esquerda, mais delgada, é a que compõe a treliça espacial e à direita, o “diamante”). Prevê-se para as vigas que compõem a malha hexagonal de raio de 4,50 m do piso, dimensões de 7 x 14 cm, pois são as mais solicitadas devido à extensão de seu vão. As distâncias entre eixos das três colunas de madeira são de nove metros, possibilitando um amplo espaço livre entre elas, para atender às necessidades funcionais do projeto arquitetônico, considerando-se o emprego desse sistema em um leque de múltiplas atividades.

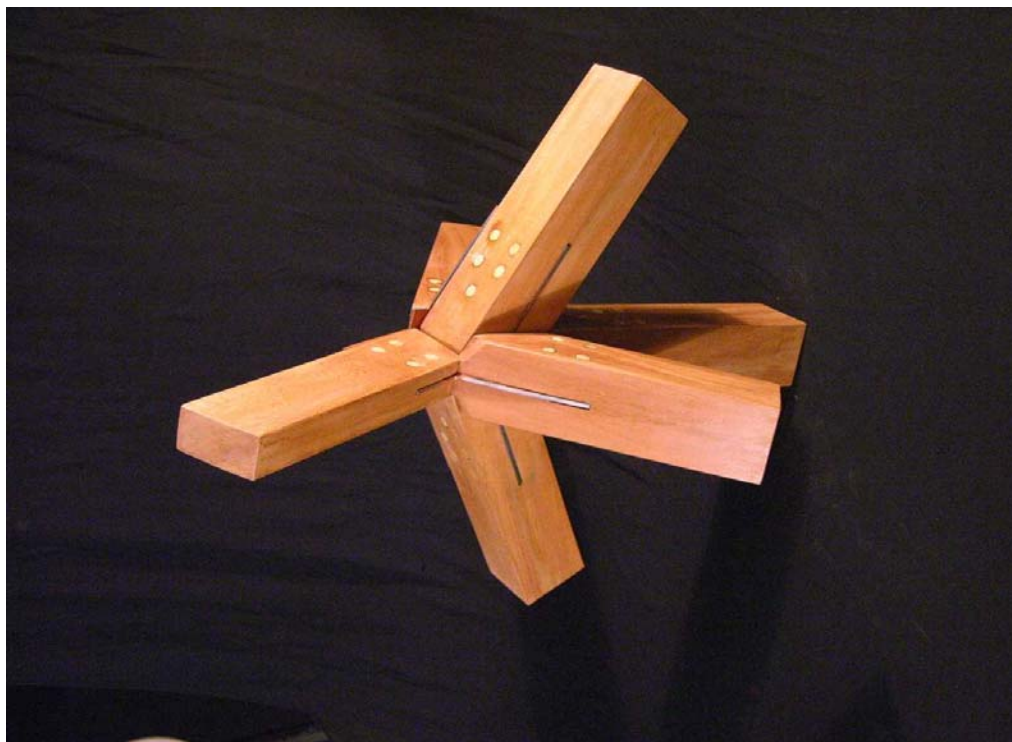


Figura 3.87 – Cavilhas do protótipo de ligação metálica na escala 1:1 – nó articulado do hexágono do “diamante” – vista superior. Fonte: FAUUSP. Foto de Roberto Bogo (Março de 2005)



A malha hexagonal do piso compõe-se de hexágonos de 4,50 m ao redor do “diamante”. Por sua vez, esses hexágonos vão convergindo para os “diamantes”, com espaçamento de 50 cm (distância convencional entre eixos de barrotes para a colocação de tábuas largas, em ambientes internos). Nos ambientes externos, aplicam-se placas de concreto armado moduladas e pré-fabricadas com três cm de espessura.

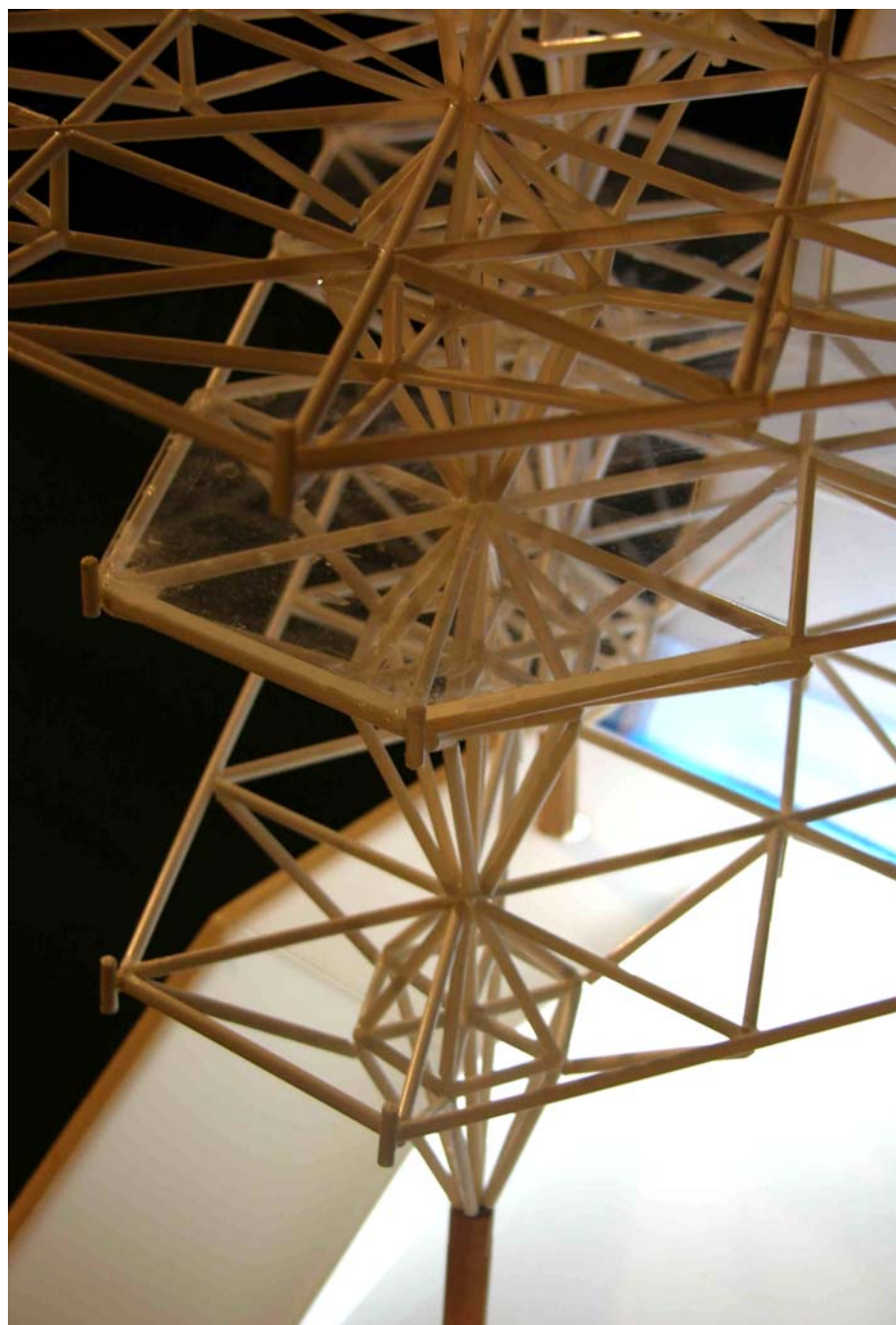


Figura 3.88 – Malha hexagonal do piso - maquete na escala 1:50 – execução do próprio autor  
Fonte: FAUUSP. Foto de Cândida Maria Vuolo (Março de 2005)

### **Exercício projetual estrutural II (SET 2M):**

Composto por dois pisos: primeiro e segundo pavimentos mais a cobertura, cujo dimensionamento foi desenvolvido pelo Engenheiro e Professor Marcos Monteiro, titular da firma *Planear.Engenharia S/C LTDA*.

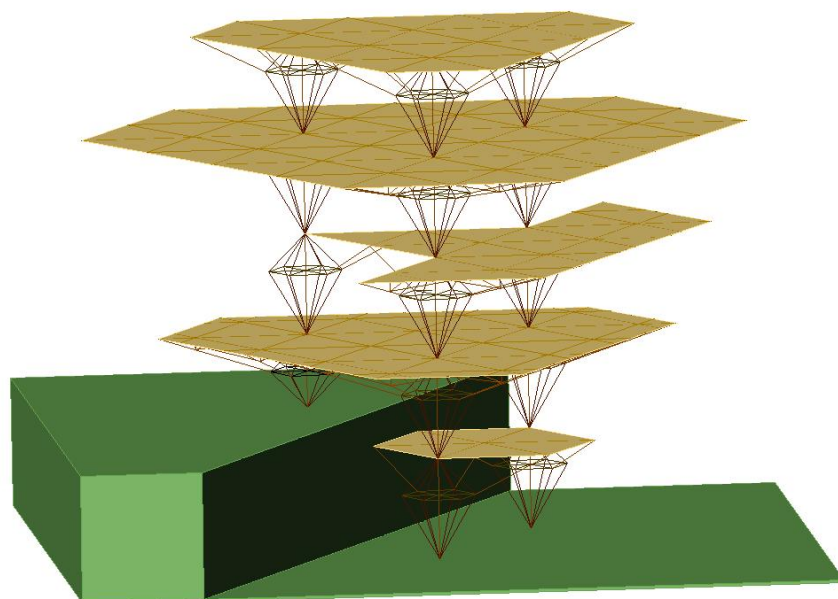
### **3.3 Resumo**

Parte-se do pressuposto da possibilidade de, a partir de elementos estruturais de dimensões reduzidas, atendendo a uma modulação dimensional e aplicando processos racionais de produção pré-fabricada, poder pensar-se em estruturas não-convencionais, de porte, com relação custo/benefício adequada e permeadas de preocupações ecológicas.

Esse Trabalho de Tese se constitui em um sistema estrutural pré-fabricado em madeira, para a concepção de projetos arquitetônicos, a serem implantados em terrenos difíceis, com declividades variadas. Aplicado também a terraplanos, sua implantação causa um mínimo impacto ambiental, apresentando características singulares, tais como: 1) o tipo de estrutura remete essencialmente à “árvore”, quando considerada sob a ótica da **aparência orgânica**, tendo como reflexão projetual a obra do arquiteto catalão Antoni Gaudí: a *Sagrada Família*, em Barcelona, Espanha; 2) características estruturais predominantes: sistema treliçado espacial composto de ligações metálicas, podendo sua envergadura atingir quase 30 m; colunas de apoio; “diamantes”; barras, entre outras.

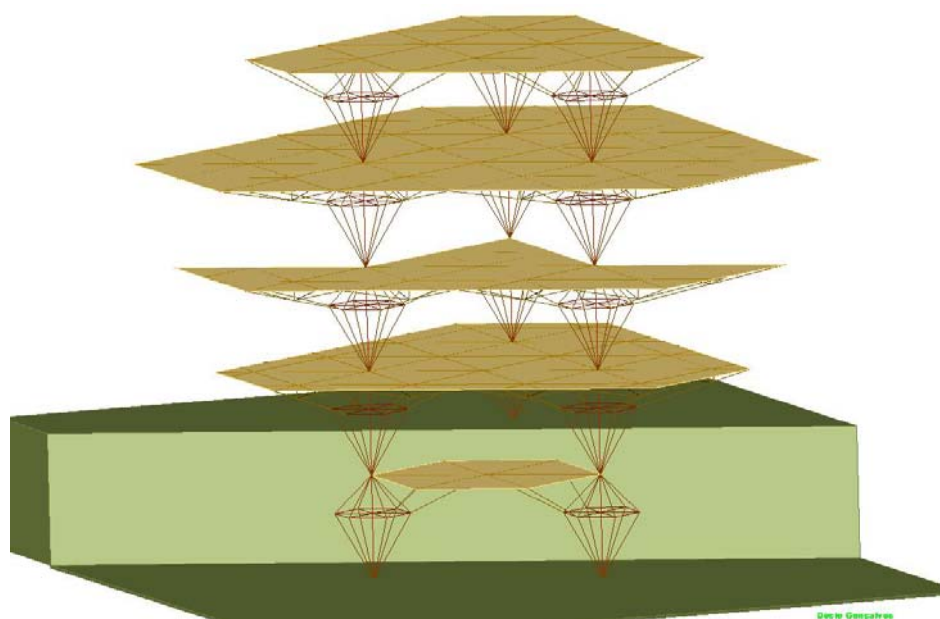
Essa configuração espacial compõe um módulo, ao qual poderão ser acoplados outros módulos, em diferentes direções, cuja base conceitual geométrica é o triângulo equilátero, podendo sua aplicabilidade abranger residências uni e multifamiliares, usos institucionais, espaços culturais, de pesquisa, usos de interesses sociais, entre outros.

### 3.4 Pranchas do “Exercício estrutural projetual I”



Decio Gonçalves

Figura 3.89 -Maquete eletrônica 05



Decio Gonçalves

Figura 3.90 - Maquete eletrônica 06

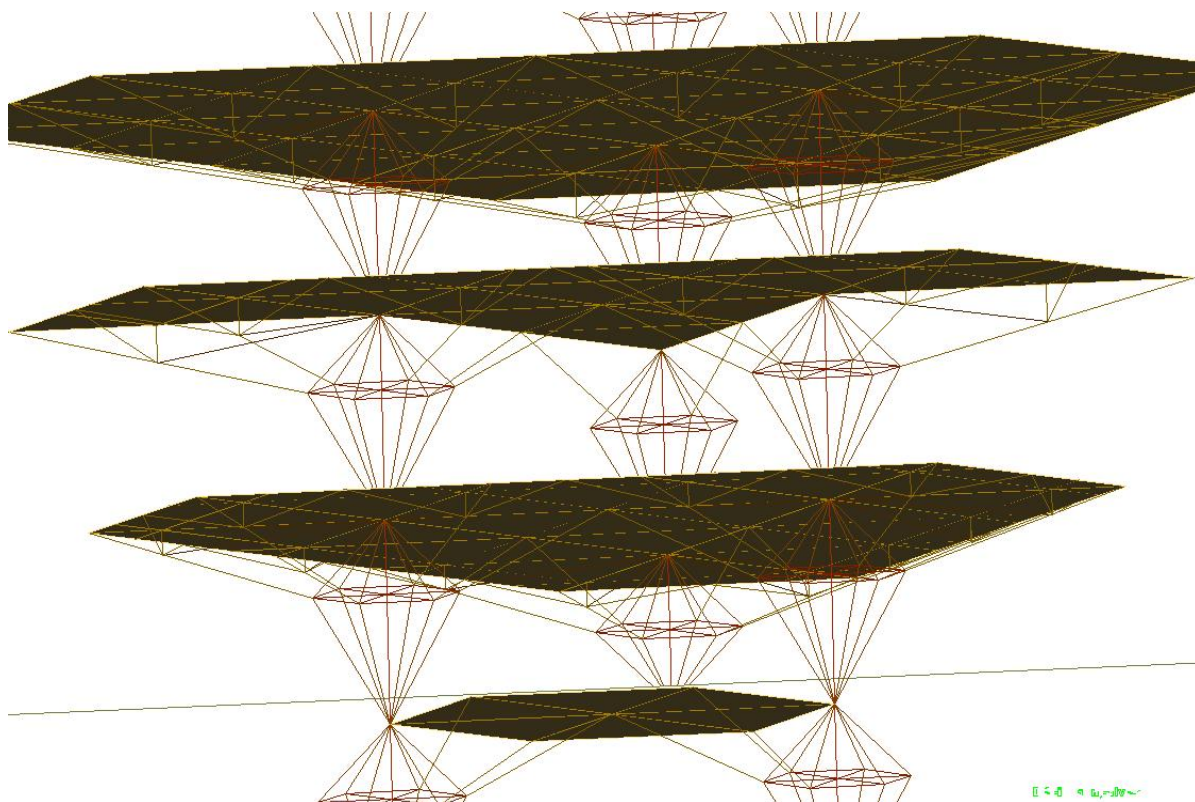


Figura 3.91 - Maquete eletrônica 07

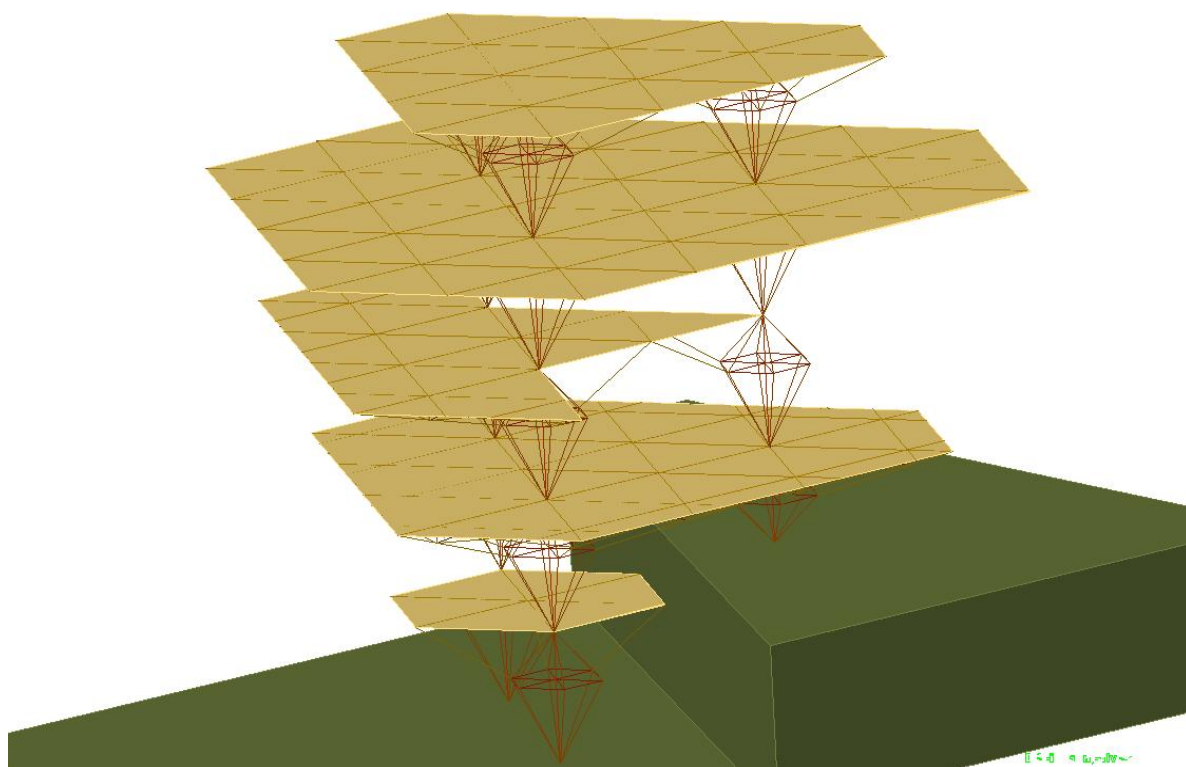


Figura 3.92 - Maquete eletrônica 08



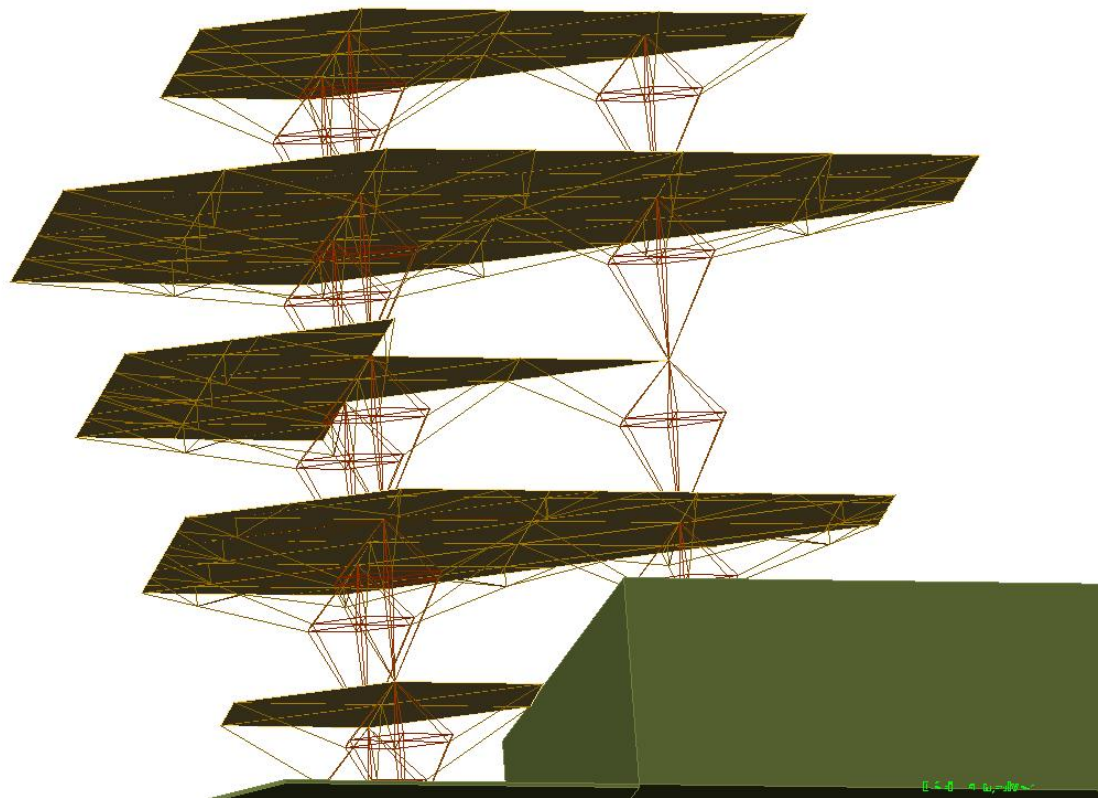


Figura 3.93 - Maquete eletrônica 09

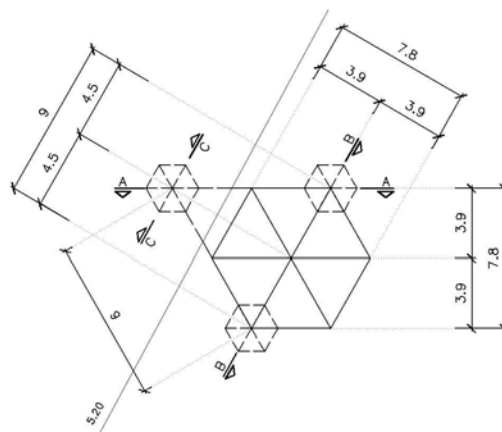


Figura 3.94 - Planta jirau cota 4.1



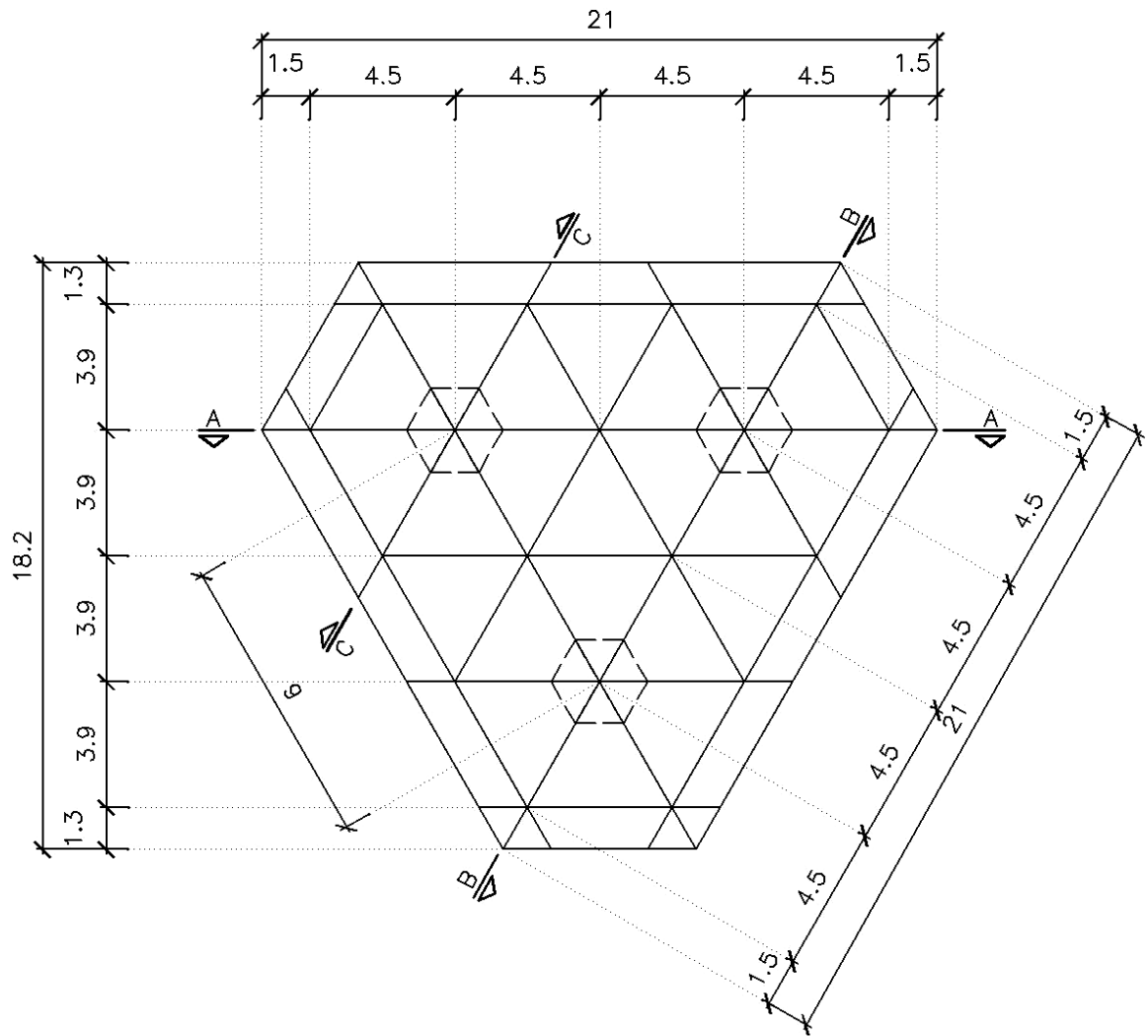


Figura 3.95 - Planta térreo cota 8.

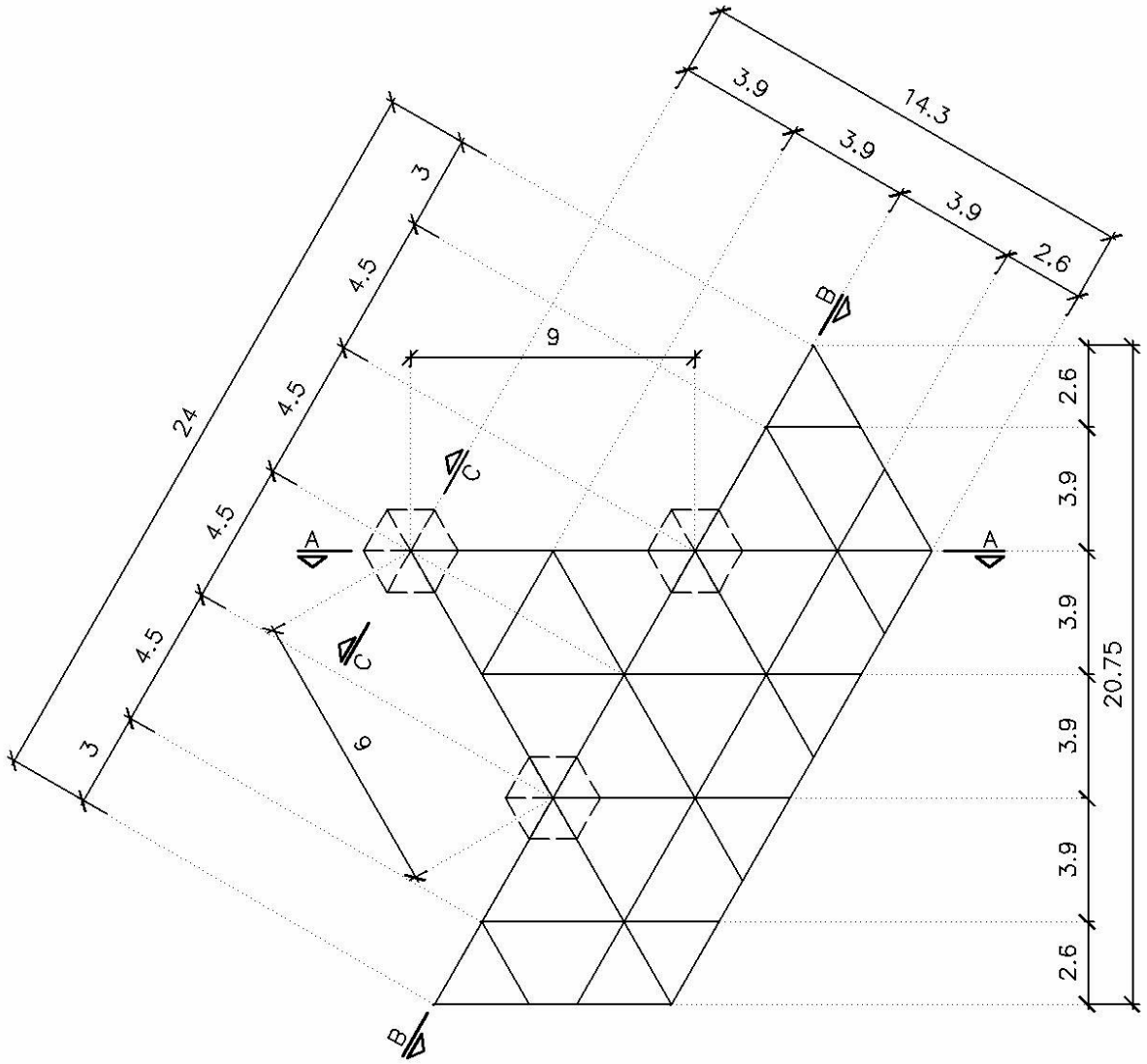


Figura 3.96 - Planta mezanino cota 12.3

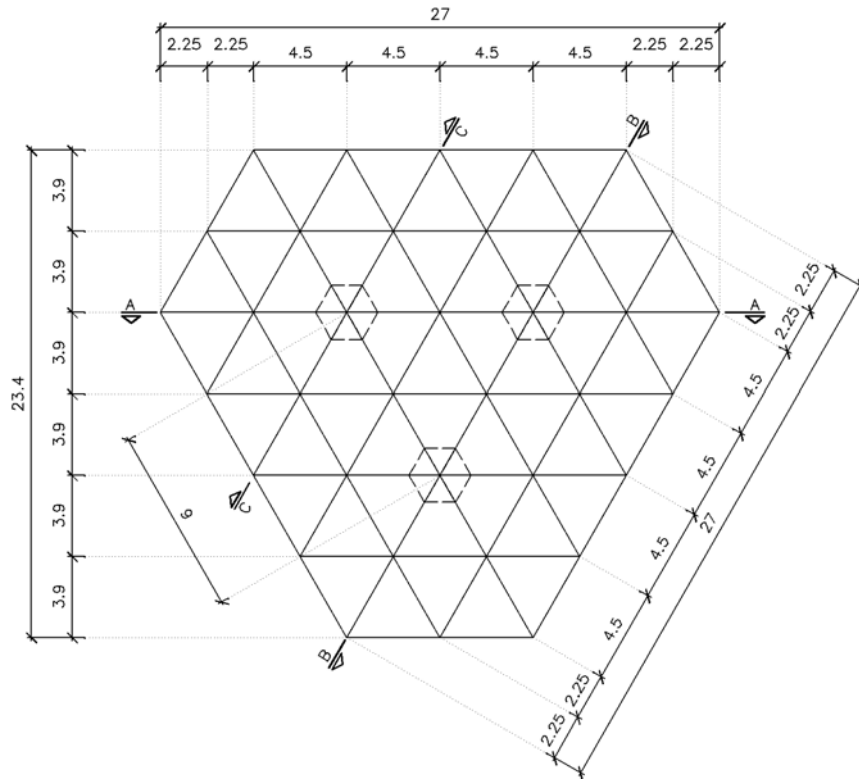


Figura 3.97 - Planta superior 16.4

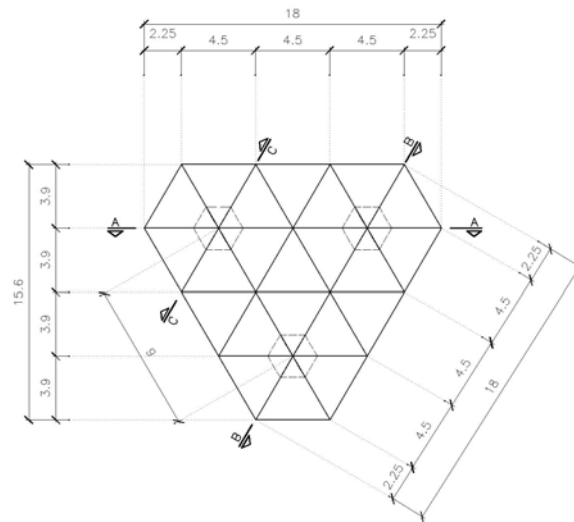


Figura 3.98 - Planta cobertura cota 20.5

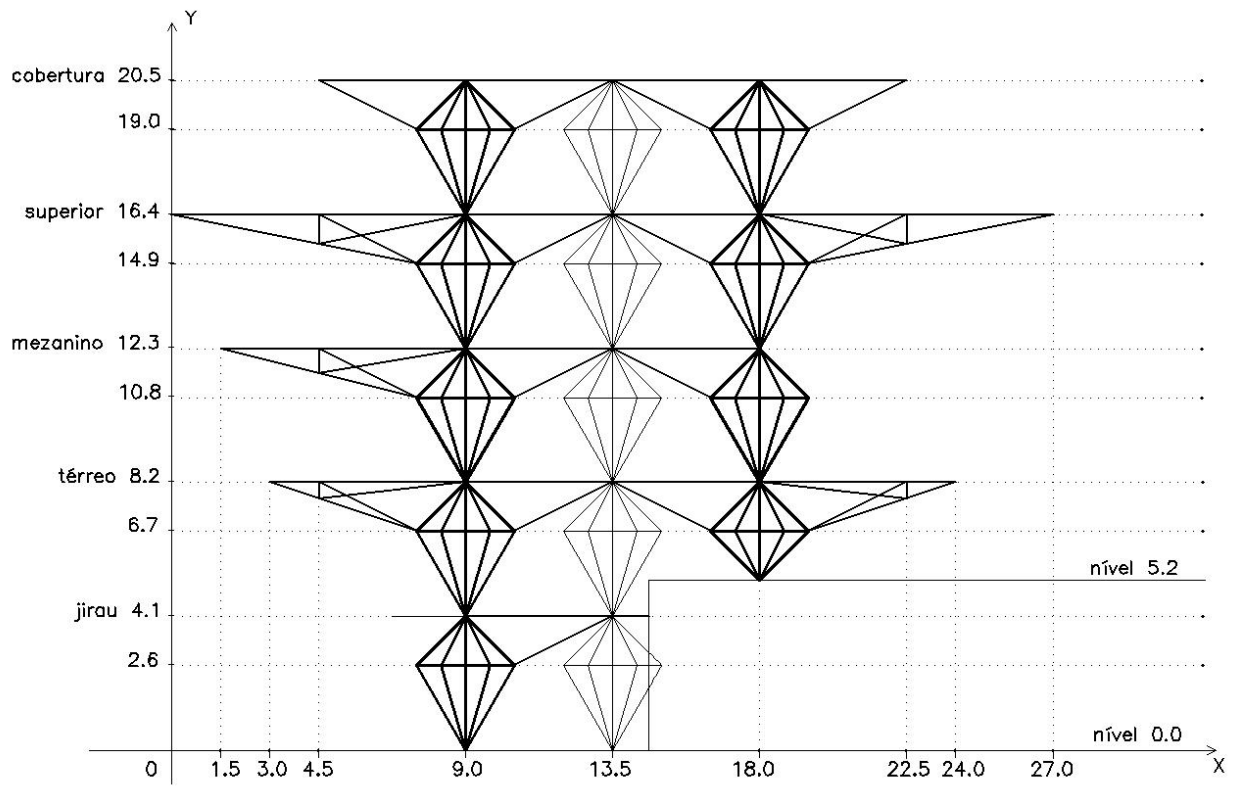


Figura 3.99 - Corte aa

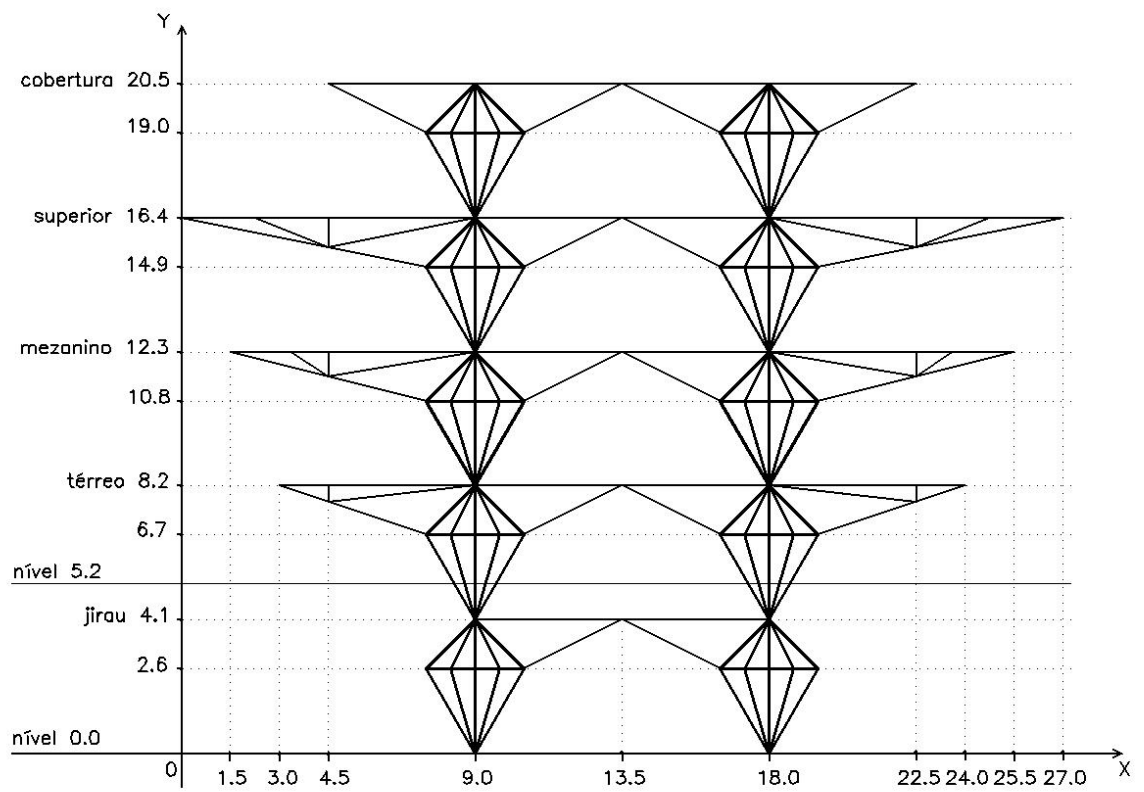


Figura 3.100 - Corte bb



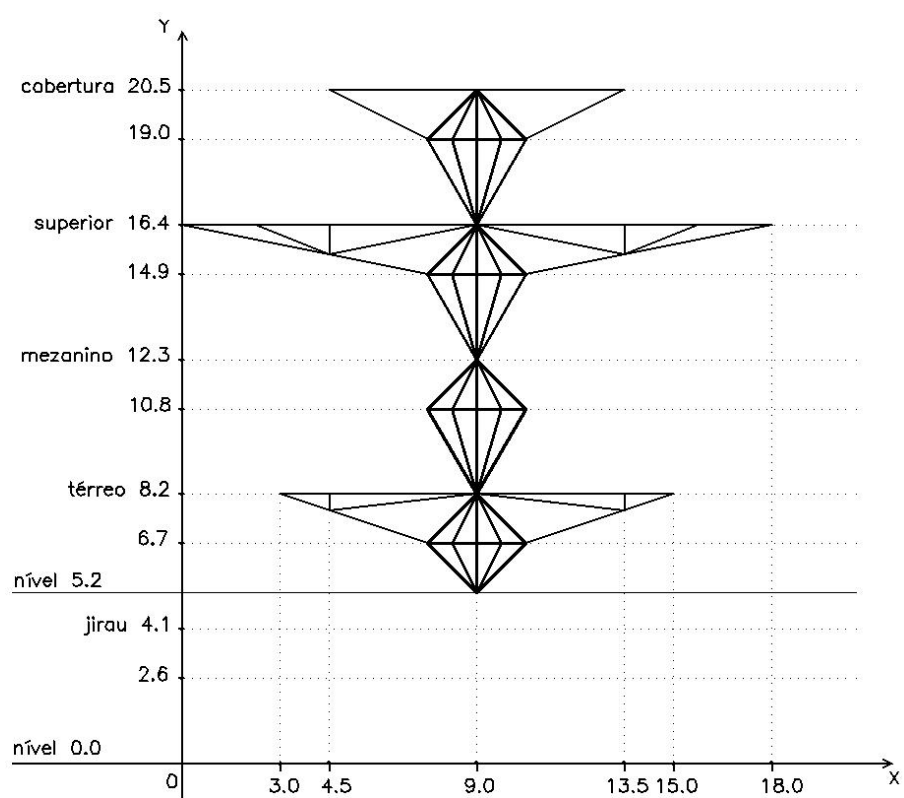


Figura 3.101 - Corte cc

### 3.5 Considerações a respeito de custos estimativos do SET 2M original concebido em madeira, com as hipotéticas estruturas correspondentes ao concreto e ao aço

Simula-se, a seguir, como seria comparativamente, o custo estimado estrutural, caso se pudesse pensar em desenvolver o **SET 2M original** com outros materiais, como por exemplo, o concreto e o aço, apesar de toda a complexidade envolvida, pois tratam de materiais distintos e ricos em suas especificidades.

Considera-se apenas como um exercício teórico, sem pretensão de um aprofundamento mais consistente no tema, avaliando-se e comparando-se um custo estrutural estimativo dessas estruturas, imaginando-as constituídas por esses materiais. Devido à sua relevância no contexto projetual estrutural, para o **SET 2M original**, toma-se como referência para essa avaliação sua célula hexagonal modular (CHM) como base desse cálculo estimativo. A CHM é constituída por parte de uma treliça espacial, mãos francesas, barras inclinadas, vigas principais e secundárias, módulo, hexágono do diamante e o pilar hexagonal central (elementos calculados através do software *MIX*, ao nível de dimensionamento inicial).

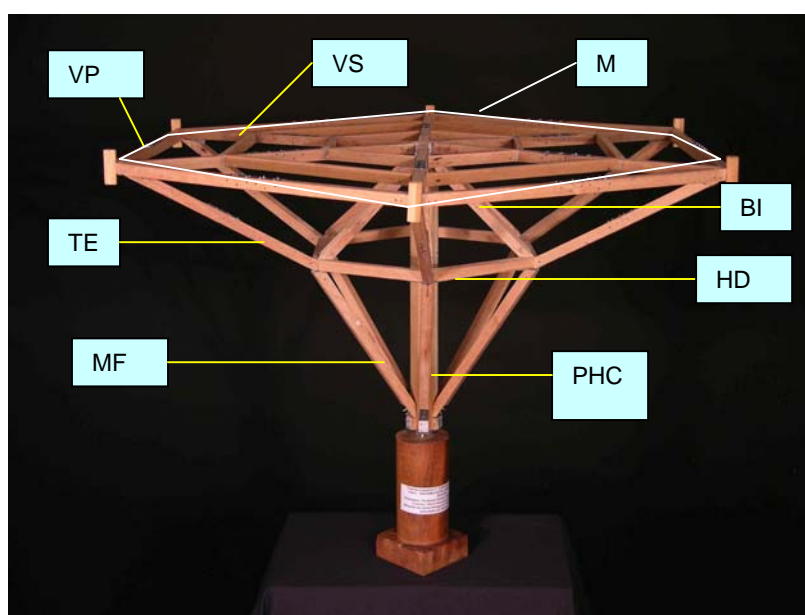


Figura 3. 102 – Maquete na escala 1:10 da célula hexagonal modular (CHM) composta por: (M) módulo=plano de laje da (CHM); (PHC) pilar hexagonal central ; (VP) viga principal; (VS) viga secundária; (MF) mão francesa; (BI) barra inclinada, (TE) treliça espacial, (HD) hexágono do diamante

A seguir, procede-se a uma avaliação estimativa estrutural com esses materiais:

### 3.5.1 Material madeira

A célula hexagonal modular (CHM) no sistema estrutural **SET 2M original** é representada pelo módulo geométrico básico (triângulo eqüilátero) com lado igual a 1,50 m.

Entendendo esta célula como base, apresenta-se uma tabela referente às dimensões (consideradas distâncias entre eixos) e volumetria, conforme as espécies especificadas dos seus elementos constituintes:

Elemento Constituinte	Unidade	Dimensão (m)		Volume (m <sup>3</sup> )	Espécie
		Seção (cm <sup>2</sup> )	Comprimento (m)		
(PHC)	1	Hexágono Inserido em um quadrado de 40x40 cm	4,25	0,442	<i>itaúba</i>
(VP)	12	15x15	4,50	1,215	<i>roxinho</i>
(VS)	6	10x15	3,00	0,270	<i>roxinho</i>
(VS)	6	5x15	1,50	0,068	<i>roxinho</i>
(BI)	6	15x15	2,00	0,270	<i>roxinho</i>
(TE)	6	15x15	3,50	0,473	<i>roxinho</i>
(BI)	6	15x15	2,15	0,290	<i>roxinho</i>
(MF)	6	15x15	3,00	0,405	<i>roxinho</i>
(DH)	6	15x15	1,50	0,203	<i>roxinho</i>
<b>Total</b>				<b>3,636</b>	

Figura 3. 103 – Tabela de elementos constituintes da CHM



Figura 3.104 – Módulo (M): vista superior

O módulo M, constituído por um hexágono de raio de 4,50 m, apresenta uma área em planta de 52,61 m<sup>2</sup>.

Dessa forma, a relação entre área construída e m<sup>3</sup> de material madeira empregada é  **$R = 14,47 \text{ m}^2/\text{m}^3$** , ou seja, para cada m<sup>3</sup> de madeira empregada têm-se 14,47 m<sup>2</sup> de área construída.

*Custo estimativo da CHM:*

- 1) Levando-se em consideração que são necessárias 26 ligações metálicas para a sua confecção e estimando-se o custo de cada ligação a R\$ 150,00 (custo estimado para quantidade mínima de peças), o custo total dessas ligações é de R\$ 3.900,00 (cotação feita com firmas especializadas por telefone em 27/04/07).
- 2) Em relação à madeira, empregam-se 0,442 m<sup>3</sup> da espécie *itaúba* e 3,194 m<sup>3</sup> de *roxinho*, portanto o custo será de:
  - a) 0,422 m<sup>3</sup> x R\$ 1.330,00/m<sup>3</sup> = R\$ 587,86; b) 3,194 m<sup>3</sup> x R\$ 1.160,00/m<sup>3</sup> = R\$ 3.705,04 (vide Figura 3.82, na pág. 245 desse capítulo), com tabela de cotação dessas espécies, respectivamente.

Considerando-se os itens acima 1) e 2), o custo total estimado do material seria de R\$ 8.192,90, que dividido pela área total da CHM de 52,61 m<sup>2</sup>, resultaria R\$ 155,73/m<sup>2</sup>.

O custo estimado da mão de obra considerado foi de R\$ 207,50 por m<sup>2</sup>, dado este fornecido pela firma *CALLIA ESTRUTURAS DE MADEIRAS* na execução da obra de sua responsabilidade, a *Creche Municipal Vila Santo Expedito*, em São Paulo (SP)<sup>16</sup> (informação pessoal)<sup>12</sup>.

---

<sup>16</sup> Informação pessoal enviada pelo Engenheiro Alan Dias, da firma *CALLIA ESTRUTURAS DE MADEIRA*, através do e-mail [alandias@callia.com.br](mailto:alandias@callia.com.br), em 22/05/07.

O custo estimado assumido para a mão de obra de R\$ 207,50/m<sup>2</sup>, multiplicado por 52,61 m<sup>2</sup> resulta R\$ 10.916,58, assim, o custo final estimado da estrutura (material + mão de obra) é de R\$ 19.109,48.

Portanto, o custo do m<sup>2</sup> estimado (material + construção) do material madeira fica:

- R\$ (R\$ 155,73+ R\$ 207,50) = **R\$ 363.23.**

A obra da *Creche Municipal* é significativa, pois apresenta características semelhantes ao **SET 2M original**, remetendo também à *aparência orgânica da árvore*, daí a relevância desse dado para o presente trabalho.

O gasto do material eucalipto *citriodora* nessa obra foi de 25,562 m<sup>3</sup> para uma área construída de 400,00 m<sup>2</sup>, portanto o rendimento é: **R = 15,65 m<sup>2</sup>/ m<sup>3</sup>**, ou seja, cada m<sup>3</sup> empregado de madeira resultou em 15,65 m<sup>2</sup> de área construída.

Foram empregadas madeiras roliças com diâmetros de 30 cm (para os pilares) na proporção de 15% e diâmetros de 15 cm na proporção de 85 % para os restantes dos elementos estruturais.



Figura 3. 105 – Obra: *Creche Municipal* – execução da firma *CALLIA ESTRUTURAS DE MADEIRAS* – autoria do Arquiteto André Takia. Fonte: foto da própria firma (2007)



O custo do m<sup>2</sup> dessa obra (material + mão de obra) foi de **R\$ 290,68**, resultado da divisão da soma dos custos de: material (R\$ 33.270,66) + mão de obra (R\$ 83.000,00) por 400 m<sup>2</sup> de área construída).

### 3.5.2 Material concreto protendido

Considera-se para o custo do concreto, a norma NB-18 (para obras na cidade de São Paulo) com as seguintes características:

- 1) f<sub>ck</sub> 250 preparado com betoneira R\$ 217,54/m<sup>3</sup>;
- 2) armadura CA 50 (100 kg/m<sup>3</sup> de concreto) R\$ 1.747,90/kg;
- 3) formas de chapa de madeira compensada (12 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> de concreto) R\$ 475,32/m<sup>3</sup>;
- 4) lançamento e aplicação do concreto R\$ 23,54/ m<sup>3</sup>.
- Totalizando: R\$ 2.464,30/ m<sup>3</sup>, estando inclusos: material, mão de obra e equipamentos, mais taxas de leis sociais e riscos de trabalho na porcentagem de 125,85%. A produtividade considerada é de 67 Hh/ m<sup>3</sup>, sendo Hh entendido como homens hora<sup>17</sup>.

Considerando a área do CHM de 52,61 m<sup>2</sup> e estabelecendo como espessura média dos elementos estruturais de 25 cm, resultaria um volume de concreto de 13,15 m<sup>3</sup>.

Daí resultar, o custo total da estrutura (material + mão de obra) em R\$ 33.292,69, portanto **R\$ 615,96/m<sup>2</sup>**. Nesse caso, o *rendimento estrutural* seria de **R = 14,47 m<sup>2</sup> de área construída/m<sup>3</sup> de concreto protendido**<sup>18</sup>.

<sup>17</sup> Informação extraída da *Revista CONSTRUÇÃO MERCADO*, n.71, p. 155, junho de 2007.

<sup>18</sup> Informação pessoal fornecida pelo Professor e Engenheiro Marcos Monteiro, por telefone, em 11/06/2007

### 3.5.3 Material aço

Em relação à estrutura metálica, considera-se vãos de 6 a 8 m, sobrecarga útil de 300 a 400 kgf/ m<sup>2</sup> e peso da estrutura de 40 a 50 kgf<sup>19</sup>.

O custo por kg da estrutura metálica, é de R\$ 7,86/kg, incluindo: material, mão de obra e mais equipamentos. Salienta-se que todas as especificações e cálculos de uma estrutura metálica são conformes às NBR 5884, NBR 9971, NBR 14762, NBR 15217 e ISO 6892.

Para o *SET 2M* em aço, considerando o valor médio da estrutura de 45 kg/m<sup>2</sup> multiplicado pela área da CHM de 52,61 m<sup>2</sup>, resultaria o peso da estrutura igual a 2.367,45 kg. Esse valor multiplicado por R\$ 7,86/kg (custo da estrutura metálica por quilo) é igual a R\$ 18.608,16 (custo total da estrutura: material + mão de obra), portanto: **R\$ 353,70/m<sup>2</sup>**.

O *rendimento estrutural (R)* resultaria: 0,022 m<sup>2</sup> de área construída/kg de aço.

Conclui-se, tomando por base os itens **3.5.1**, **3.5.2** e **3.5.3** referendados nesse capítulo, apresentando uma síntese da avaliação de valores da estrutura do *SET 2M* pensado em madeira (inclui-se também, a *Creche Municipal* no mesmo material) e como seria o *SET 2M* em aço e concreto protendido, síntese essa expressa segundo a tabela abaixo:

Material	R= m <sup>2</sup> área construída/m <sup>3</sup> de material empregado	Custo por m <sup>2</sup> de estrutura (material + mão de obra) (R\$/ m <sup>2</sup> )
Madeira <i>SET 2M original</i>	14,47(m <sup>2</sup> / m <sup>3</sup> )	363,23
Madeira <i>Creche Municipal</i>	15,65(m <sup>2</sup> / m <sup>3</sup> )	290,68
Aço	0,022 (m <sup>2</sup> /kgf)	353,70
Concreto protendido	14,47(m <sup>2</sup> / m <sup>3</sup> )	615,61

Figura 3.106 – Tabela comparativa de valores referentes às estruturas do *SET 2M* em madeira aço e concreto protendido

<sup>19</sup> Informação extraída da *Revista CONSTRUÇÃO MERCADO*, n.71, p. 156, junho de 2007

### **Observações**

- A relação:  $m^2$  de área construída por  $m^3$  de material empregado, refere-se aos materiais madeira e concreto, ao passo que em relação ao aço é  $m^2$  por kgf. Essa relação foi definida pelo Professor Arnaldo Martino, recebendo neste trabalho a denominação de *rendimento estrutural (R)*;
- A armadura do concreto protendido é de 3 a 4 vezes a do concreto armado. O custo do item 2: armadura, do *Custo estimativo da CHM*, foi extraído do custo do concreto armado (vide nota 16, na p. 271) multiplicado por 3,5;
- Razões estas que justificam a não inserção do material concreto armado na análise comparativa de custos como um dos possíveis materiais, que hipoteticamente pudessem ser aplicados no **SET 2M original**.

Em função do conhecimento desse projeto estrutural, pois foi o responsável pelo seu dimensionamento inicial, que resultou na estabilização geral do sistema, recorre-se ao Professor e Engenheiro calculista Marcos Monteiro, titular da firma *Planear Engenharia*. O Professor Marcos encaminha sua posição a respeito dessa questão, através de um e-mail (transcrito na íntegra) enviado ao próprio autor, onde acentua:

Seguem nossas considerações acerca da utilização de concreto armado no sistema SET 2M: 1). É importante que se tenha em conta que a estimativa de custos de execução de estruturas baseia-se, totalmente, na experiência adquirida, pelo profissional que está elaborando o orçamento, na execução de sistemas com a mesma tipologia. A mudança de materiais, formas, tipos de ligações irão influenciar fortemente, não só no consumo dos materiais mas, principalmente, na qualidade de mão de obra (homens/hora) alocada na execução da estrutura; 2). Dessa forma, a utilização do concreto armado na elaboração do SET 2M deve ser encarado por dois ângulos distintos:

i. Execução do sistema treliçado do SET 2M em concreto armado: em nossa opinião, estimar custos para a execução do SET 2M em concreto armado é um exercício puramente teórico. Não há impedimento em se determinar deformações e esforços nas barras, supondo-se a estrutura de concreto armado,

bem como, não é tarefa impossível o detalhamento da estrutura. Portanto, pode-se até determinar o consumo de materiais. Daí, a se estimar custos de mão de obra para execução da estrutura, vai uma grande distância. Sistemas treliçados não foram criados para serem executados em concreto armado. Não se encontram simples treliças de cobertura em concreto armado, já que seria extremamente complexo e custoso executá-las. Portanto, não existe histórico de consumo de mão de obra para esse tipo de estrutura em concreto armado, pelo simples motivo de que existem materiais mais adequados (relação custo x benefício) para isso. Com isso, podemos afirmar:

- Não se justifica a estimativa de custos do sistema SET 2M em concreto armado já que não se dispõe de histórico para isso;

- Estimar custos para essa hipótese não seria mais do que uma estimativa, provavelmente distante da realidade, não servindo para conclusões objetivas.

ii. A comparação com o concreto como material estrutural poderia, como hipótese, ser elaborada preservando-se os planos de laje, os quais seriam executados totalmente em concreto, apoiados em 3 pilares, respeitando assim o sistema estrutural básico do SET 2M e suas áreas úteis. Em função das grandes extensões em balanço, esse sistema só poderia ser viabilizado com a utilização do concreto protendido. Como estimativa inicial, consideraríamos uma espessura média da estrutura de 25 cm (lajes + vigas de travamento + pilares) e uma taxa de aço para protensão de 25 kgf/m<sup>3</sup> e 30 kgf/m<sup>3</sup> para armadura passiva<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> Informação pessoal fornecida pelo Professor e Engenheiro Marcos Monteiro através de e-mail, em 11/06/2007

## Capítulo IV: SET 2M - Provas com programas funcionais: Estudos de casos

### Preliminares

Uma das características principais do *Sistema estrutural treliçado modular em madeira - SET 2M* são os seus elementos constituintes, compostos basicamente de célula hexagonal modular (CHM), treliça espacial (TE), módulo (M), pilar hexagonal central (PHC), “diamante” de apoio (D), mãos francesas (MF), hexágono de apoio (HA), ligações metálicas (LM), vigas principais (VP) e vigas secundárias (VS).

Esses elementos se repetem ao longo de todo o sistema, nas três direções do plano horizontal pensadas recorrentes do triângulo eqüilátero, bem como na direção vertical.

*Grosso modo*, sabe-se que as formas geométricas básicas são três, no entanto a acumulação destas três formas gera só dois tipos de estruturas básicas: quadrado e triângulo eqüilátero. Segundo Munari (1997), o máximo número de discos sobre uma superfície tem estrutura correspondente ao triângulo eqüilátero.

Em termos estruturais, o triângulo se apresenta deveras favorável em relação ao quadrado, pois em uma estrutura com triângulo eqüilátero a dissipação dos esforços atuantes se processa em três direções, ao passo que no quadrado, somente através de duas.

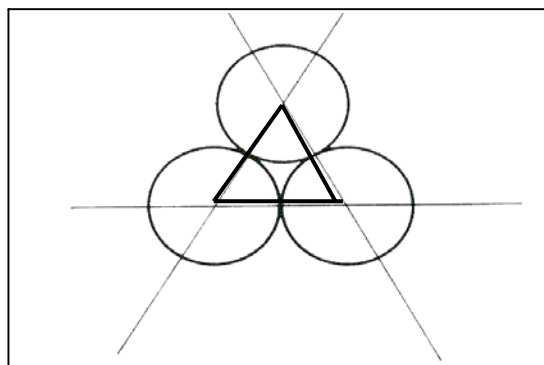


Figura 4.1 – Acumulação de formas geométricas, gerando o triângulo eqüilátero. Fonte: MUNARI, 1997



O *SET 2M* foi concebido sob a égide do triângulo eqüilátero, utilizado brilhantemente pelo Arquiteto Frank Lloyd Wright em algumas de suas *Usonian Houses* e pelo Arquiteto Marcos Acayaba, por exemplo, em sua residência de praia no Guarujá (SP).

A célula hexagonal modular é (CHM) resultante dessas concepções, podendo ser composta por hexágonos concêntricos com módulos geométricos básicos (MGB) com diâmetros de: 1,20 m, de 1,40 ou 1,50 m e os seus múltiplos ou sub-múltiplos (considerando-se sempre distâncias entre eixos) respectivamente, os quais em cada caso formam um módulo (M) distinto.

Para tornar mais real a concepção projetual foi executada uma maquete na escala 1:10, no caso, com módulo geométrico básico (MGB) igual a 1,50 m.

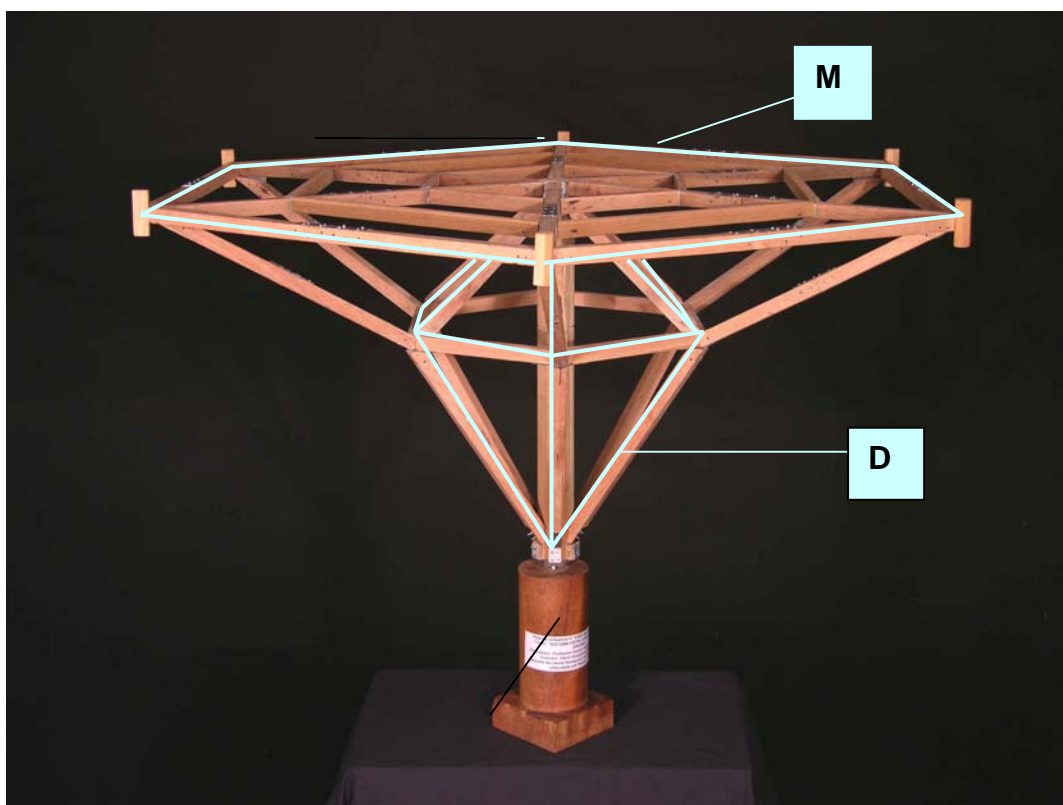


Figura 4.2 – Módulo(M) e “diamante” de apoio (D)

Segundo o Dicionário Aurélio, módulo, enquanto considerado no campo da Arquitetura, é a “medida que se condiciona como unidade padrão e à qual se

sujeitam as dimensões das partes de uma construção”. O módulo (M) é a parte superior e plana da célula hexagonal modular (CHM).

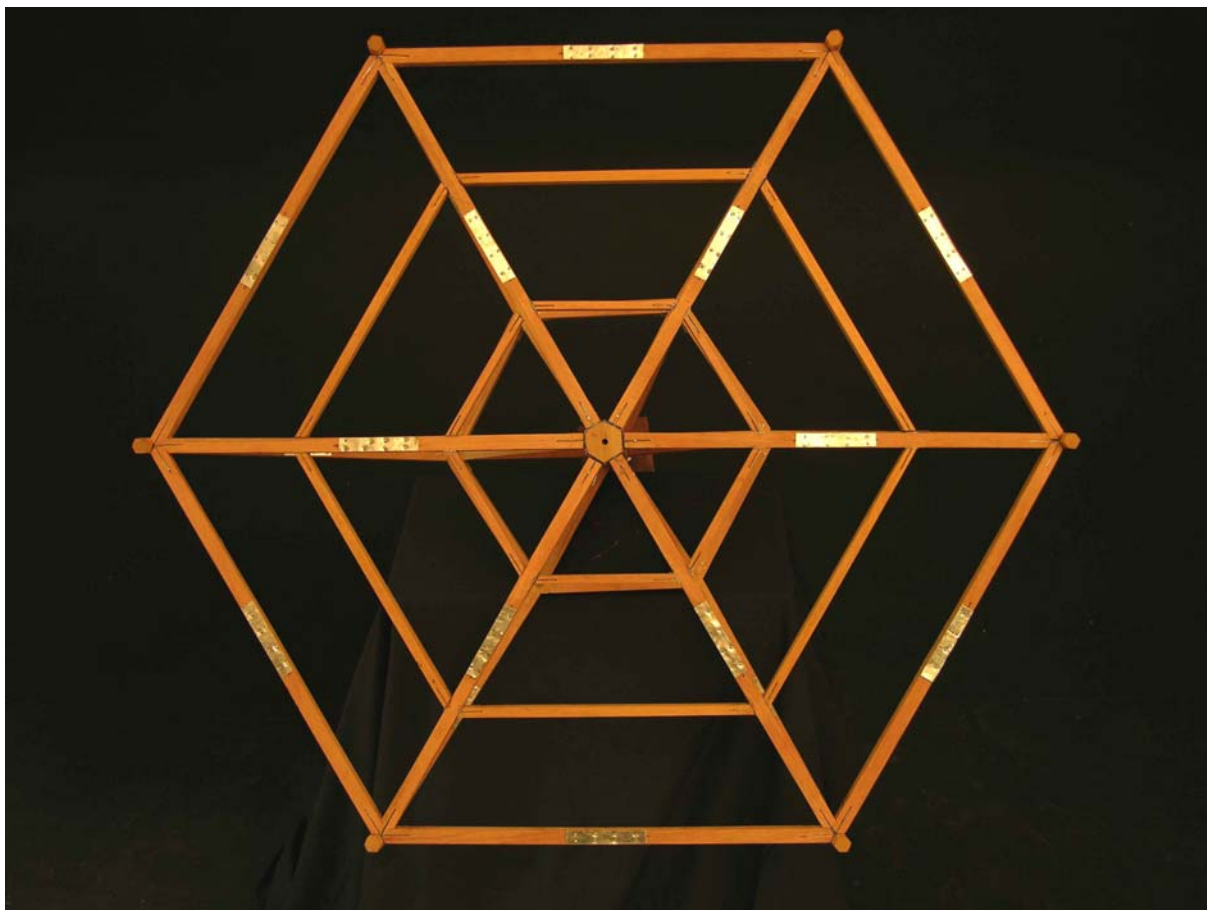


Figura 4.3 – Módulo (M): vista superior

Além do módulo (M), esta célula é constituída por um “diamante” de apoio (D), mais à parte de uma treliça espacial.

Faz parte também dessa célula o pilar hexagonal central (PHC) com seção hexagonal, cujo hexágono insere-se em quadrado de 40 x 40 cm. Esse valor específico para módulo geométrico básico (MGB) de 1,50 m, foi devidamente calculado pelo Engenheiro e Professor Marcos Monteiro, através do *software MIX*.

Do centro deste hexágono, que configura a inversão da imagem gótica pensada pelo Arquiteto Antoni Gaudí em sua obra *Sagrada Família*, saem seis barras diagonais

(BD), que vão se alojar nos pontos de encontro das barras, que forma o hexágono de apoio (HA) do “diamante” de apoio (D).

Deste hexágono saem seis mãos francesas (MF) em direção ao pé de pilar hexagonal central (PHC) junto ao plano de laje, formado por três módulos (M).

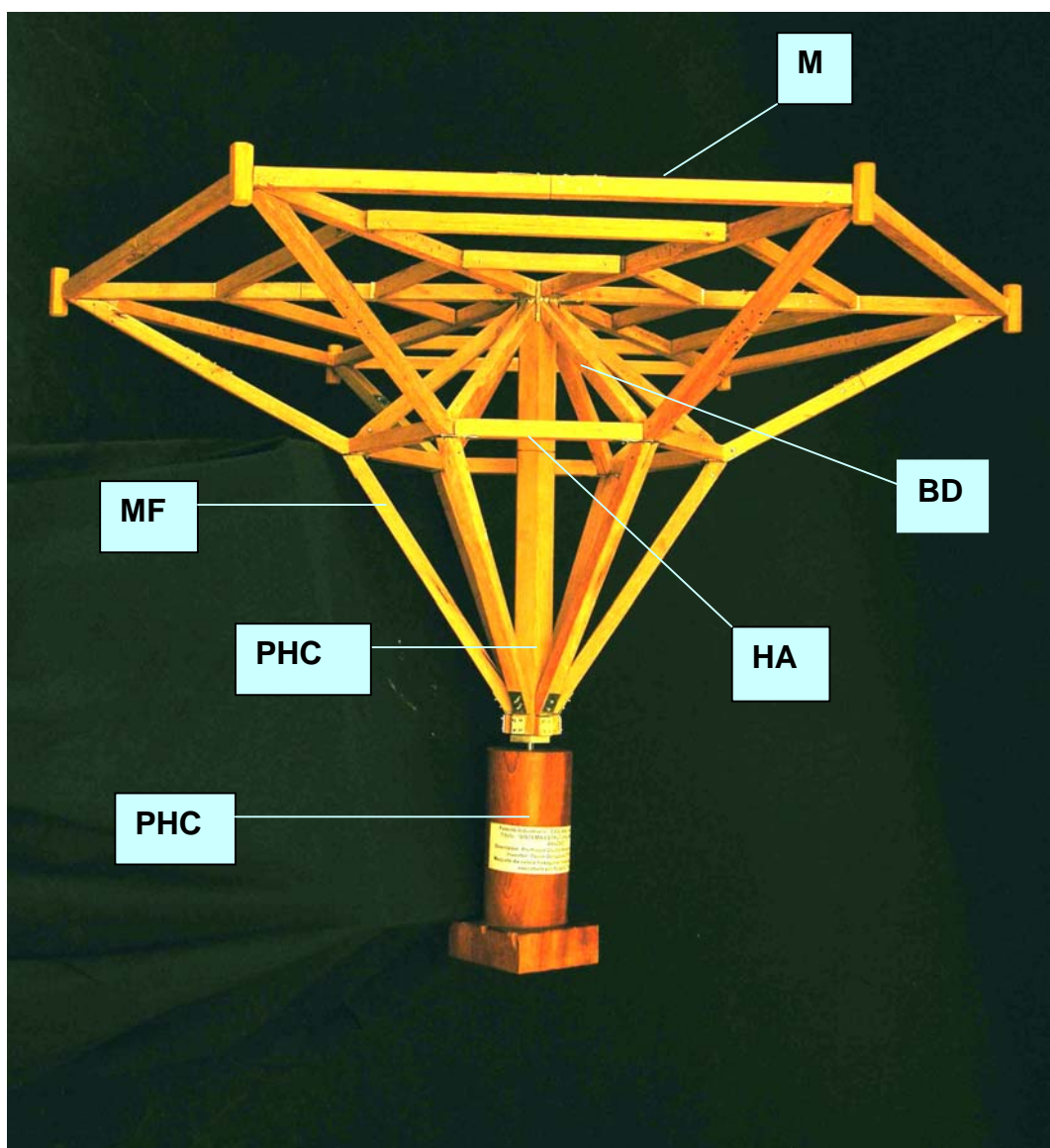


Figura 4.4 – Célula hexagonal modular (CHM)

Um elemento relevante na célula hexagonal modular (CHM) é a treliça espacial (TE), possibilitando ao plano de laje (PL), alcançar uma envergadura de até 30 m, considerando-se duas células hexagonais modulares (CHM) dispostas lado a lado.

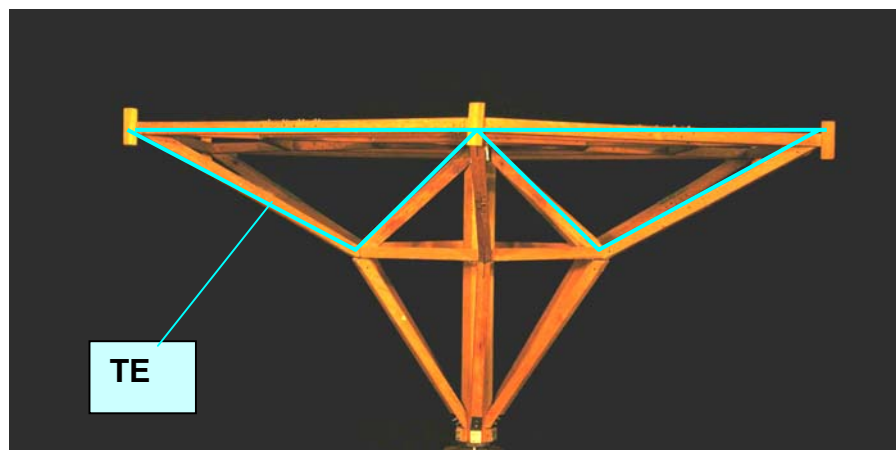


Figura 4.5 – Treliça espacial (TE)

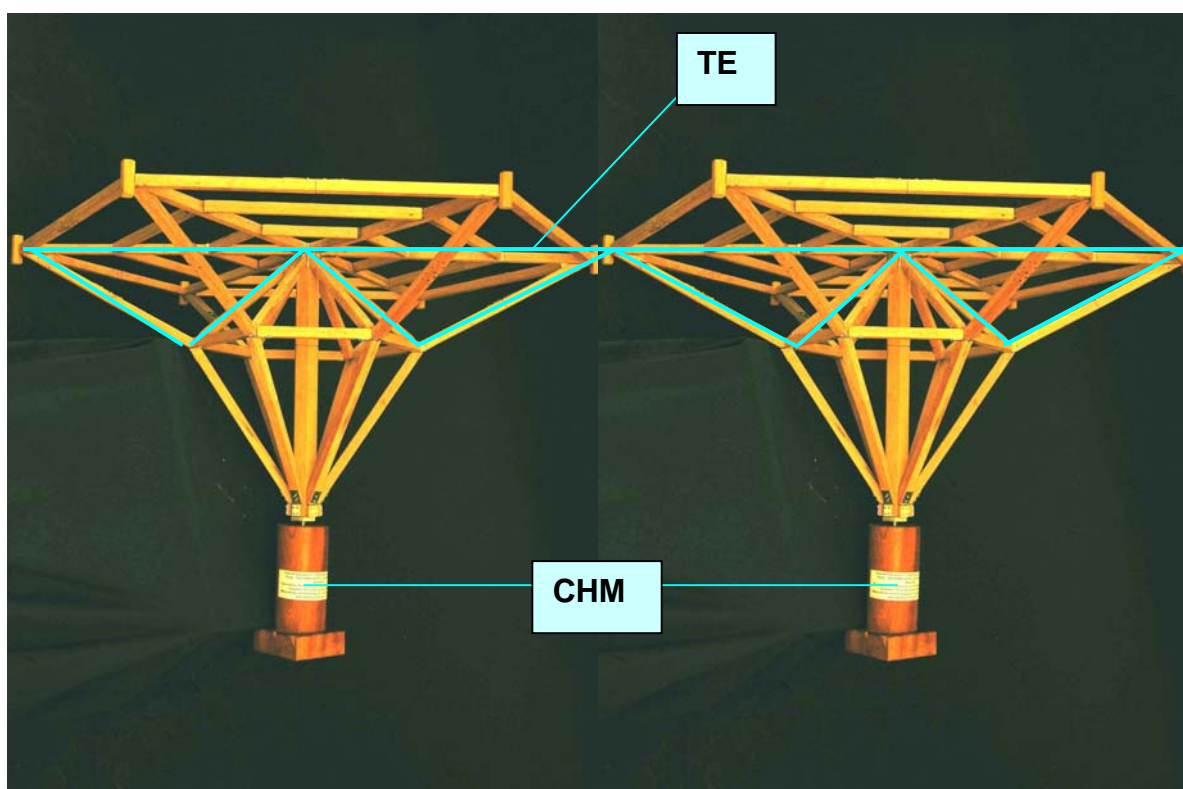


Figura 4.6 – Foto montagem de duas células hexagonais modulares (CHC) juntas

Por princípio projetual, em se tratando de uma estrutura formada por um conjunto de barras interligadas, que formam triângulos, como no caso presente, o cálculo se processou como se fosse treliça, ou seja, como sendo uma estrutura com nós articulados.

As treliças se apresentam como excelente meio projetual para alcançar contornos os mais variados, visando à estética estrutural e à diminuição dos esforços nas barras, onde a distribuição dessas barras e a conformação externa são ajustadas às

solicitações provenientes do carregamento. Uma de suas características é apresentar os seus apoios não engastados.

Em termos de concepção projetual, o *SET 2M* foi pensado conforme o disposto na Figura 4.6 acima, ou seja, as duas células hexagonais modulares (CHM) se tangenciando, concepção essa que recebeu a denominação de ***SET 2M original***.

Quando da Banca de Qualificação realizada em 21/09/2007, com a presença dos Professores Doutores Arnaldo Martino (orientador), Marcos Acayaba e Nilson Franco (membros titulares), houve duas recomendações: 1) as células fossem afastadas, mantendo o alinhamento das treliças espaciais (TE), formando-se, como consequência, hexágonos ou triângulos equiláteros com os cantos recortados (hexágonos irregulares), dependendo do afastamento, em sua parte central e 2) apresentação de provas com programas funcionais do *SET 2M*. Essa nova concepção foi denominada ***SET 2M com variações projetuais***.

A primeira recomendação atendia ao propósito de, em se afastando os “diamantes de apoio” (D), aumentar-se-ia o espaço para a implantação dos diversos programas funcionais. Em outras palavras, o espaço útil entre os “diamantes” resultava mais amplo. Esse espaço poderia ser aproveitado para a colocação de dutos: da escada, dos elementos de hidráulica e elétrica, bem como de lareira, entre outros.

Na configuração espacial pensada no ***SET 2M original*** (Figura 4.7 a seguir) o triângulo equilátero (linhas em branco) resulta como figura interna aos três hexágonos (em amarelo).



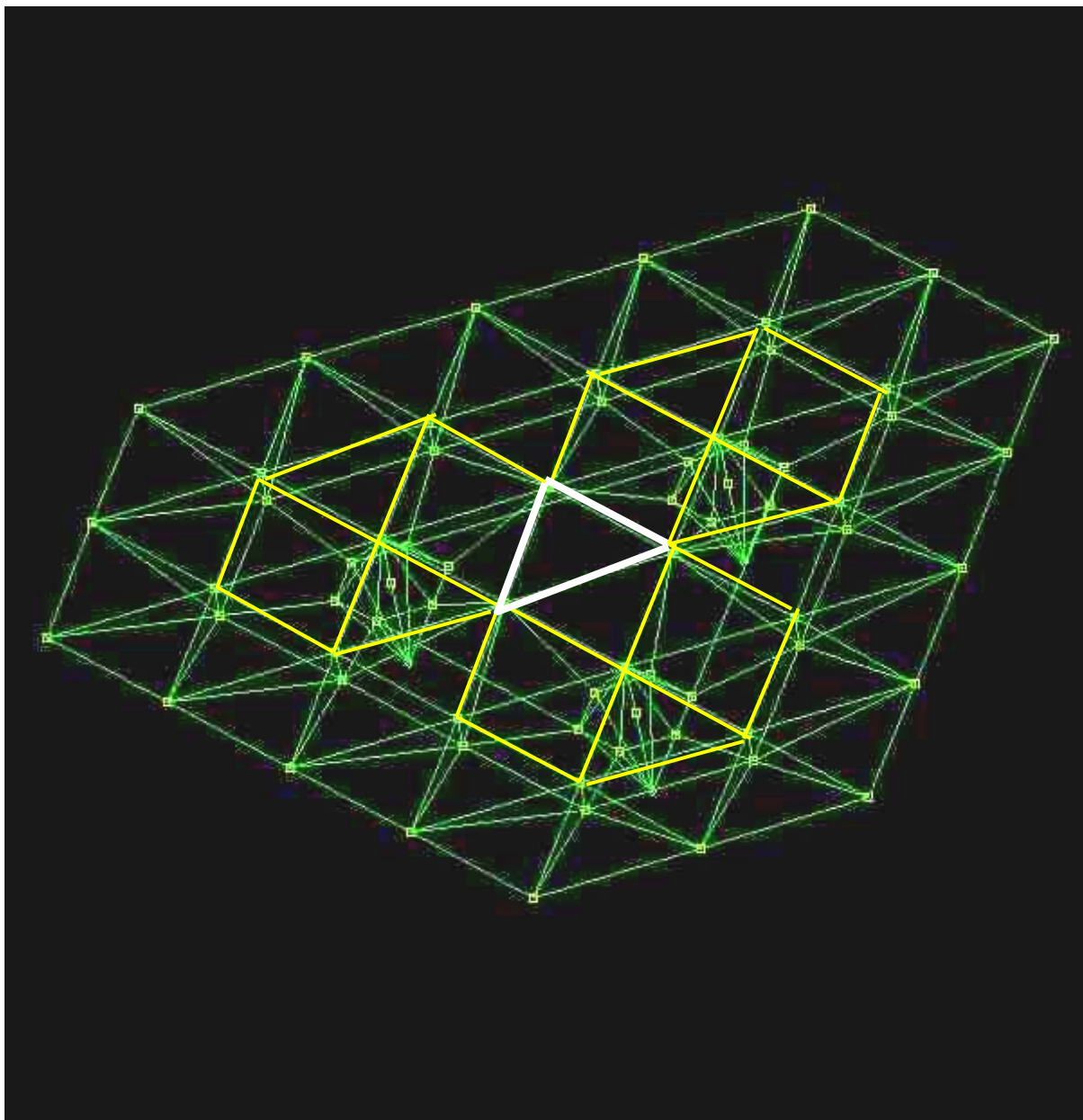


Figura 4.7 - *SET 2M* – Versão final - maquete virtual digitalizada através de software *MIX*, executada pelo Engenheiro Marcos Monteiro (junho/2006)

Na recomendação da Banca, a figura resultante passa a ser o hexágono (como indicado na Figura 4.8 a seguir), formado pelas setas vermelhas ou ainda triângulos eqüiláteros com cantos arredondados (hexágonos irregulares).

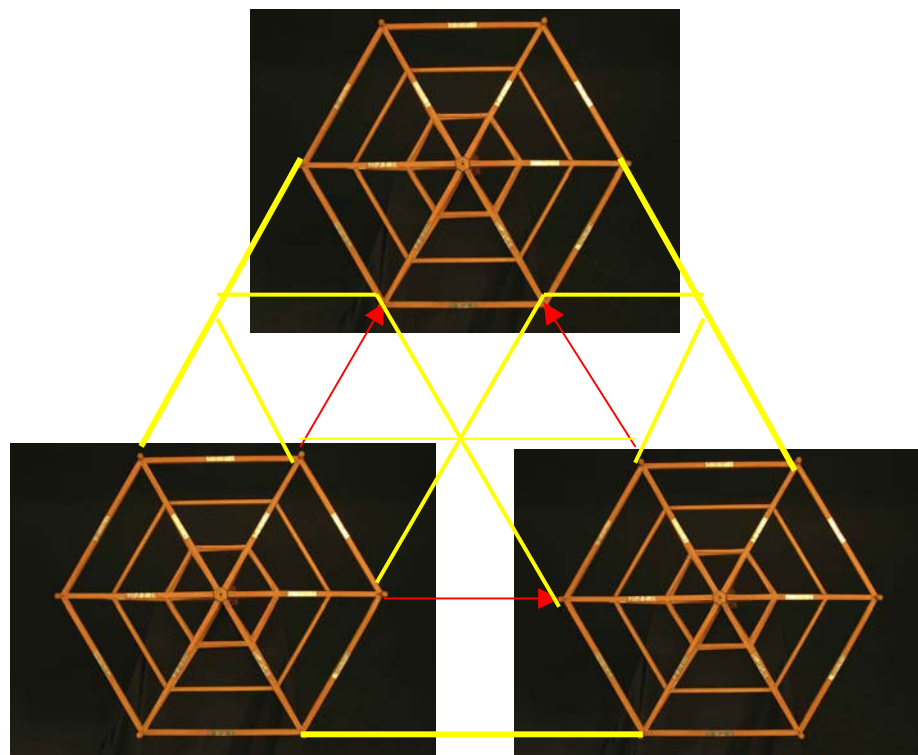


Figura 4.8 – Hexágono interno (setas vermelhas) - Plano de laje (PL) com três células hexagonais modulares (CHM) que formam uma das possibilidades do **SET 2M com variações projetuais**

A segunda recomendação se prendia ao fato que a concepção em si do **SET 2M original** atendia aspectos da área da Engenharia, enquanto elemento essencialmente estrutural, mas não apresentava o viés de Arquitetura com toda a tensão que o termo carrega.

Para tornar factível essa demanda foram pensados cinco estudos de casos:

- 1) Estudo de caso I: “Residência unifamiliar” com dois pavimentos mais a cobertura, com área construída de 385,64 m<sup>2</sup>; 2) Estudo de caso II: “Residência multifamiliar” com três pavimentos mais a cobertura, área construída 815,67 m<sup>2</sup>; 3) Estudo de caso III: “Pousada” com três pavimentos mais a cobertura, área construída de 815,67 m<sup>2</sup>; 4) Estudo de caso IV: “Residência unifamiliar térrea II”, com um pavimento mais a cobertura, área construída de 192,82 m<sup>2</sup> e 5) Estudo de caso V: “Residência unifamiliar térrea I” com um pavimento mais a cobertura, área construída de 188,90 m<sup>2</sup>.

- **4.1 Estudos de casos**

## 4.1.1 Estudo de caso I

## HABITAÇÃO UNIFAMILIAR I

### Planta do 1º Pavimento

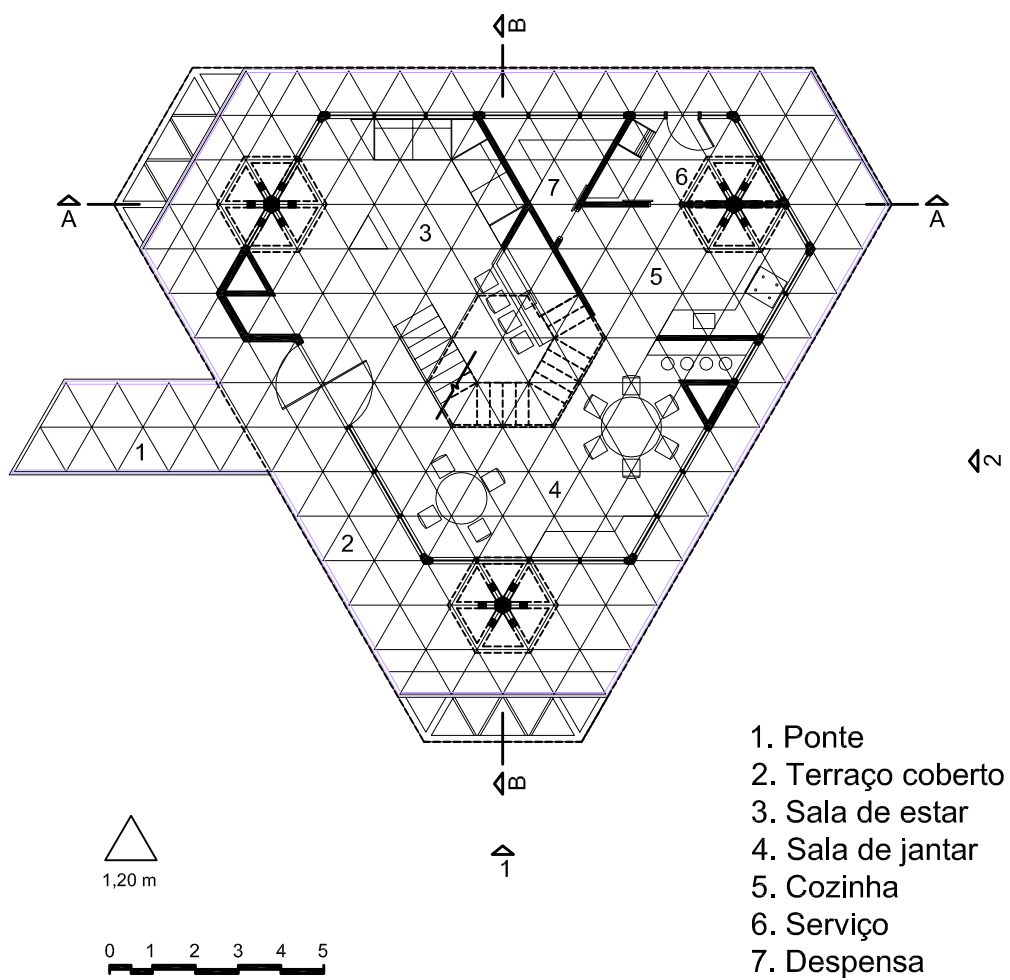


Figura 4.9

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR I

## Planta do 2º Pavimento

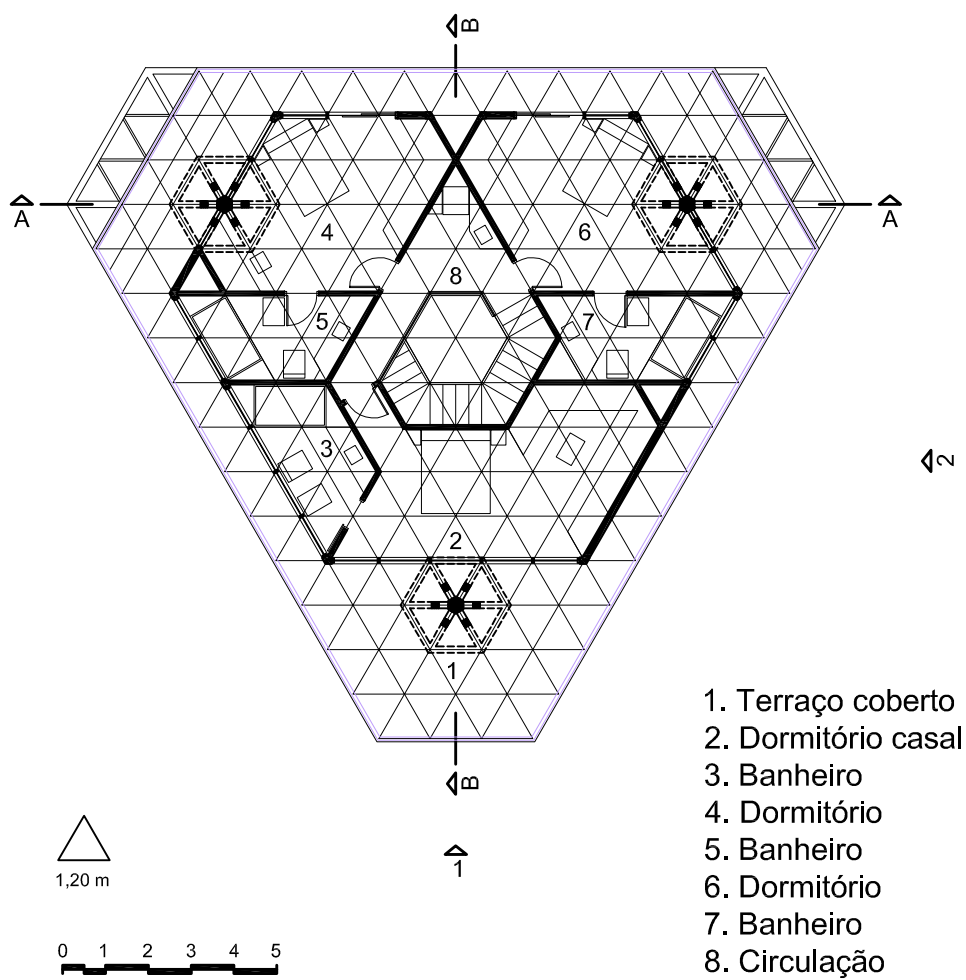


Figura 4.9.1

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR I

## Planta Estrutural

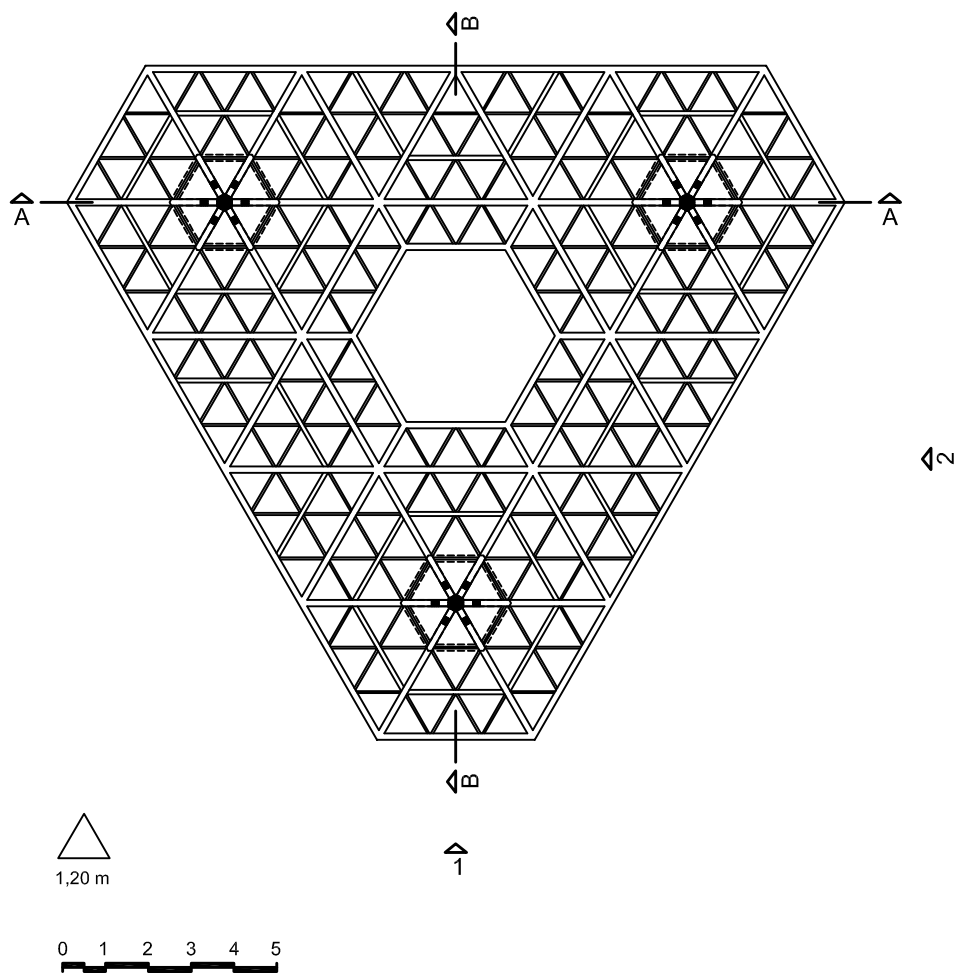


Figura 4.9.2



# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR I

## Planta de cobertura

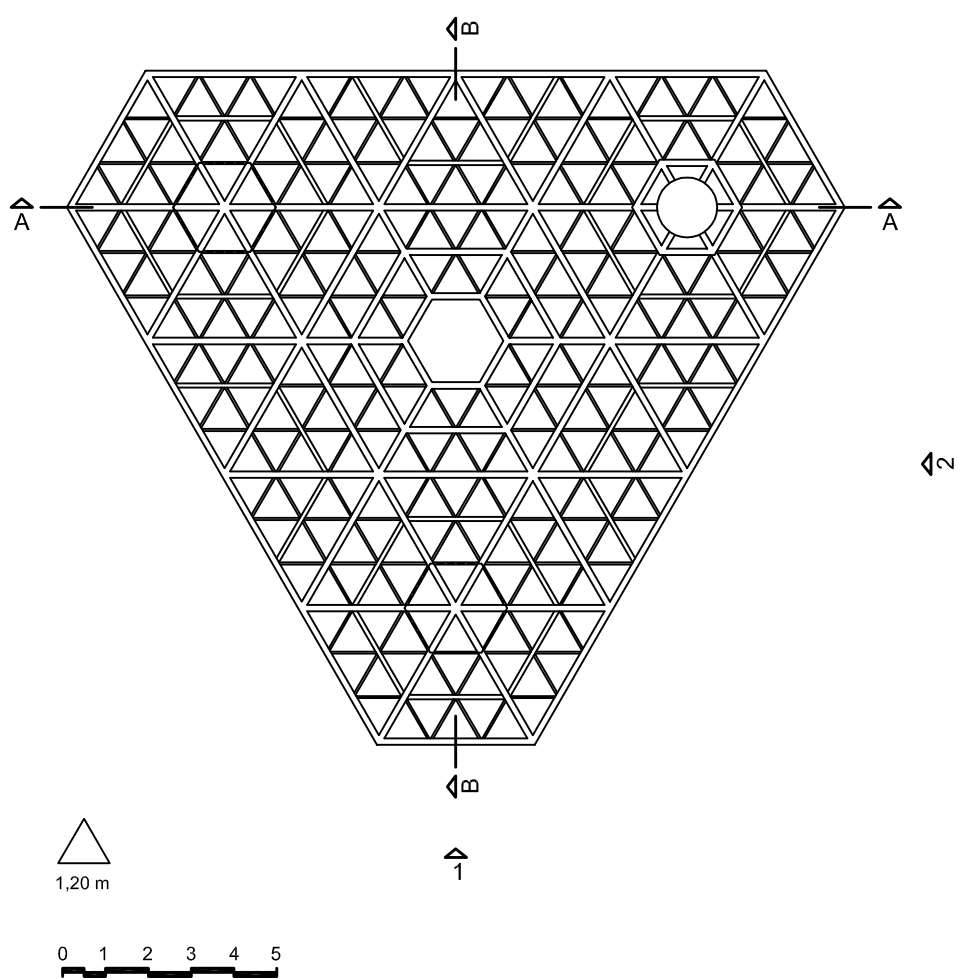


Figura 4.9.3

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR I

## Corte AA

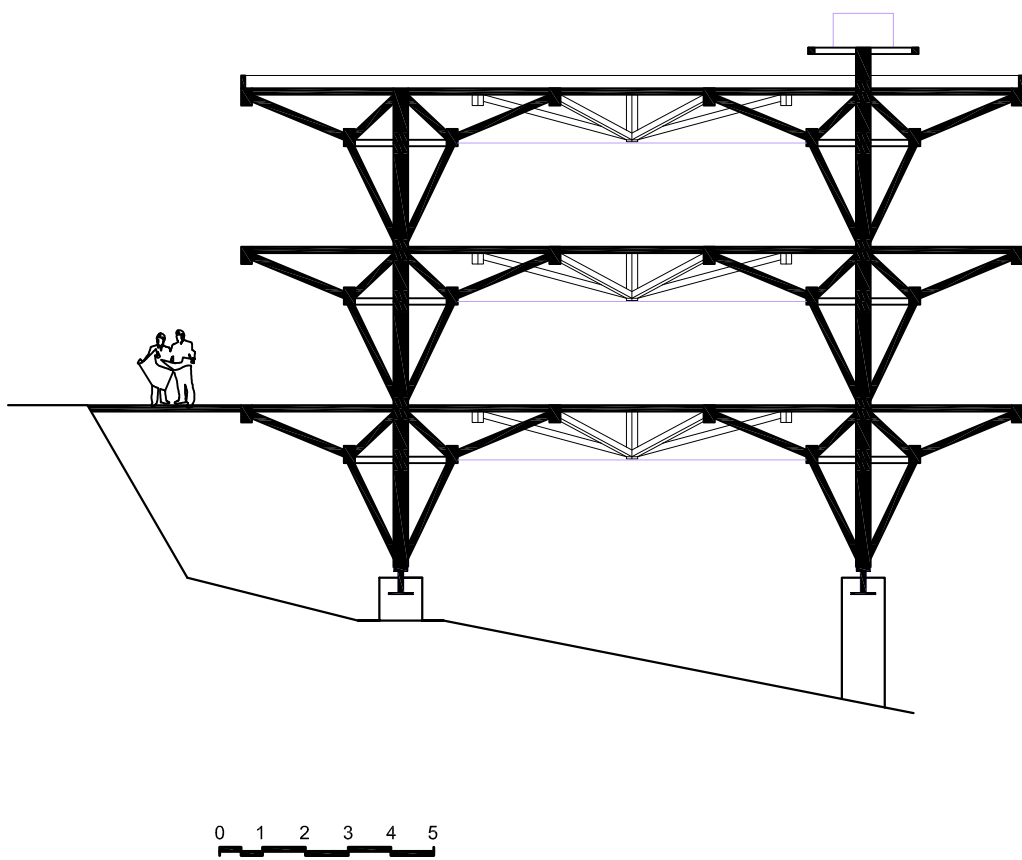


Figura 4.9.4

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR I

## Corte AA

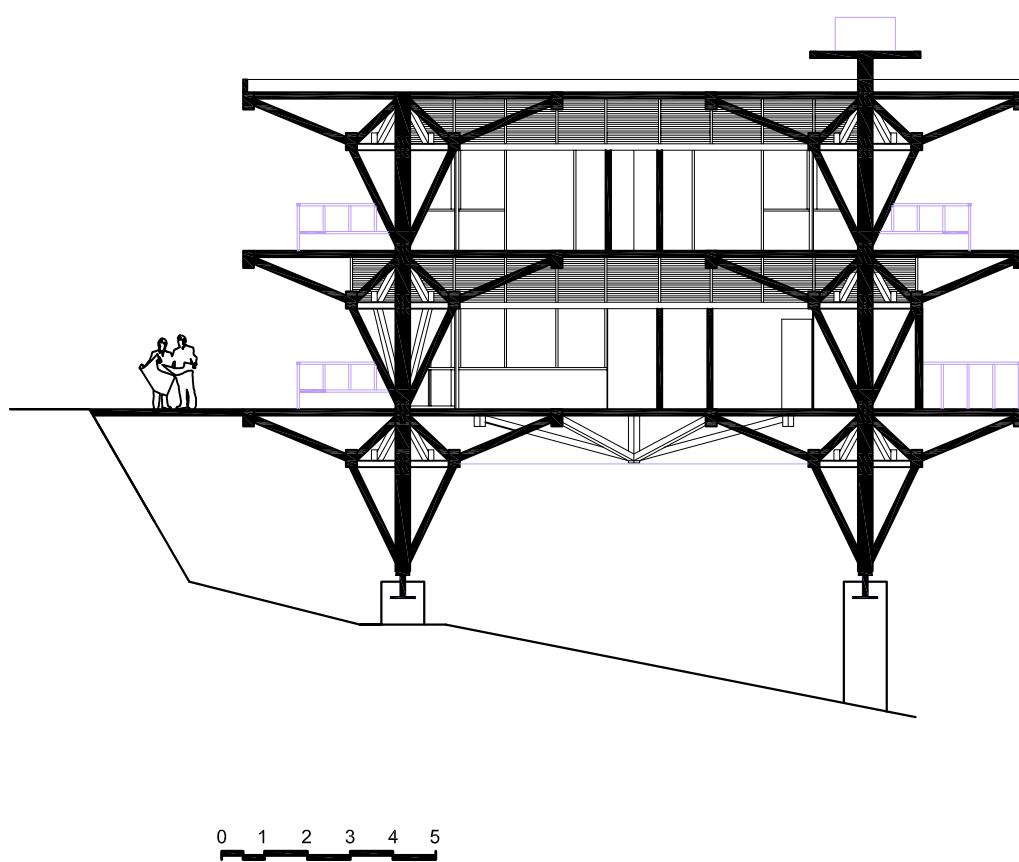


Figura 4.9.5

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR I

## Elevação 1 Frontal

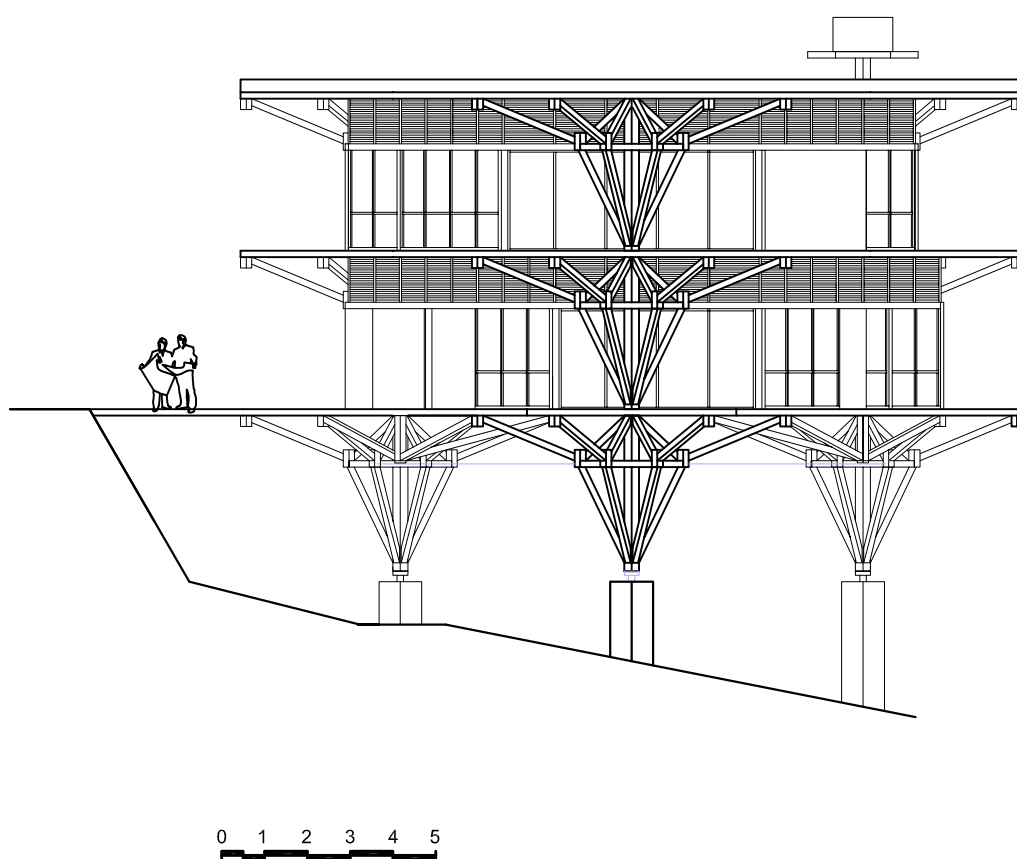


Figura 4.9.6

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR I

## Elevação 1 Frontal

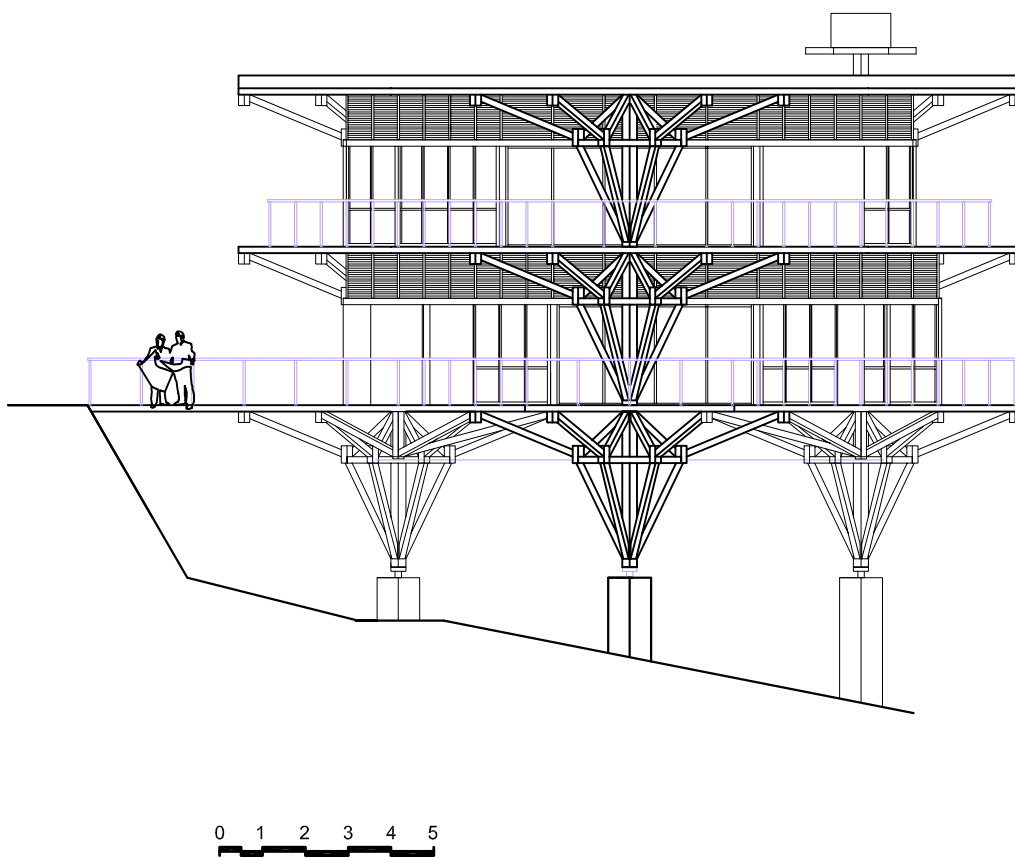


Figura 4.9.7



# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR I

## Corte BB

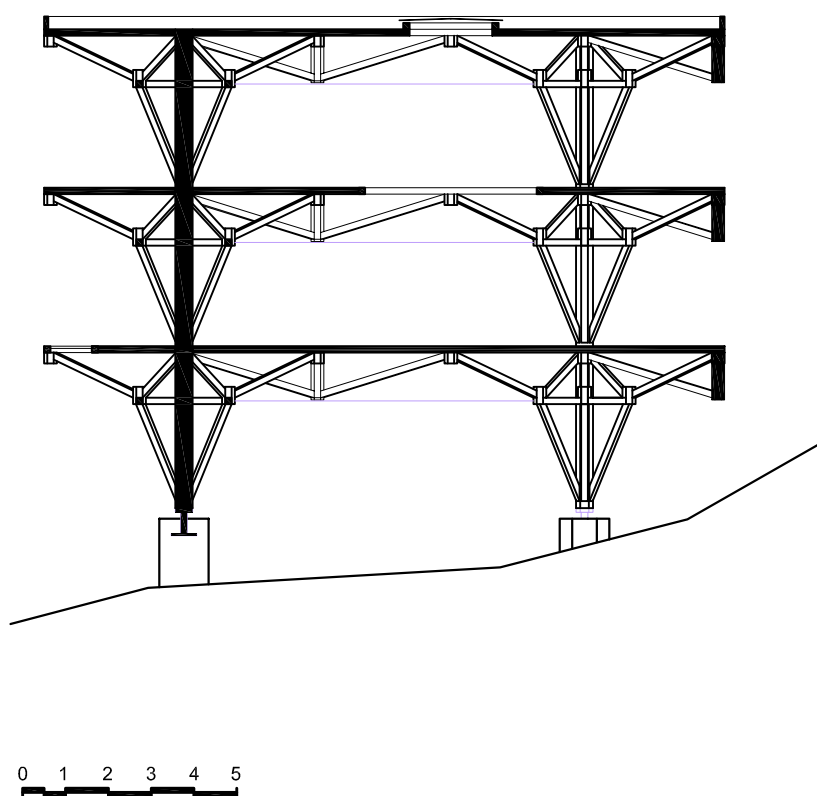


Figura 4.9.8

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR I

## Corte BB

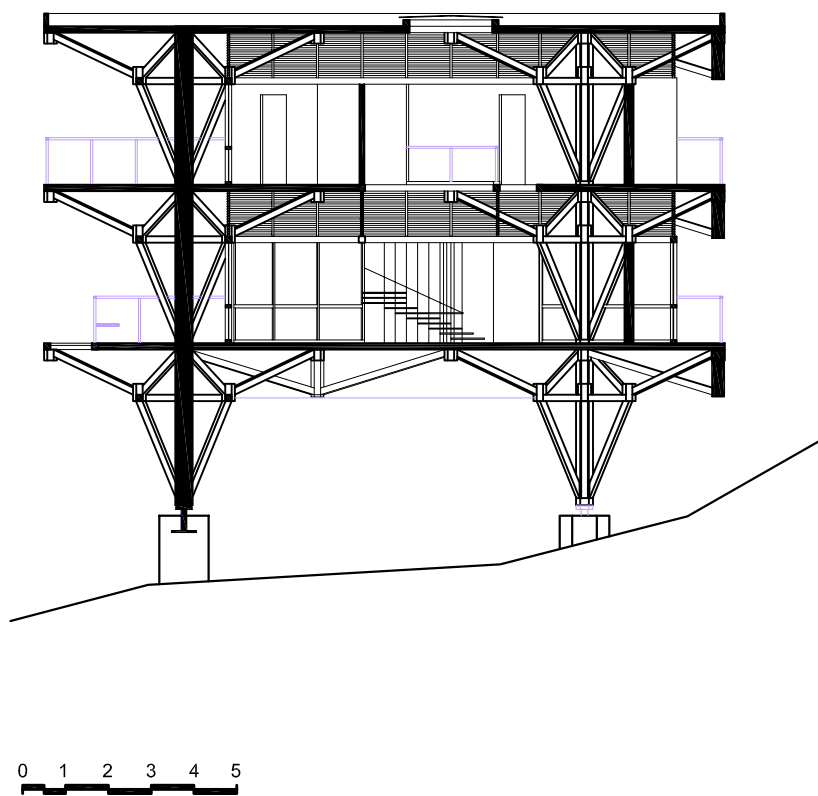


Figura 4.9.9

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR I

## Elevação 2 Lateral

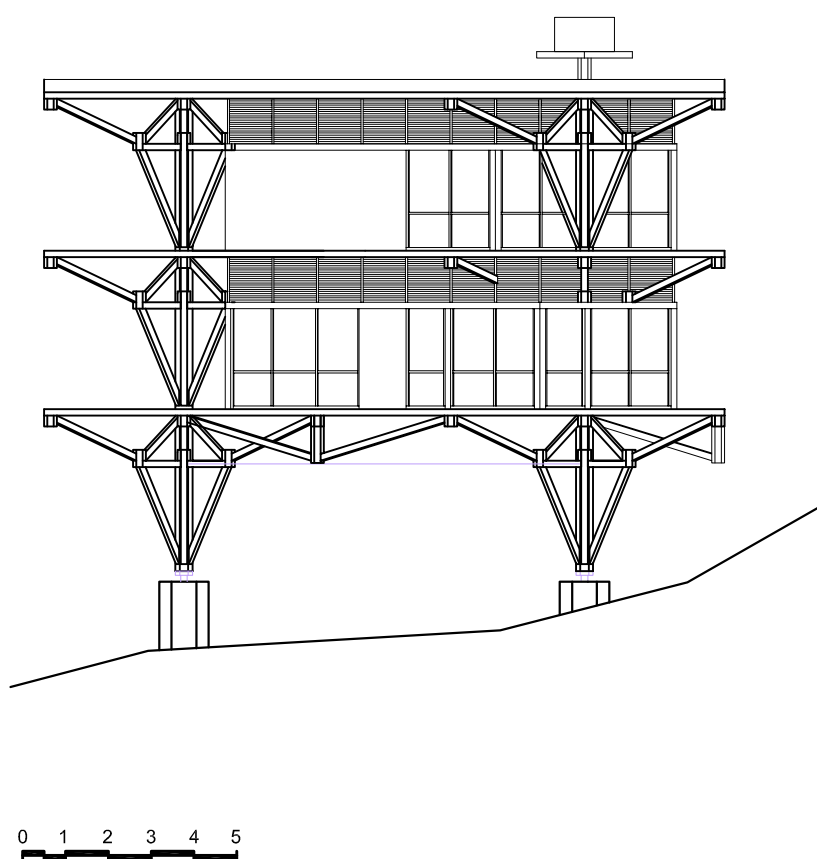


Figura 4.9.10

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR I

## Elevação 2 Lateral

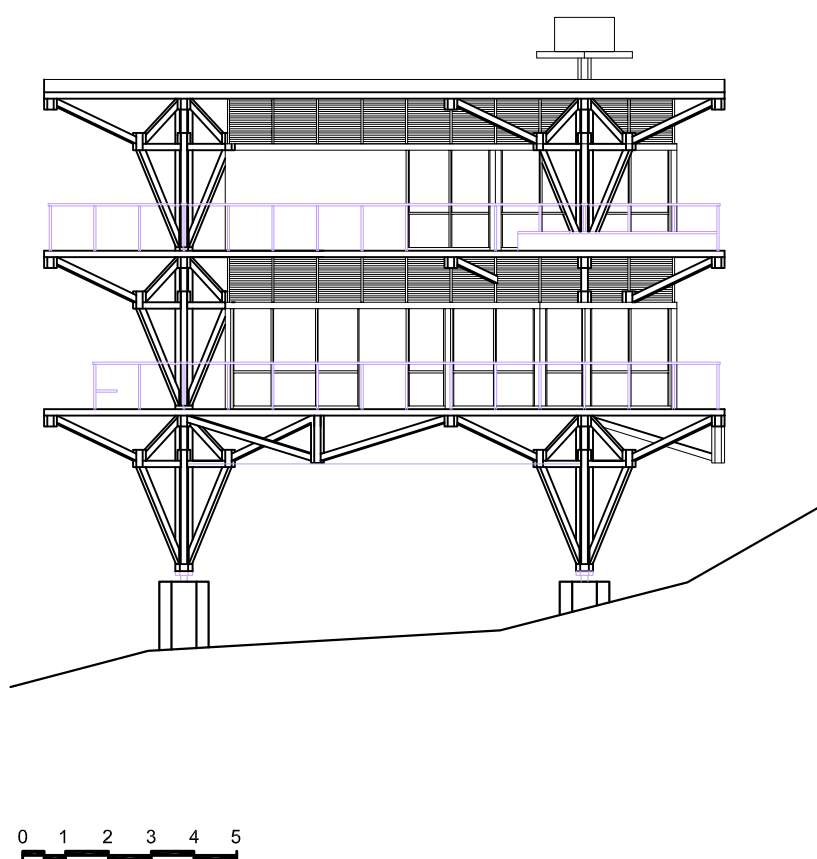


Figura 4.9.11

## 4.1.2 Estudo de caso II

## HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR

### Planta do Pavimento Tipo

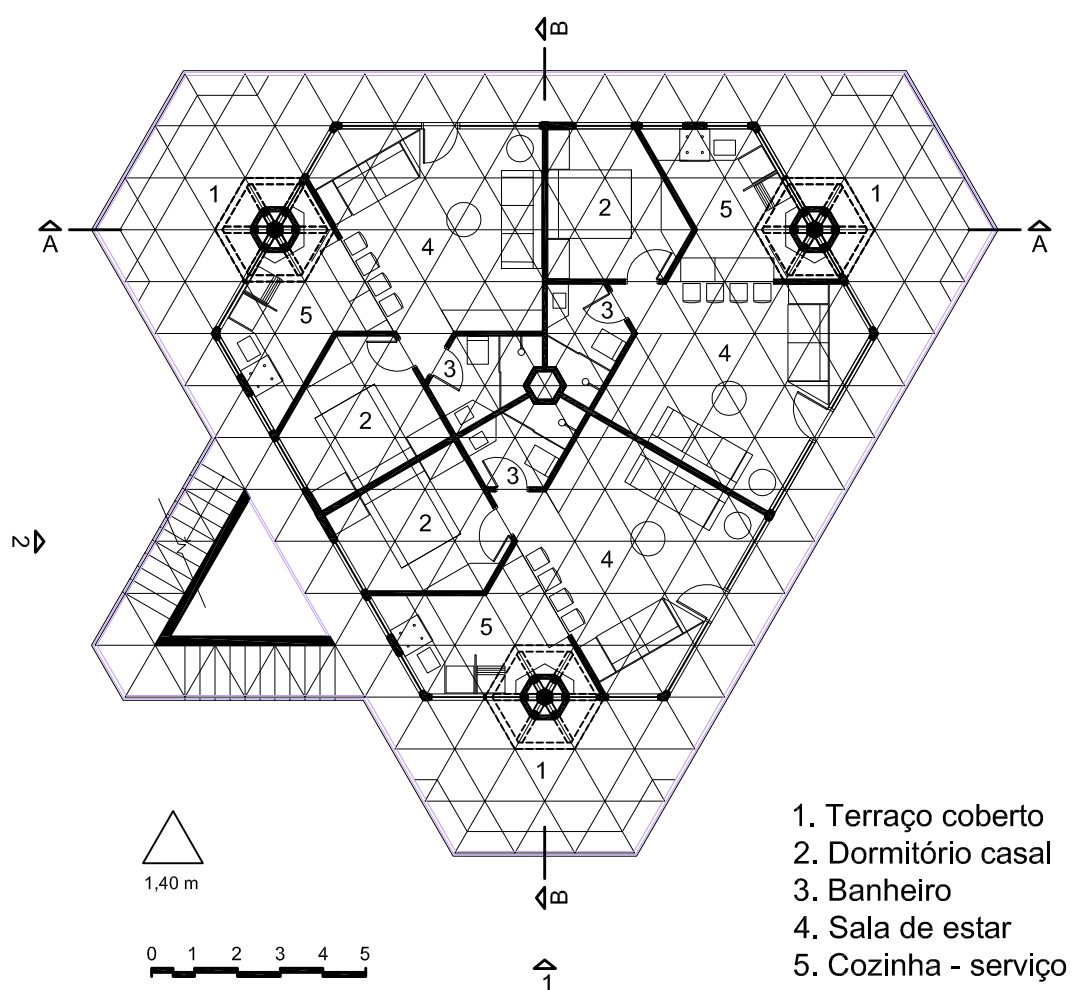


Figura 4.10



# HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR

## Planta Estrutural

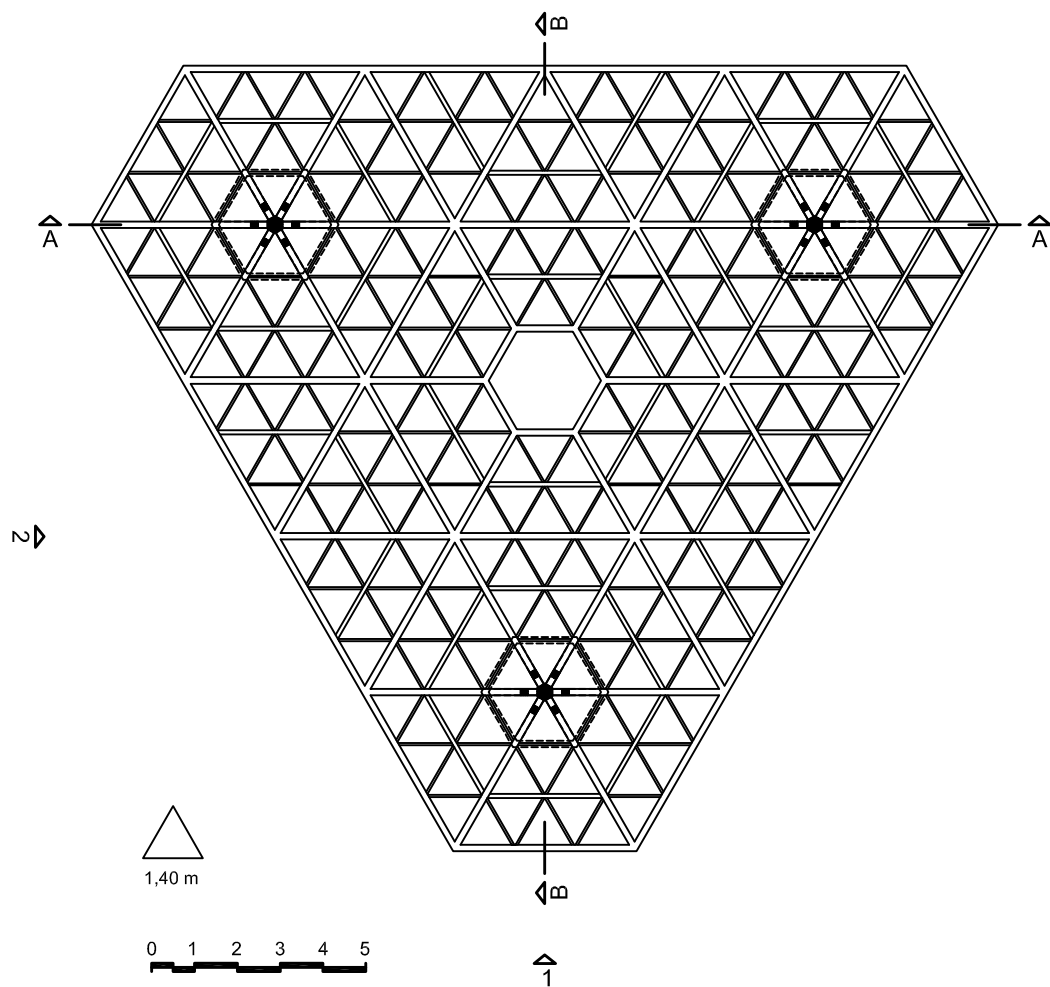


Figura 4.10.1

# HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR

## Planta de cobertura

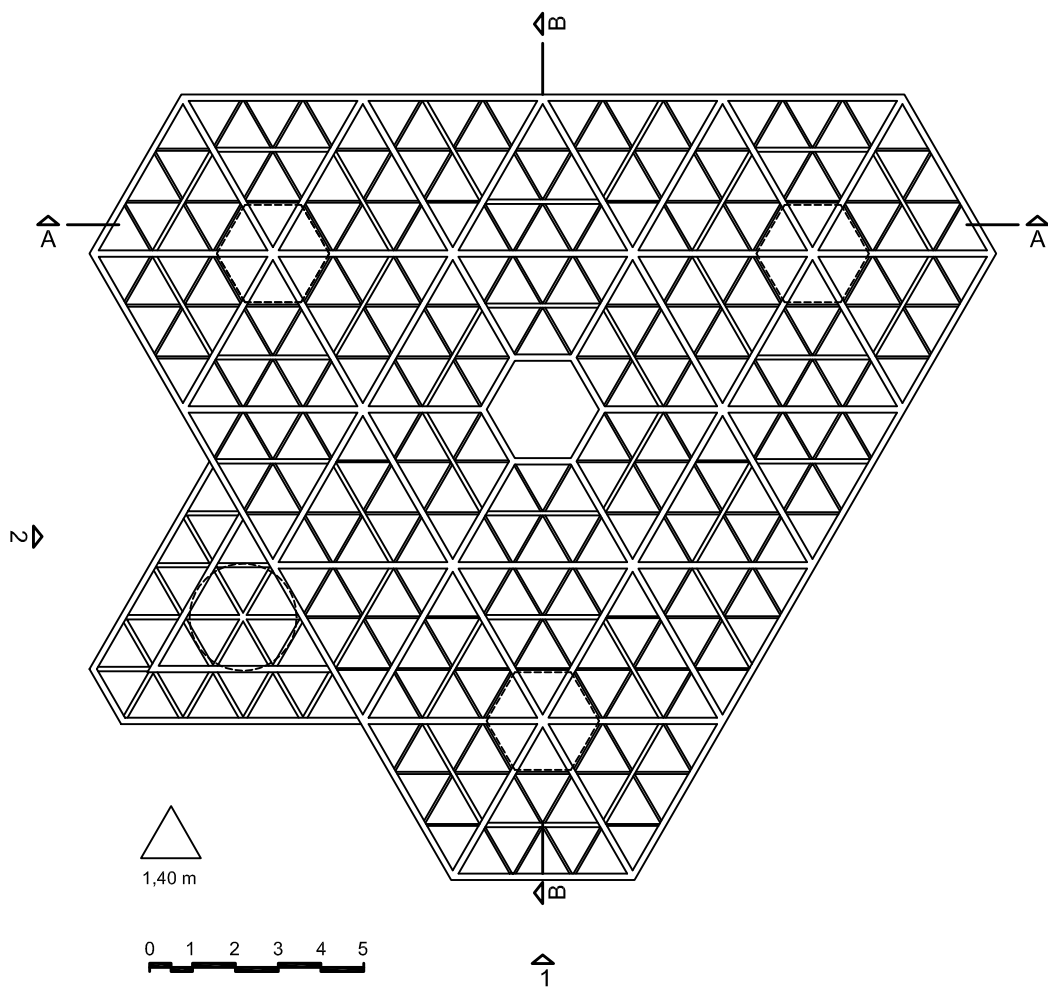


Figura 4.10.2

# HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR

## Corte AA

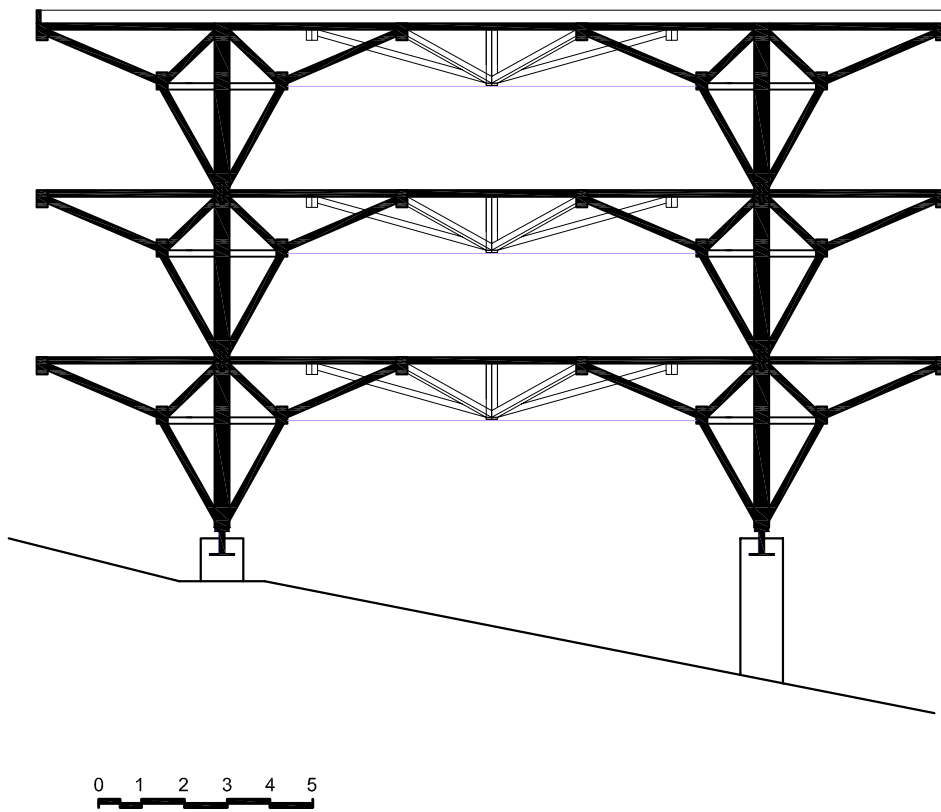


Figura 4.10.3

# HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR

## Corte AA

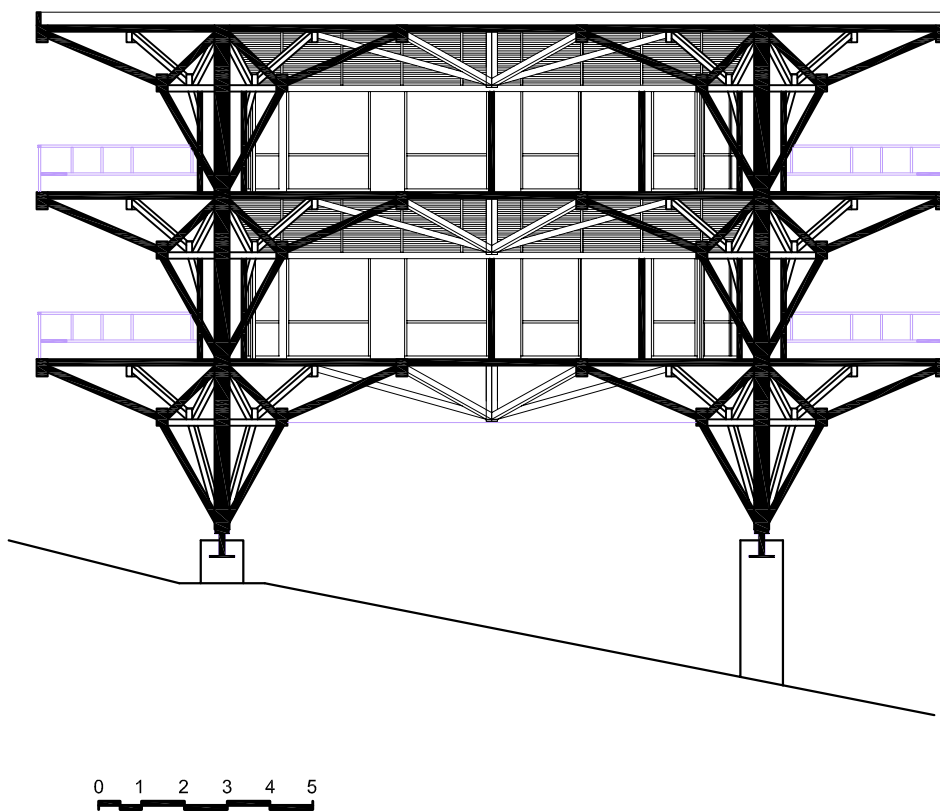


Figura 4.10.4

# HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR

## Elevação 1 Frontal

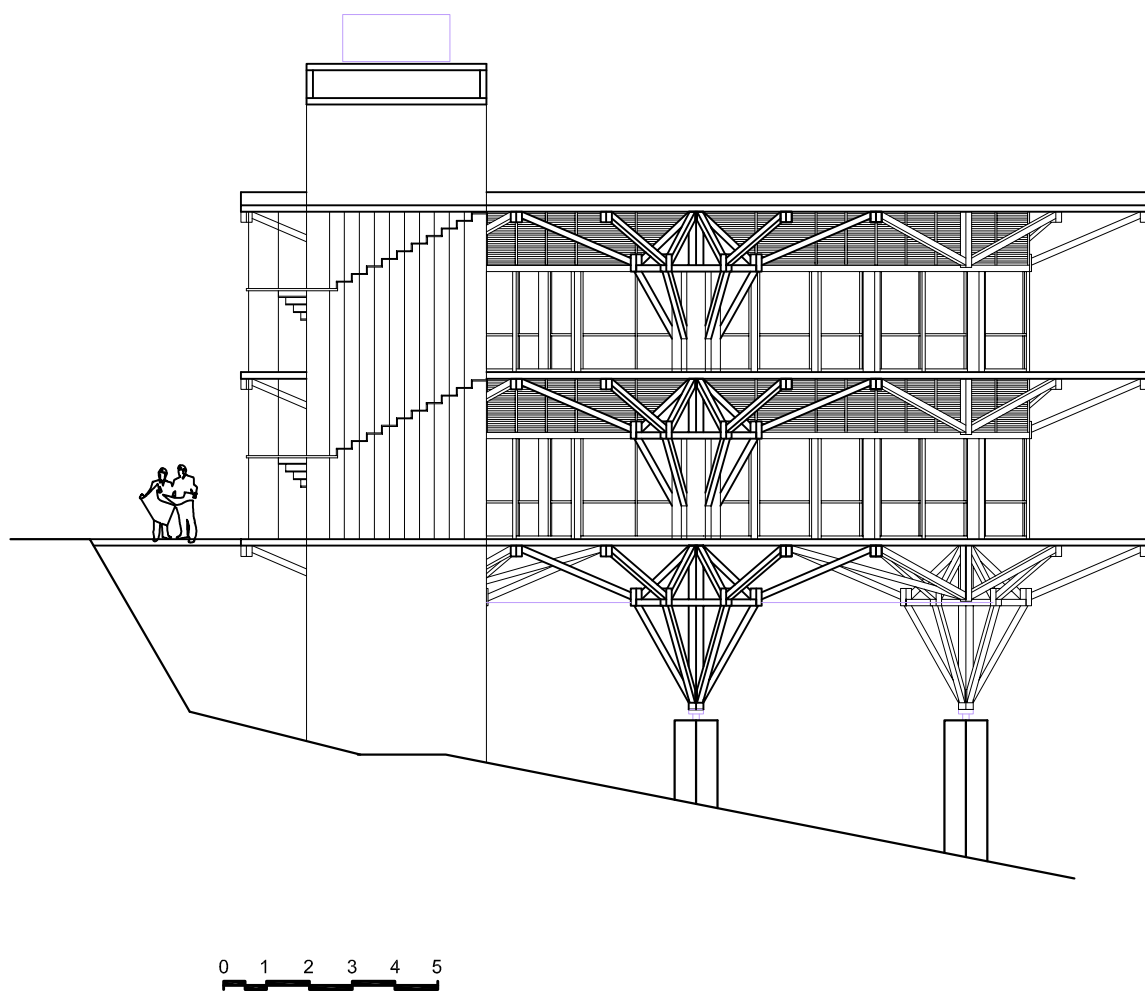


Figura 4.10.5



# HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR

## Elevação 1 Frontal

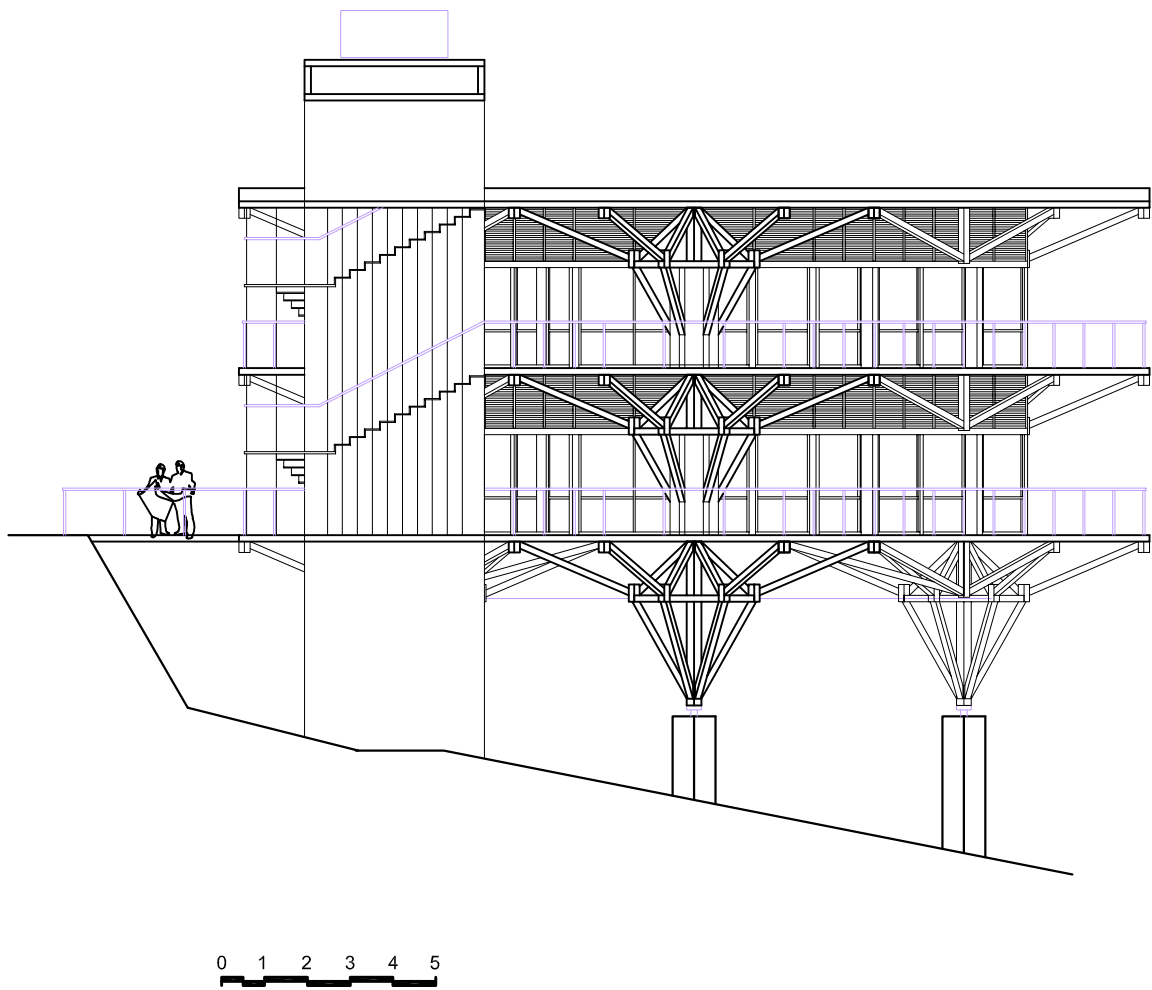


Figura 4.10.6

# HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR

## Corte BB

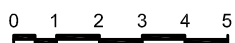
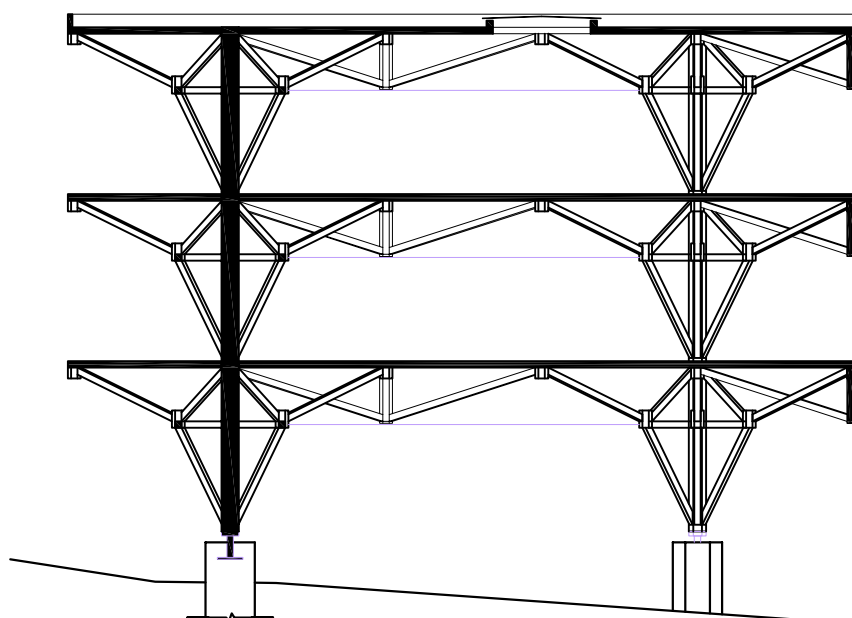


Figura 4.10.7

# HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR

## Corte BB

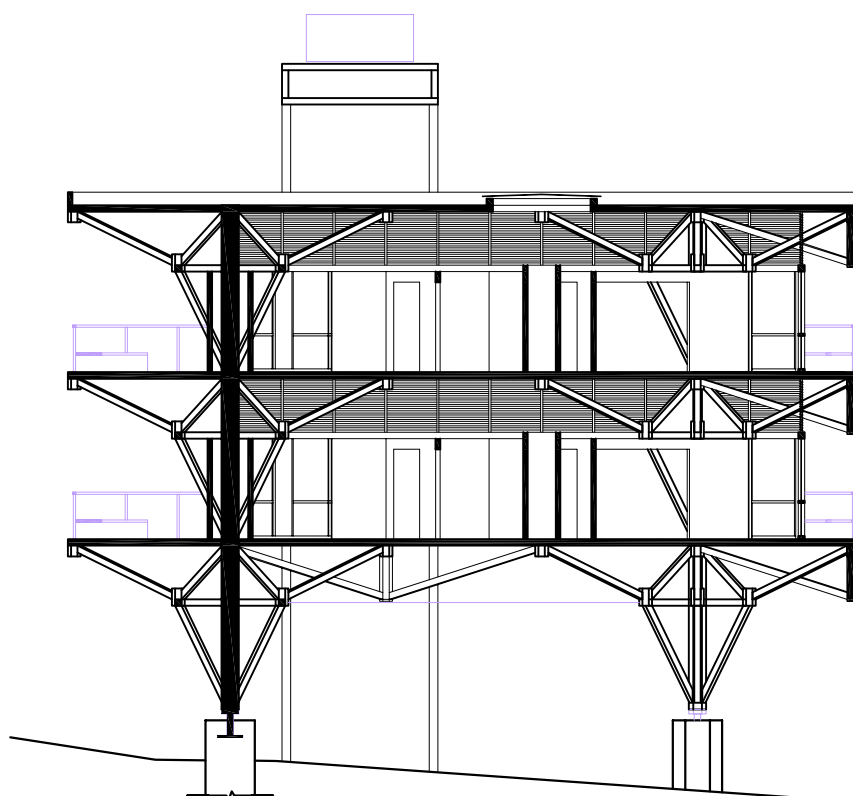
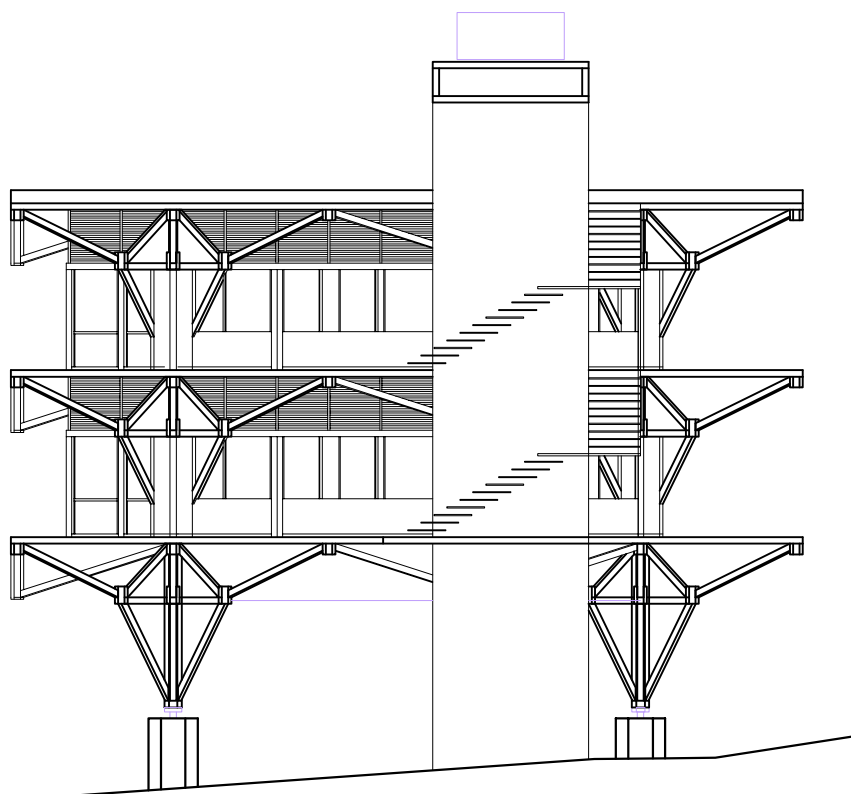


Figura 4.10.8

# HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR

## Elevação 2 Lateral



0 1 2 3 4 5

Figura 4.10.9

# HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR

## Elevação 2 Lateral

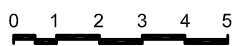
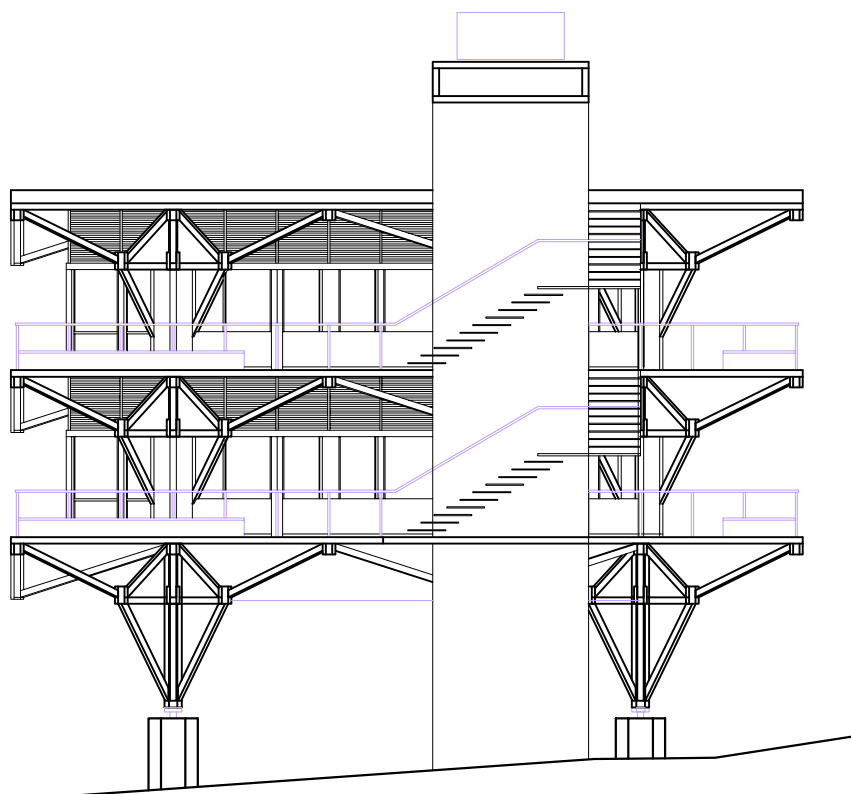


Figura  
4.10.10



## 4.1.3 Estudo de caso III

## POUSADA

### Planta do 2º Pavimento

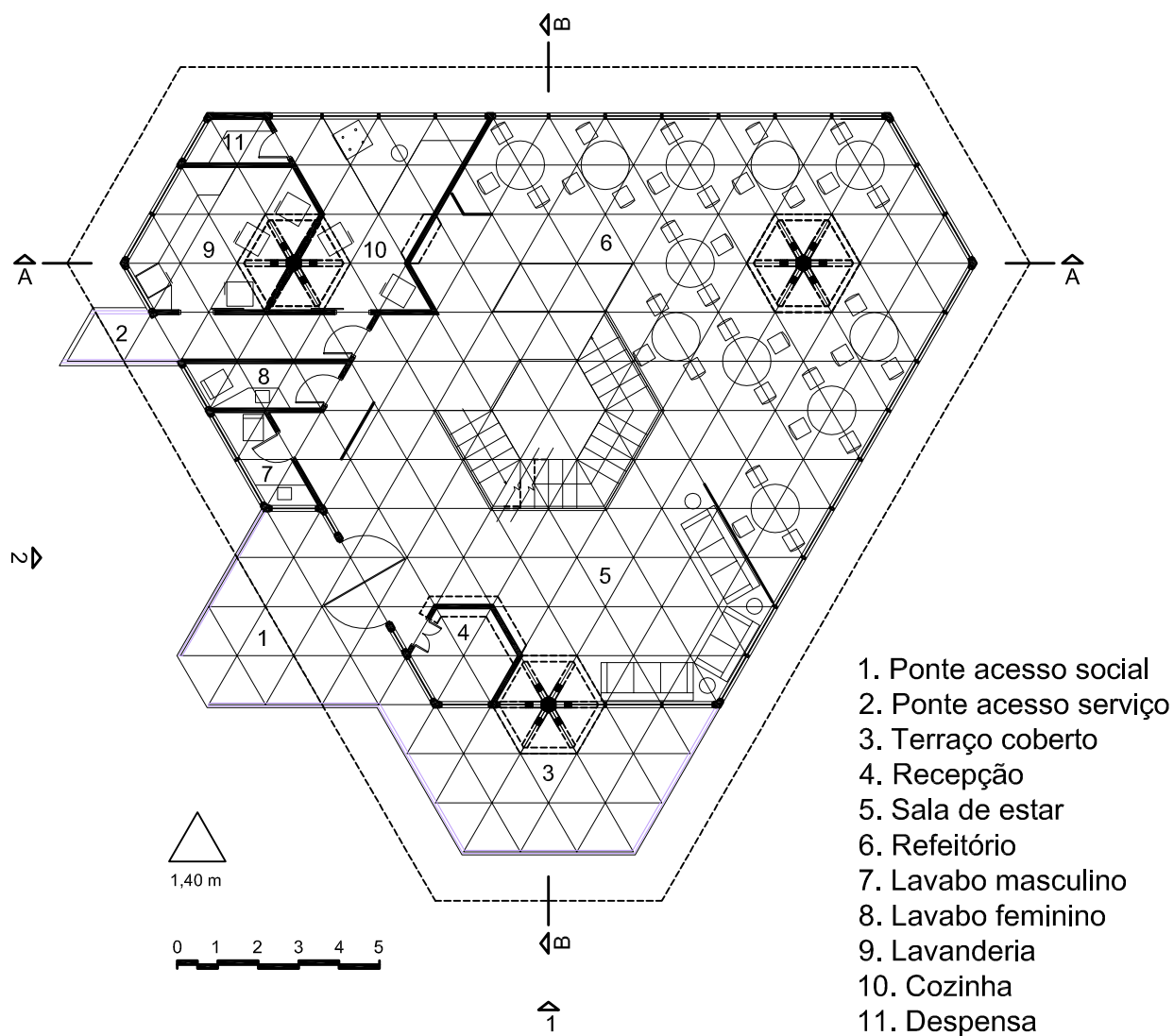


Figura 4.11

# POUSADA

## Planta do 1° e 3° Pavimento

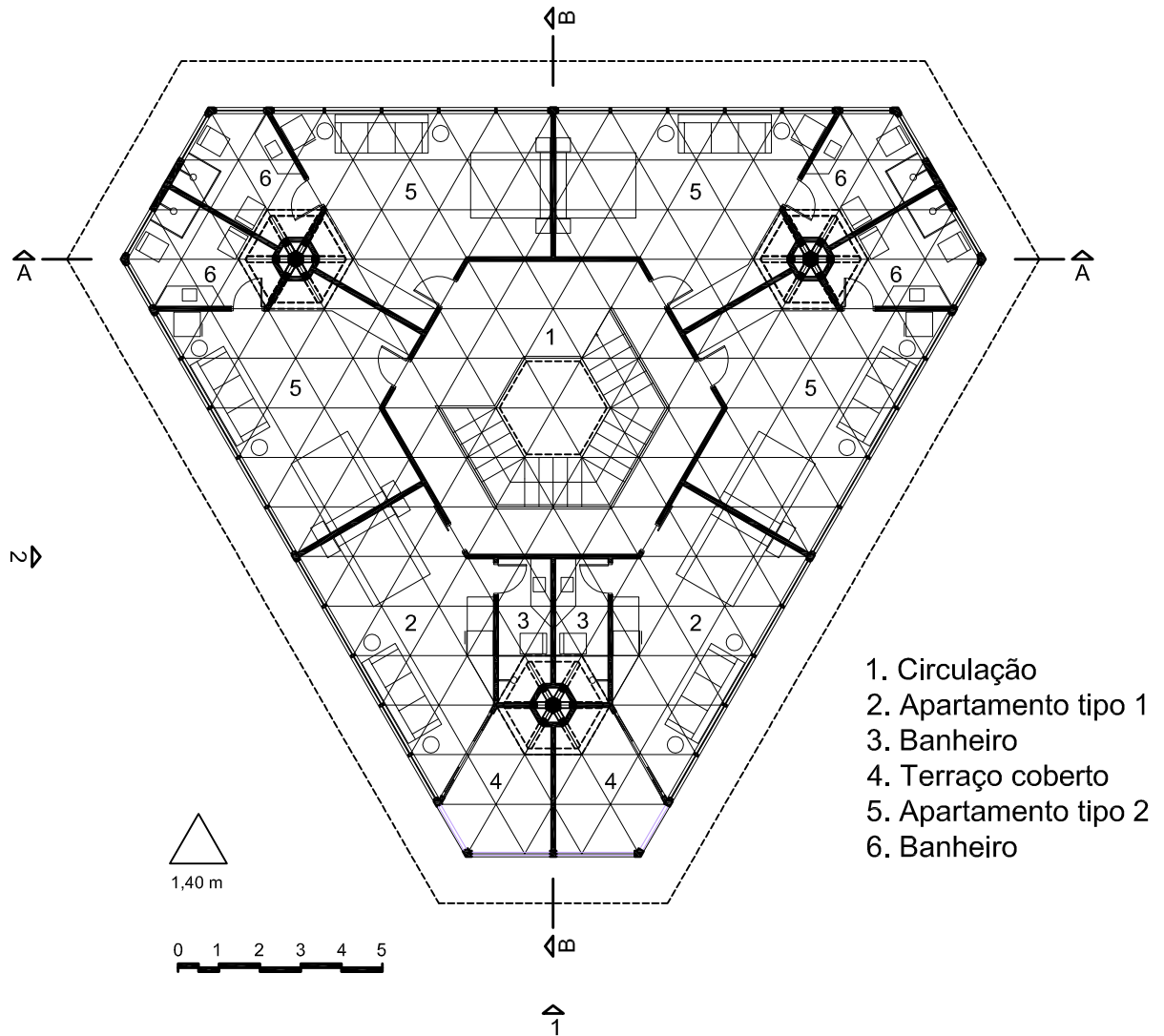


Figura 4.11.1

# POUSADA

## Planta Estrutural

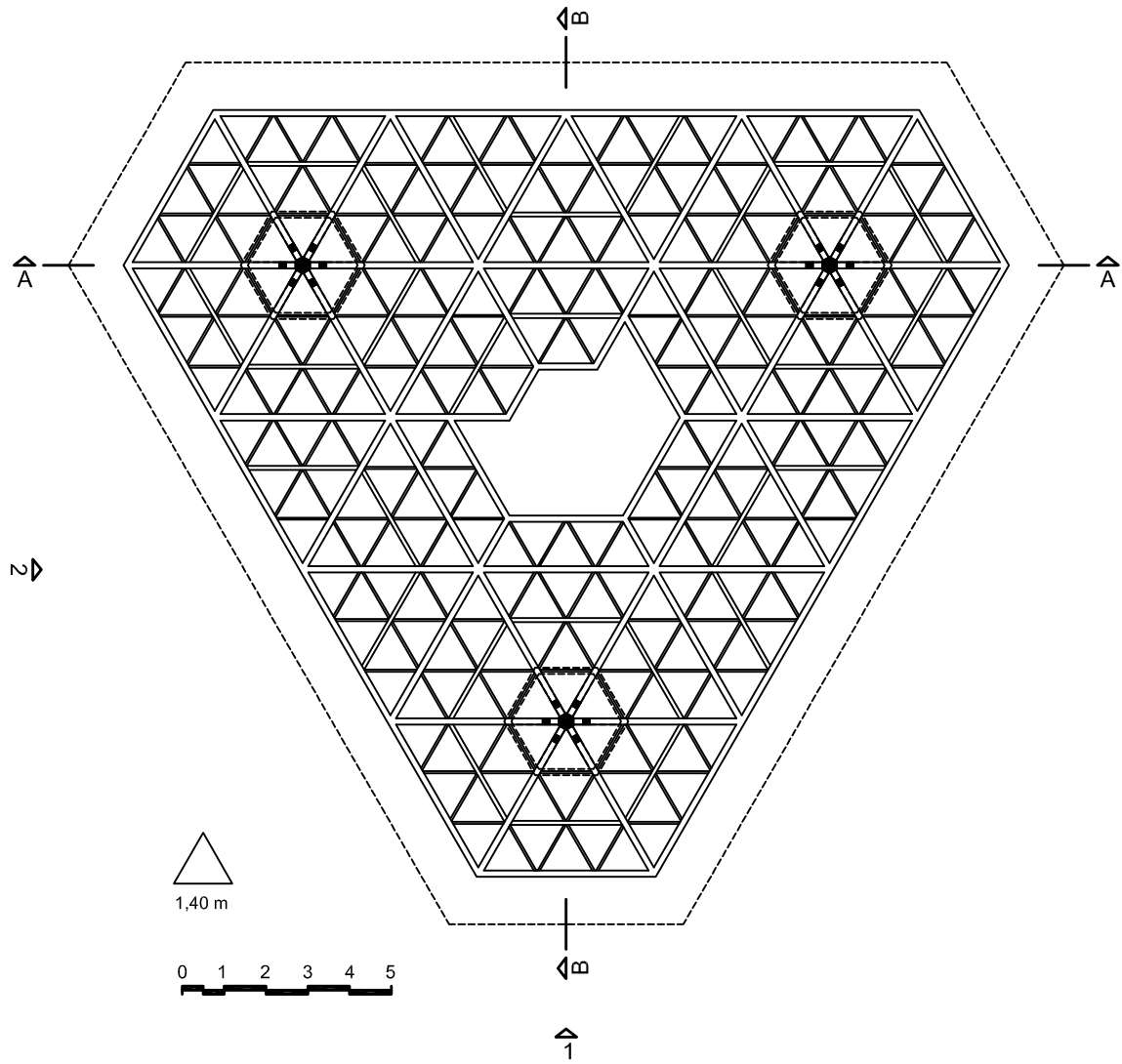


Figura 4.11.2

POUSADA  
Planta de cobertura

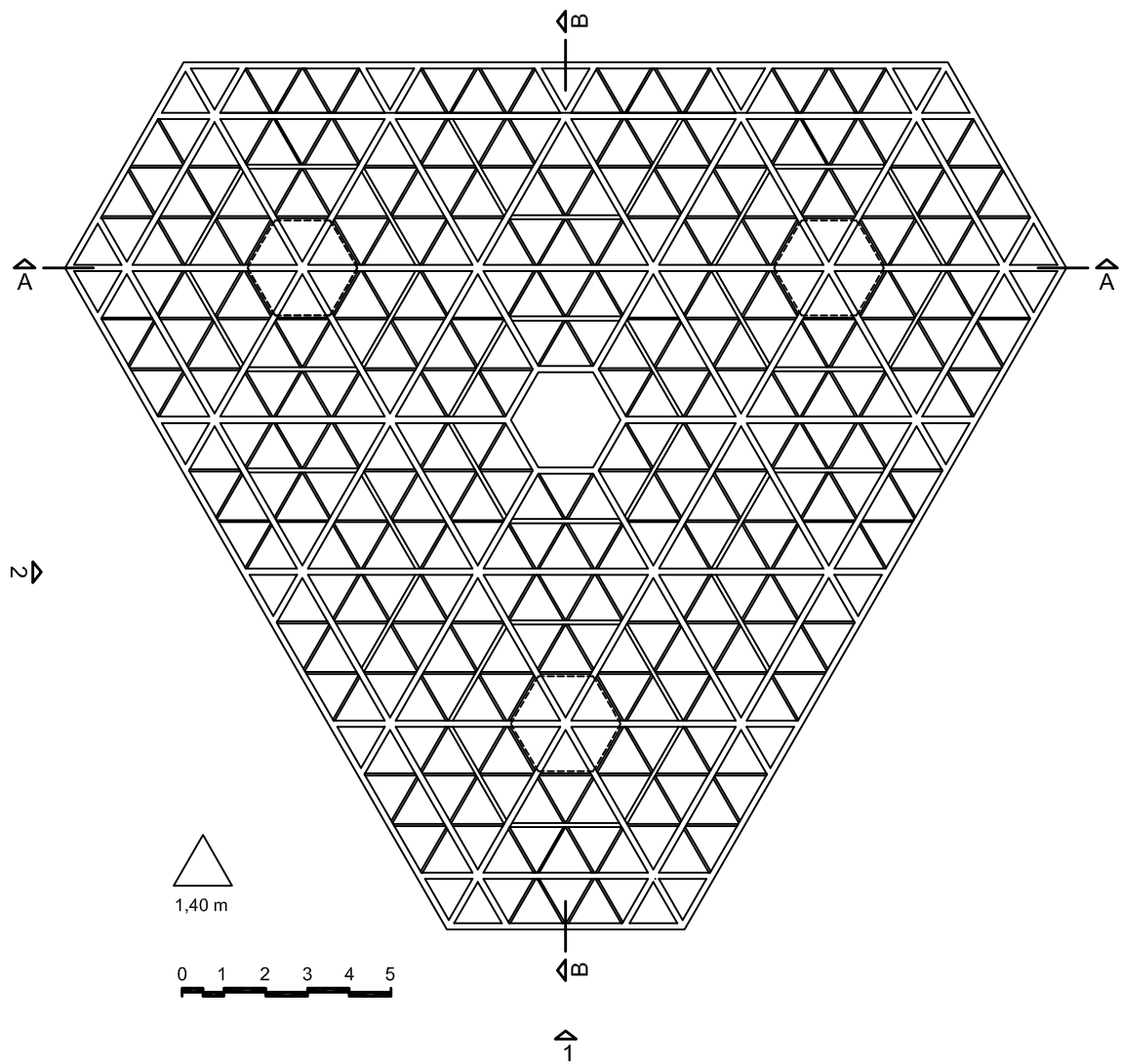


Figura 4.11.3

POUSADA  
Corte AA

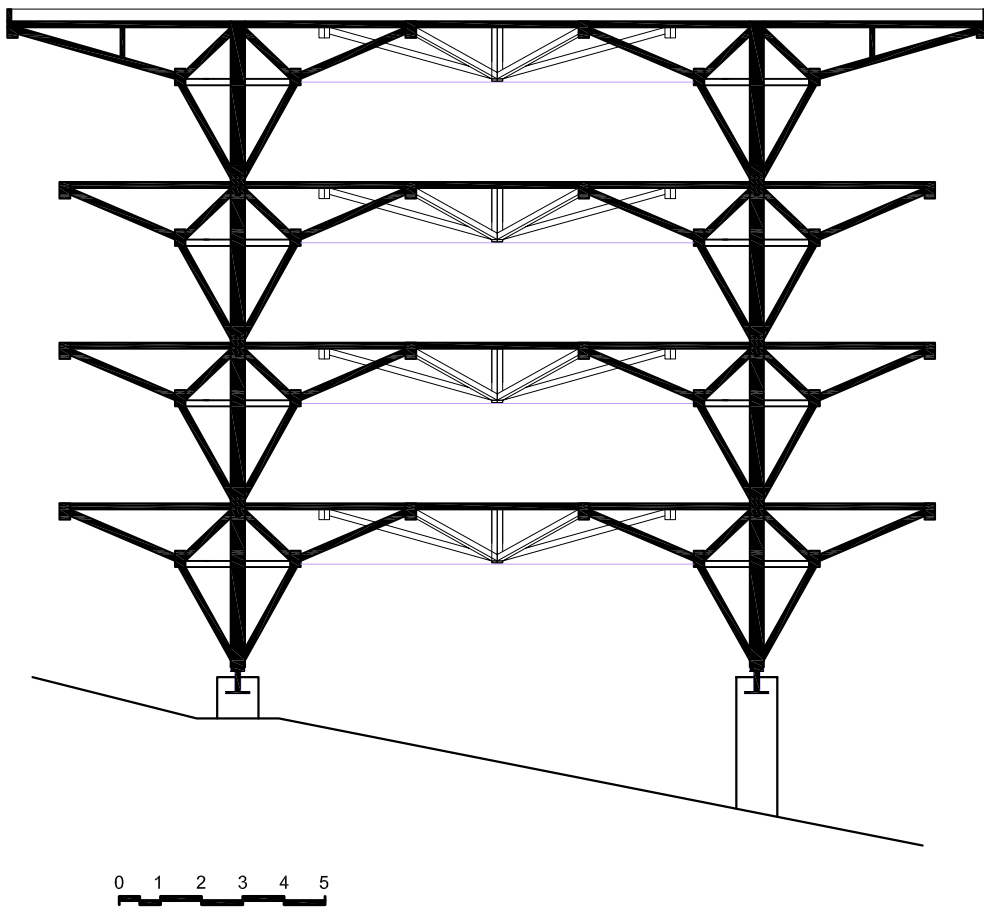


Figura 4.11.4



POUSADA  
Corte AA

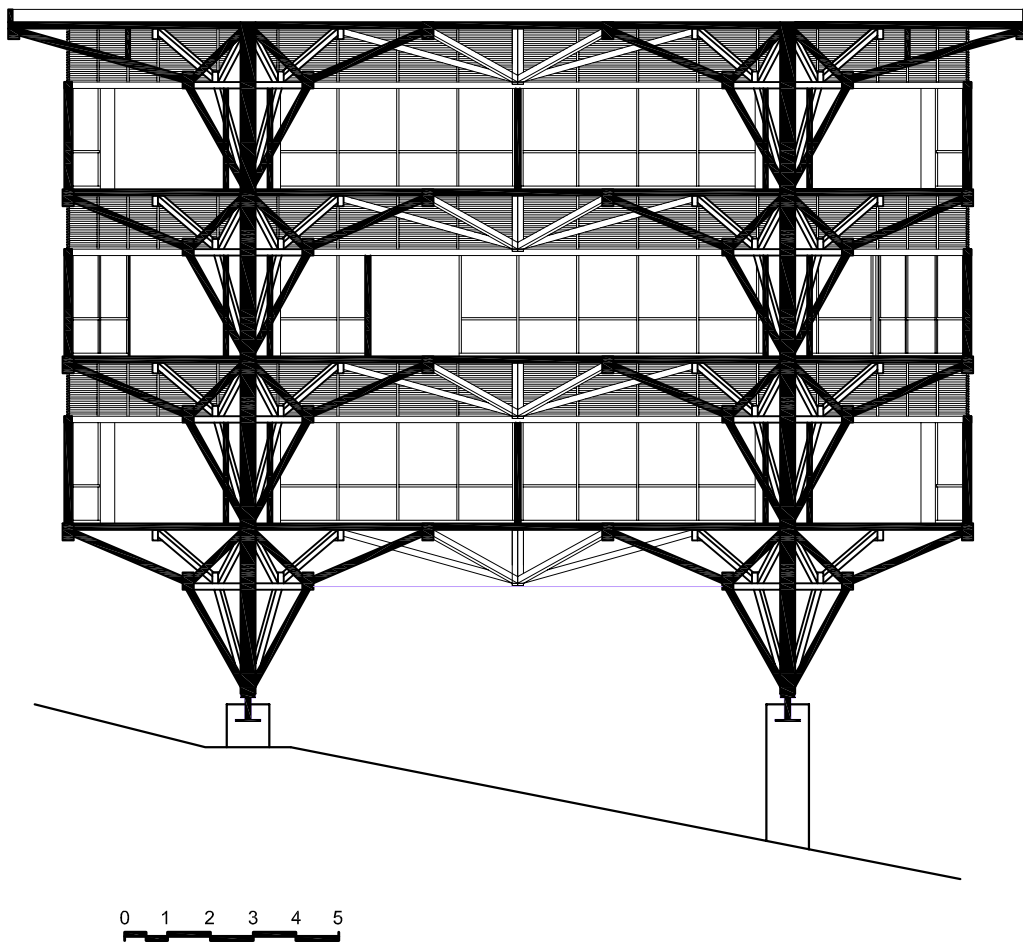


Figura 4.11.5

POUSADA  
Elevação 1 Frontal

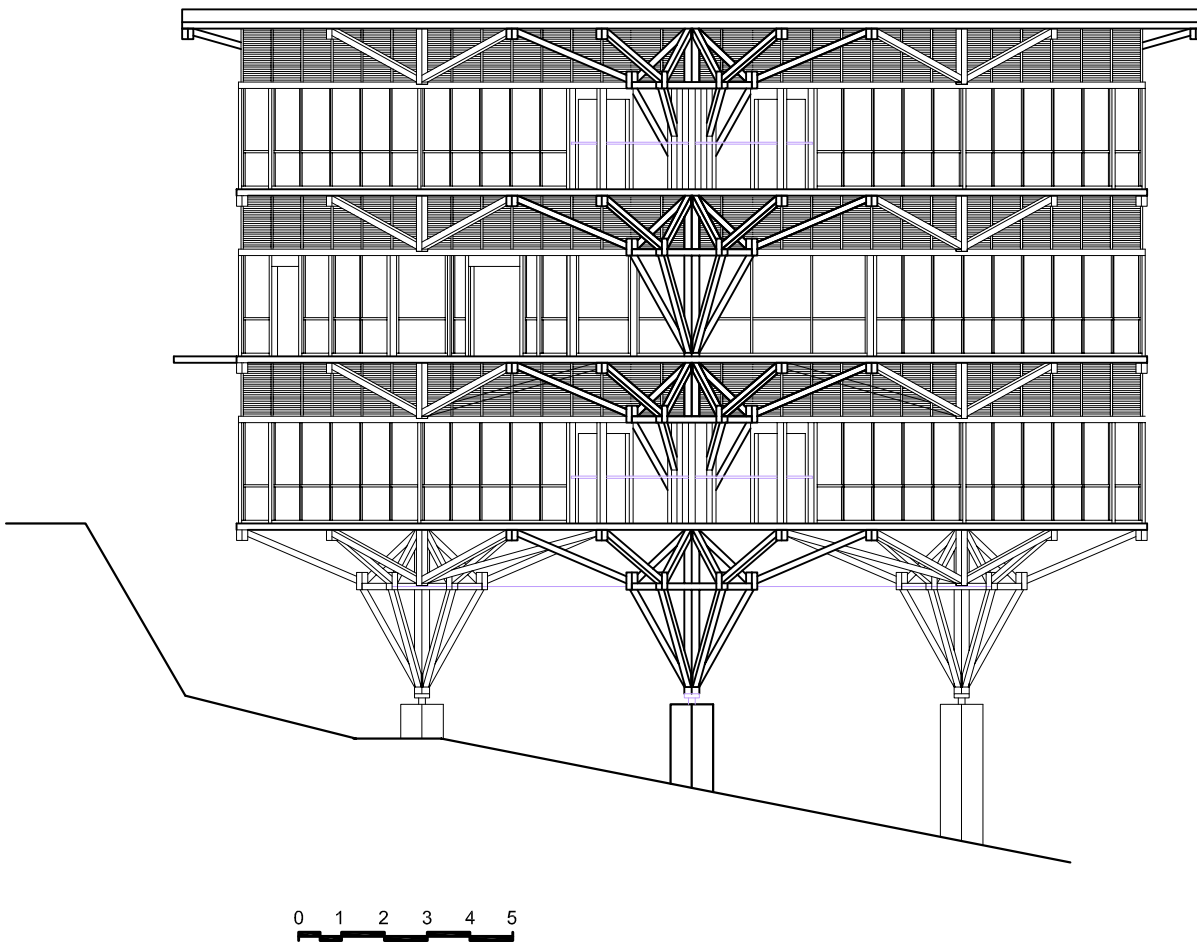


Figura 4.11.6

POUSADA  
Elevação 1 Frontal

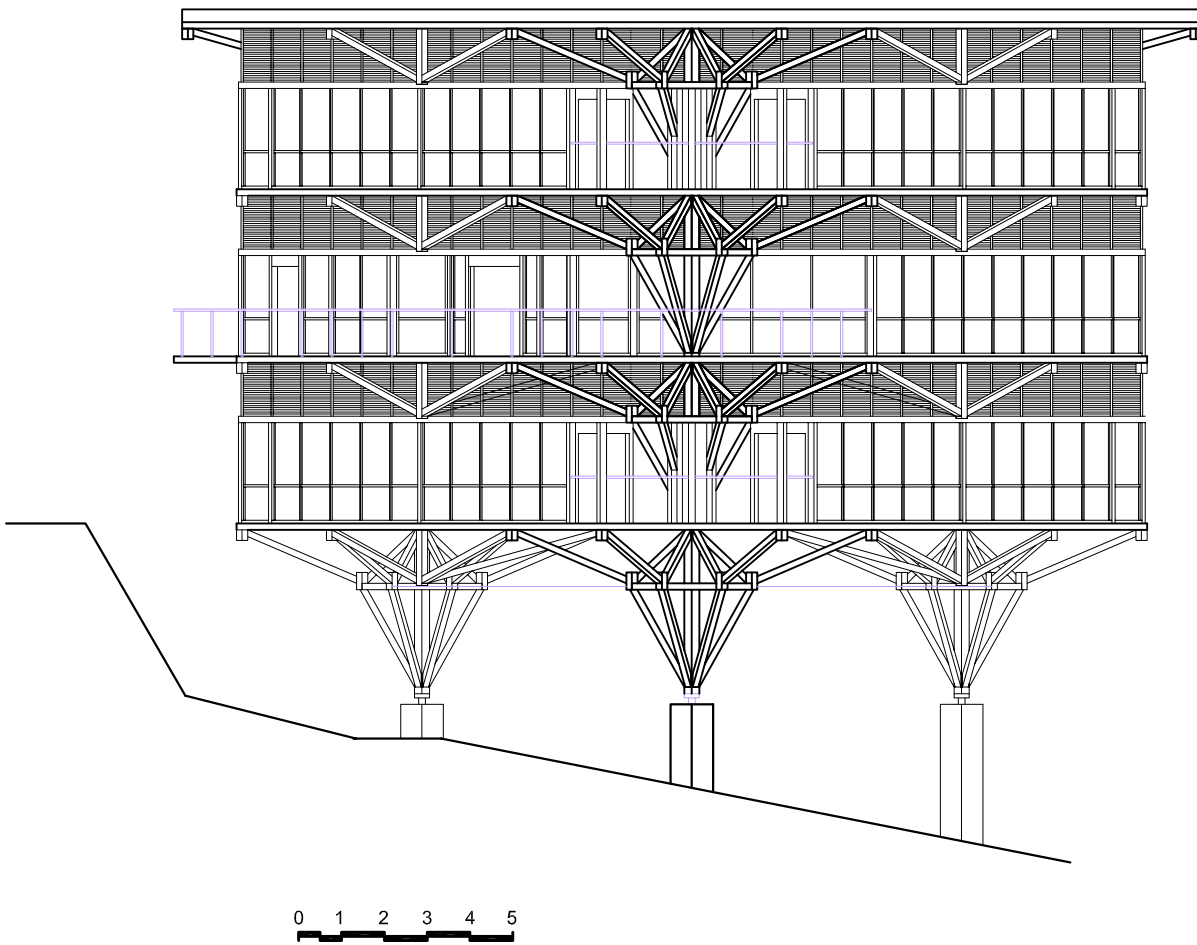


Figura 4.11.7

POUSADA  
Corte BB

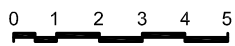
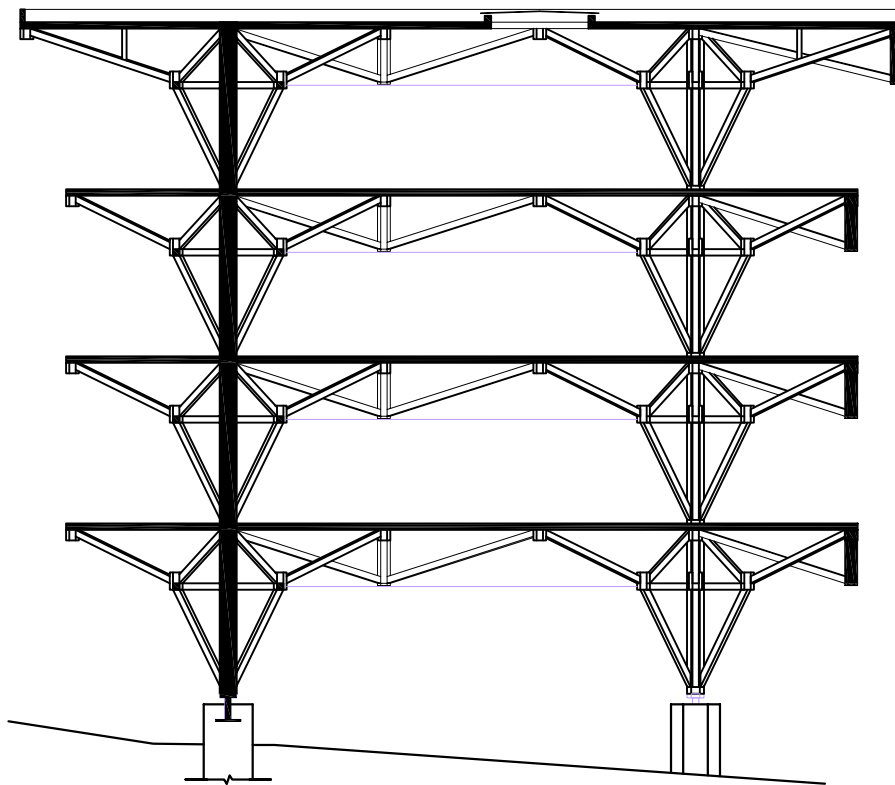


Figura 4.11.8

POUSADA  
Corte BB

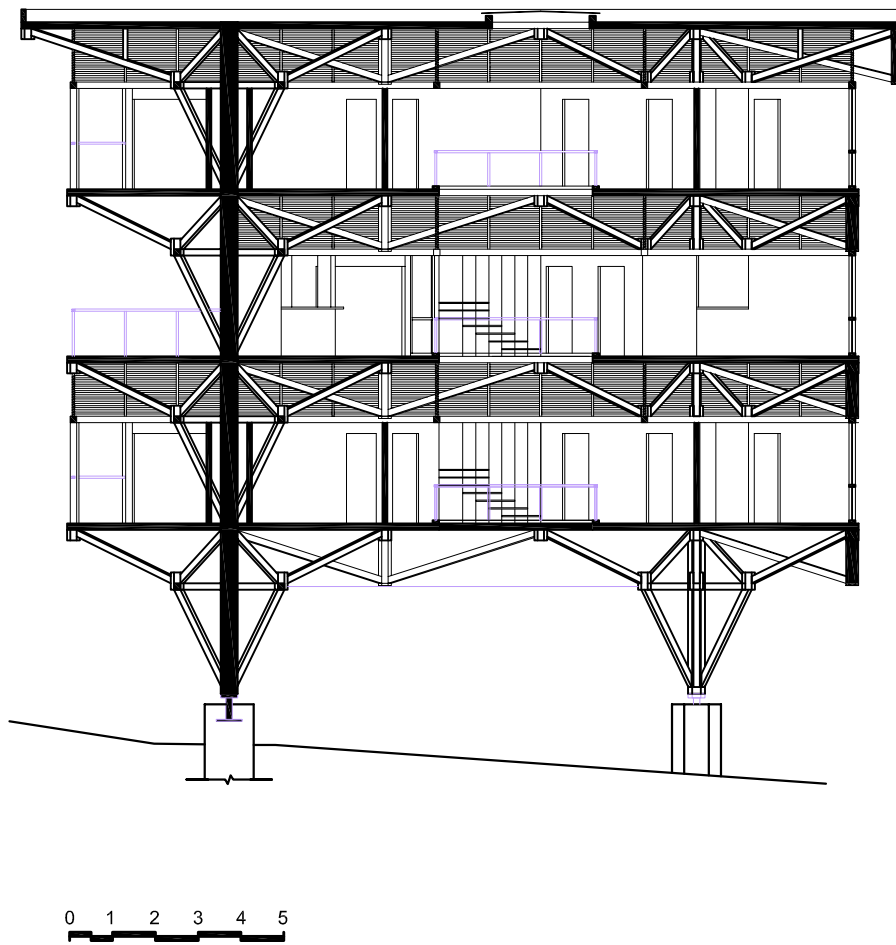
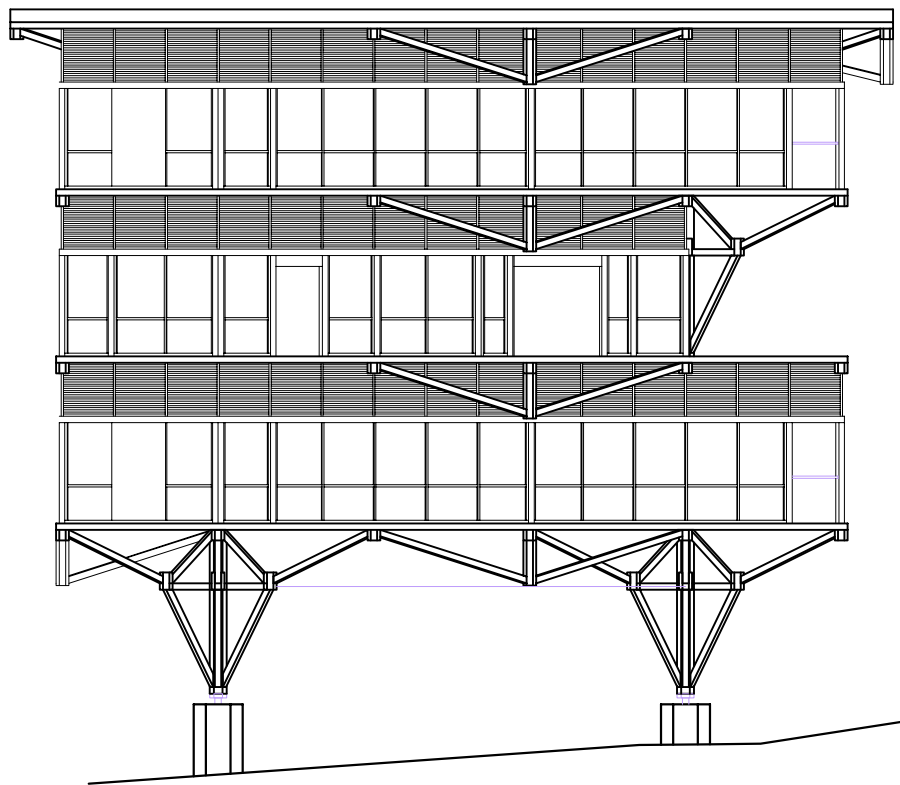


Figura 4.11.9



POUSADA  
Elevação 2 Lateral



0 1 2 3 4 5

Figura  
4.11.10

POUSADA  
Elevação 2 Lateral

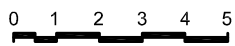
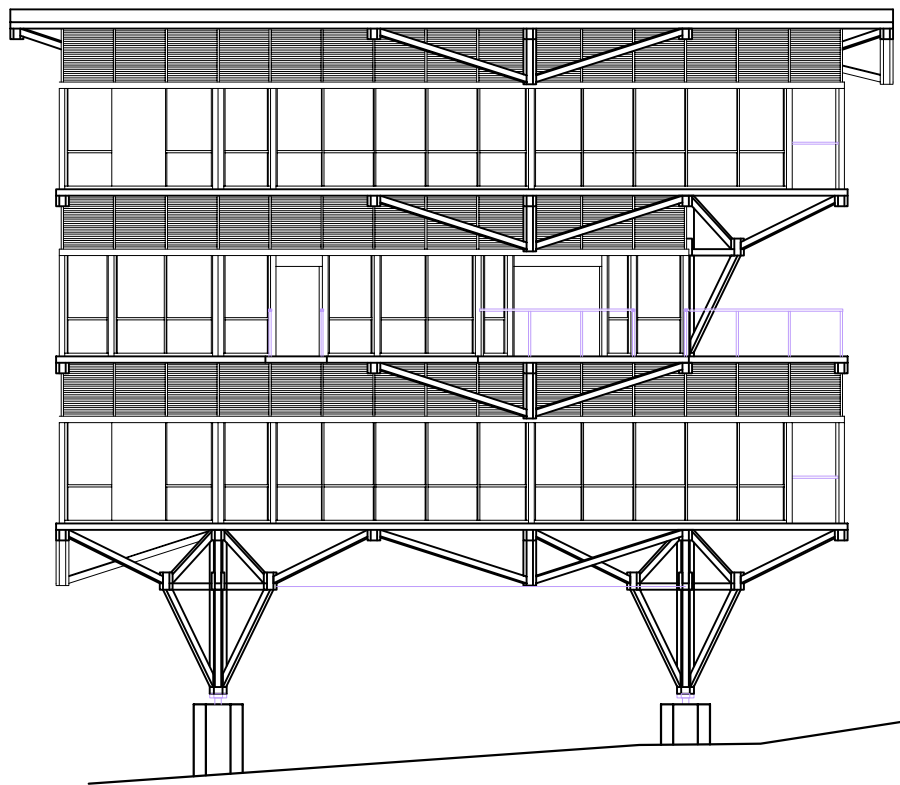


Figura  
4.11.11

## 4.1.4 Estudo de caso IV

## HABITAÇÃO UNIFAMILIAR II

### Planta do Pavimento

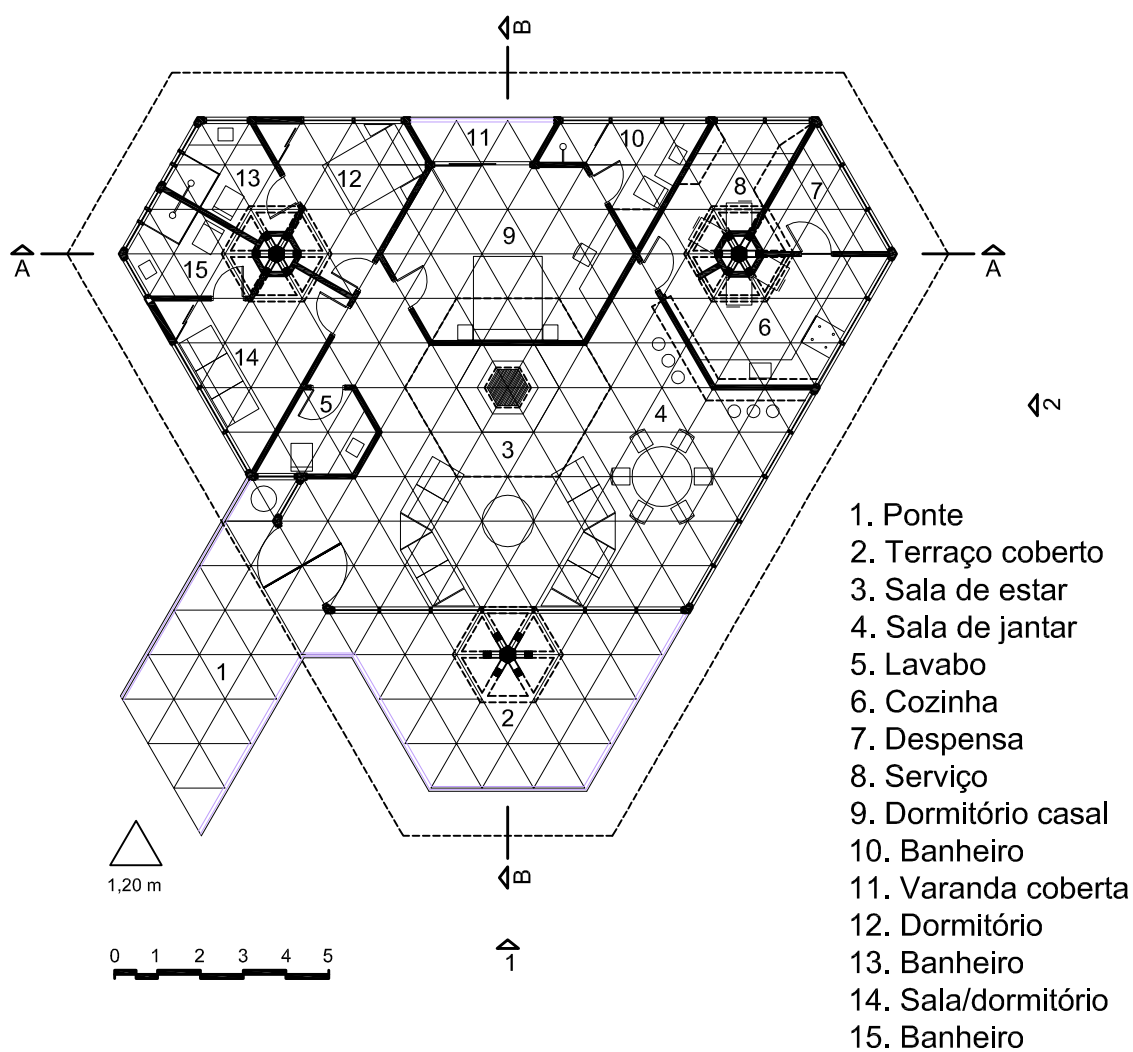


Figura 0.000

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR II

## Planta Estrutural

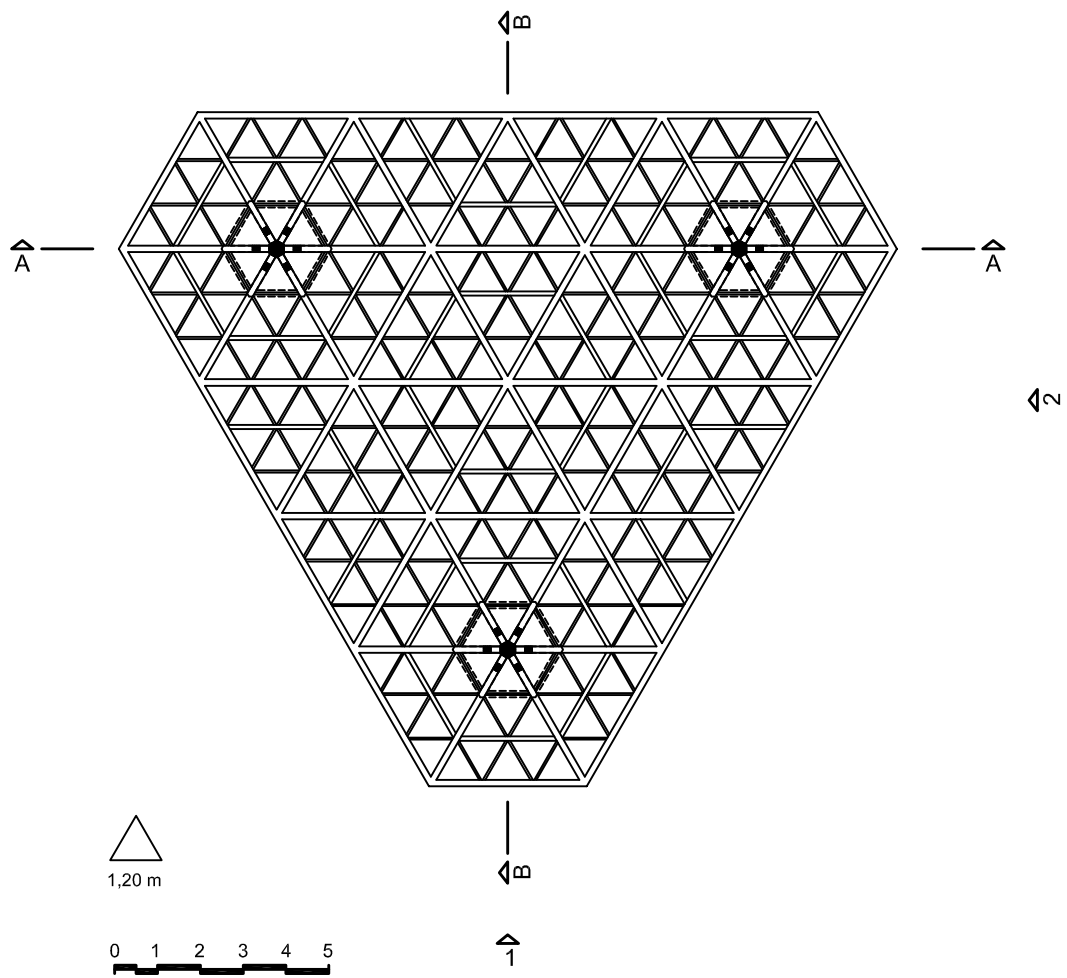


Figura 0.000

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR II

## Planta de cobertura

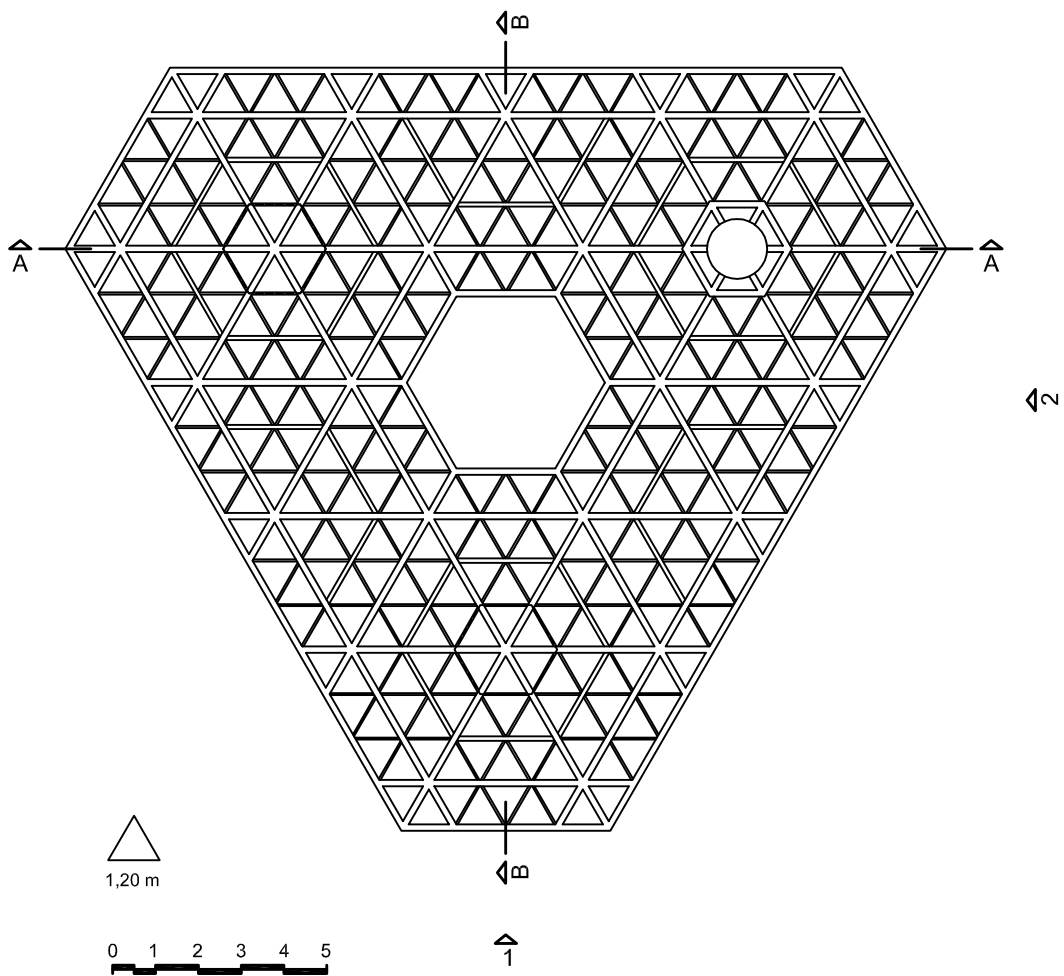


Figura 0.000

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR II

## Corte AA

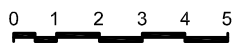
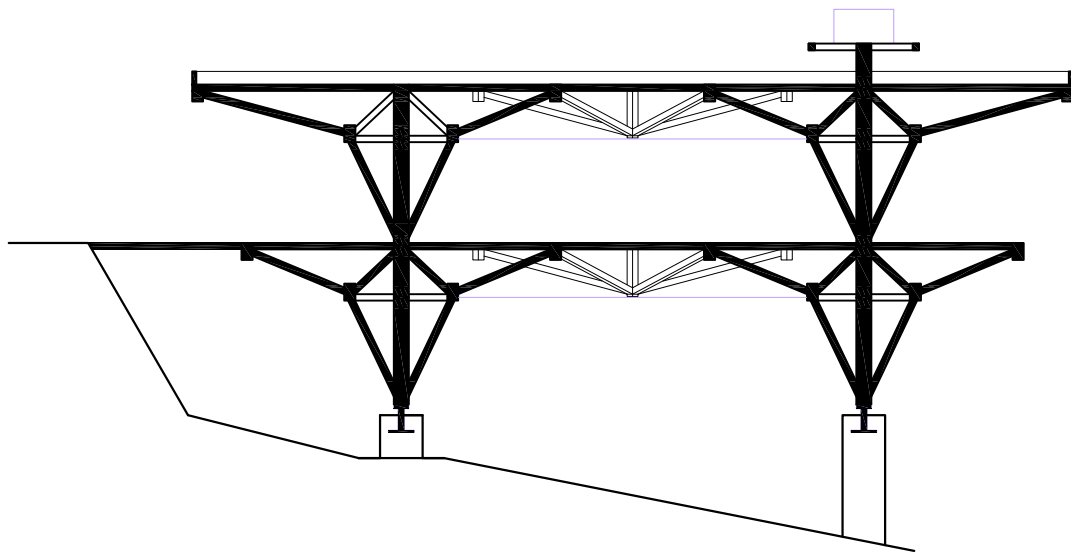


Figura 0.000



# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR II

## Corte AA

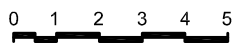
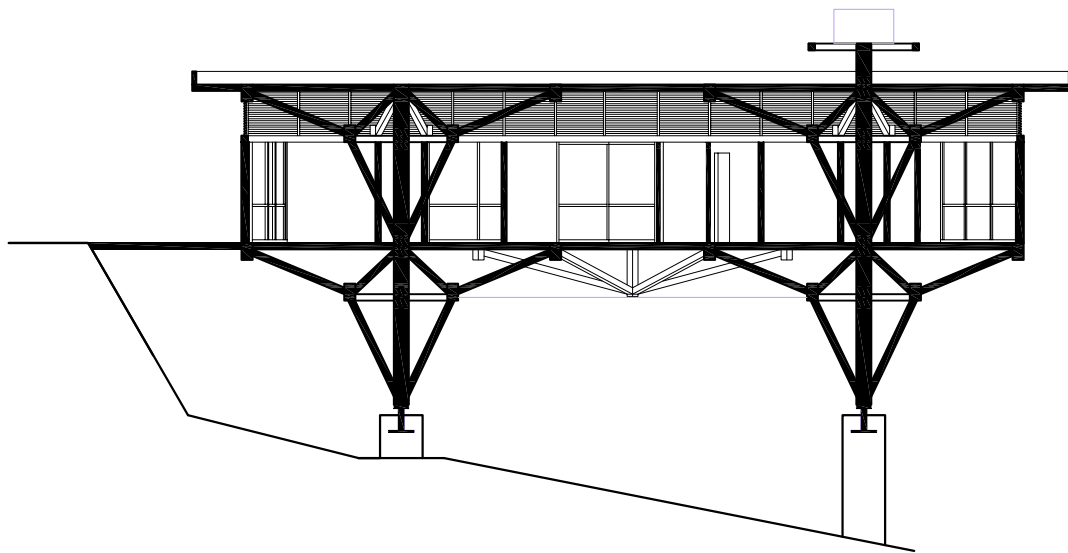


Figura 0.000

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR II

## Elevação 1 Frontal

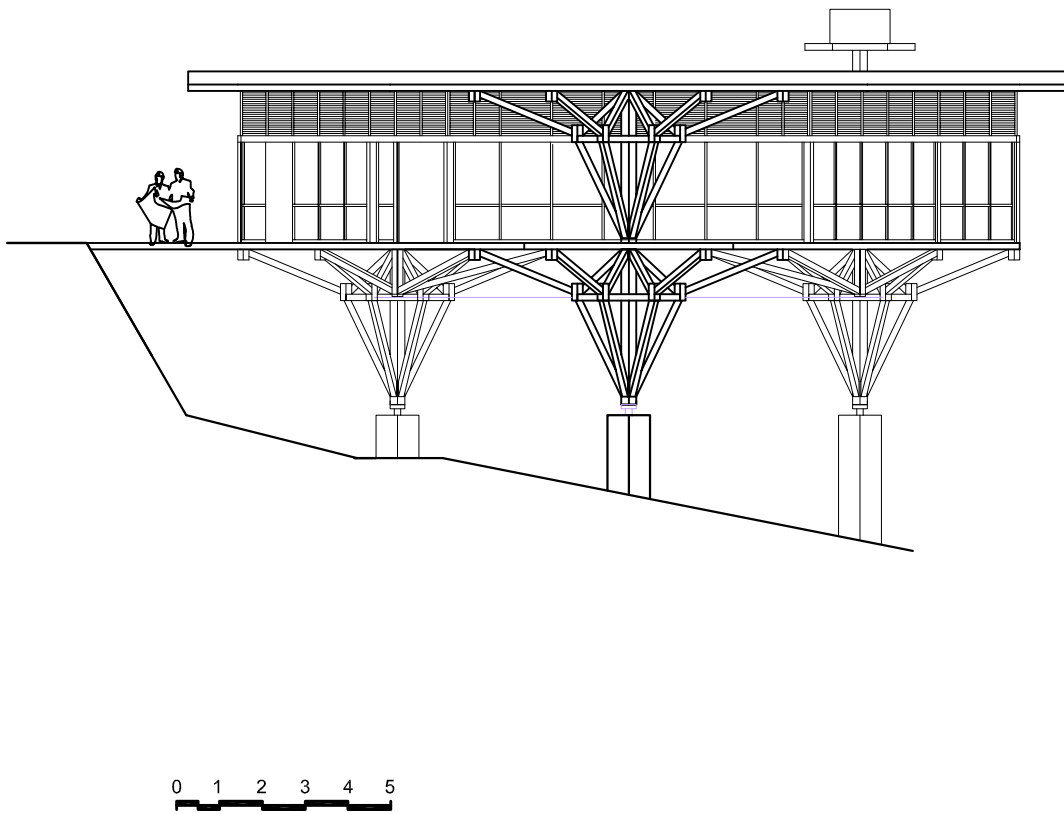


Figura 0.000

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR II

## Elevação 1 Frontal

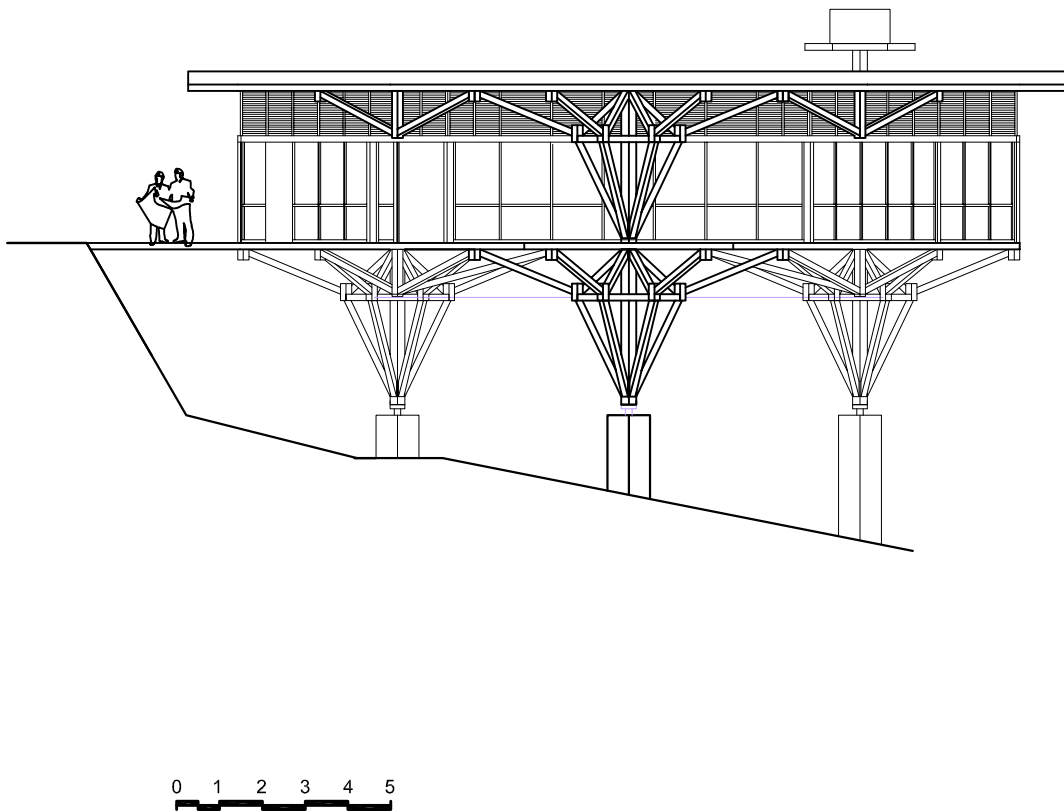


Figura 0.000

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR II

## Corte BB

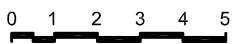
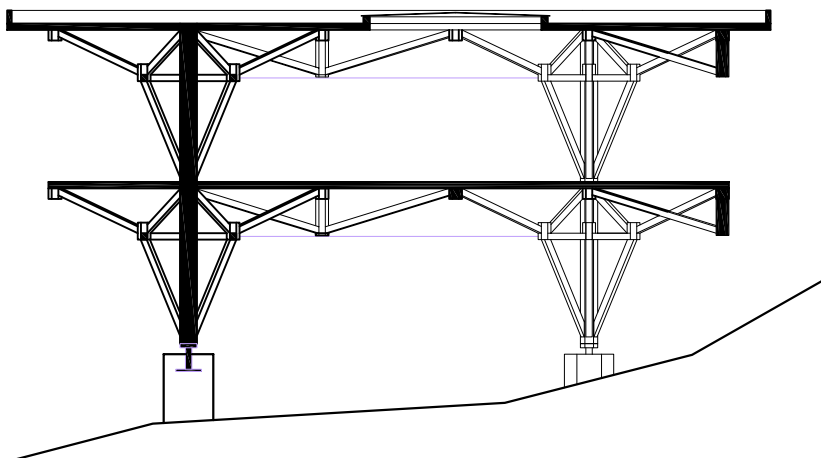
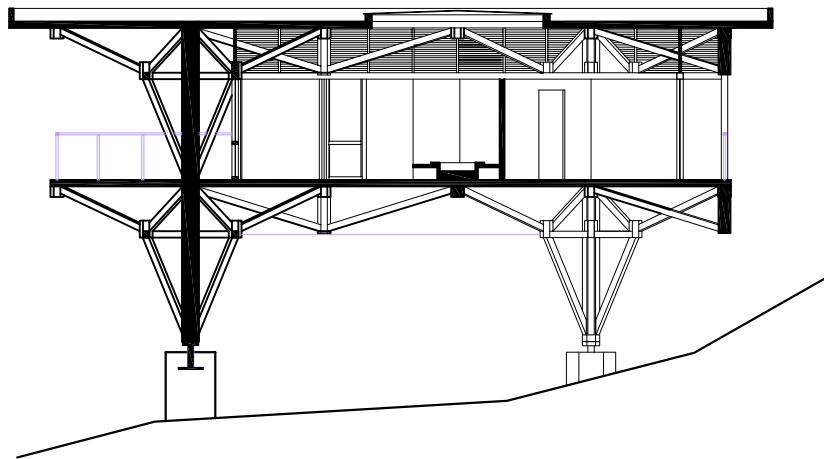


Figura 0.000

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR II

## Corte BB



0 1 2 3 4 5

Figura 0.000

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR II

## Elevação 2 Lateral

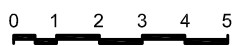
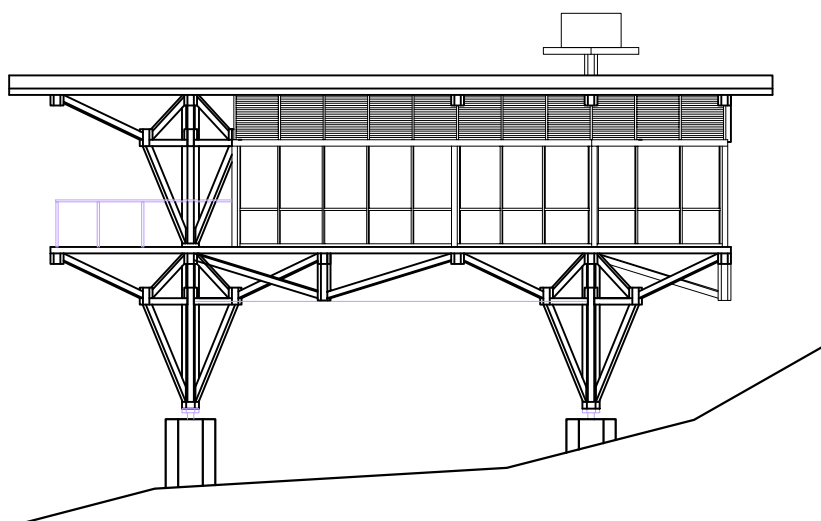


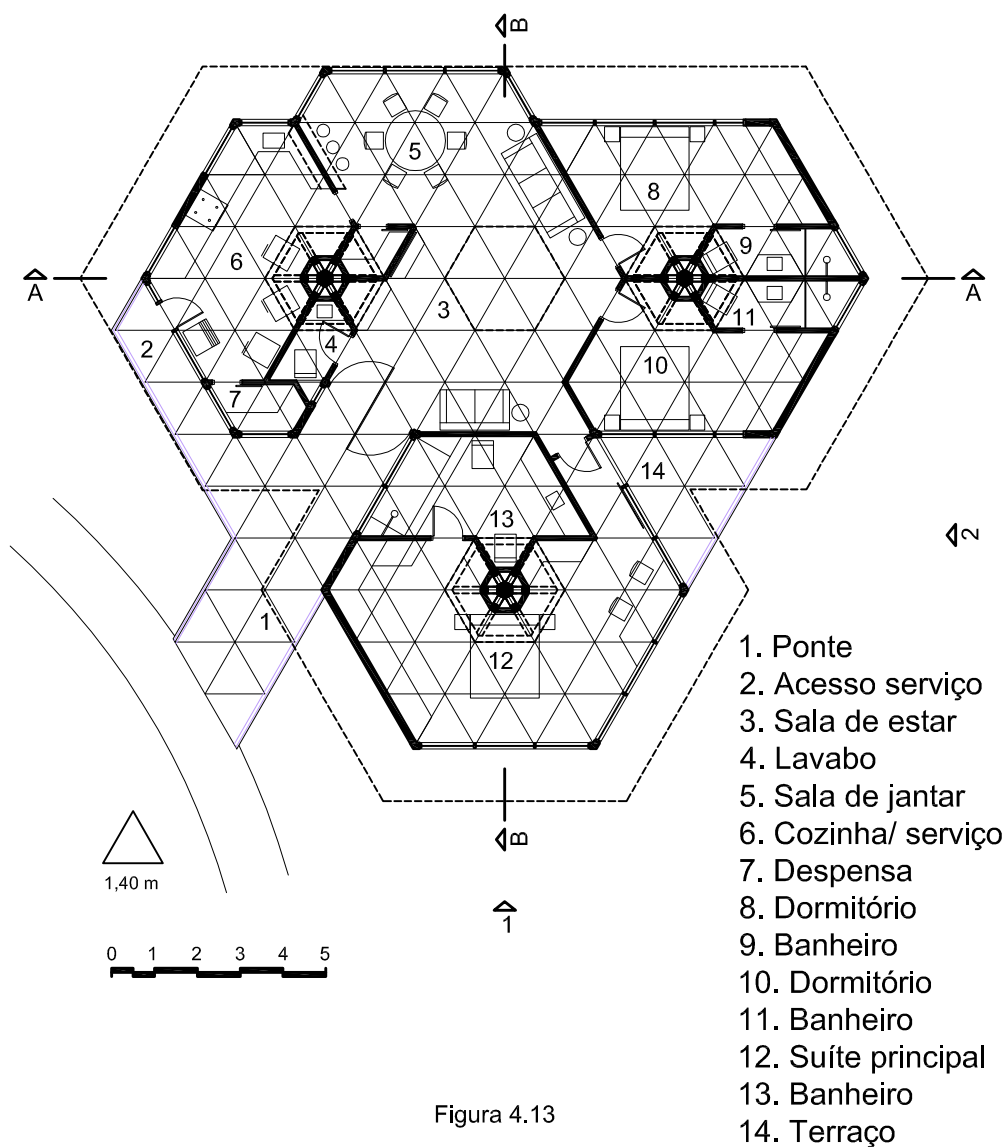
Figura 0.000



## 4.1.5 Estudo de caso V

## HABITAÇÃO UNIFAMILIAR TÉRREA II

### Planta do Pavimento



## HABITAÇÃO UNIFAMILIAR TÉRREA II

### Planta estrutural do Pavimento

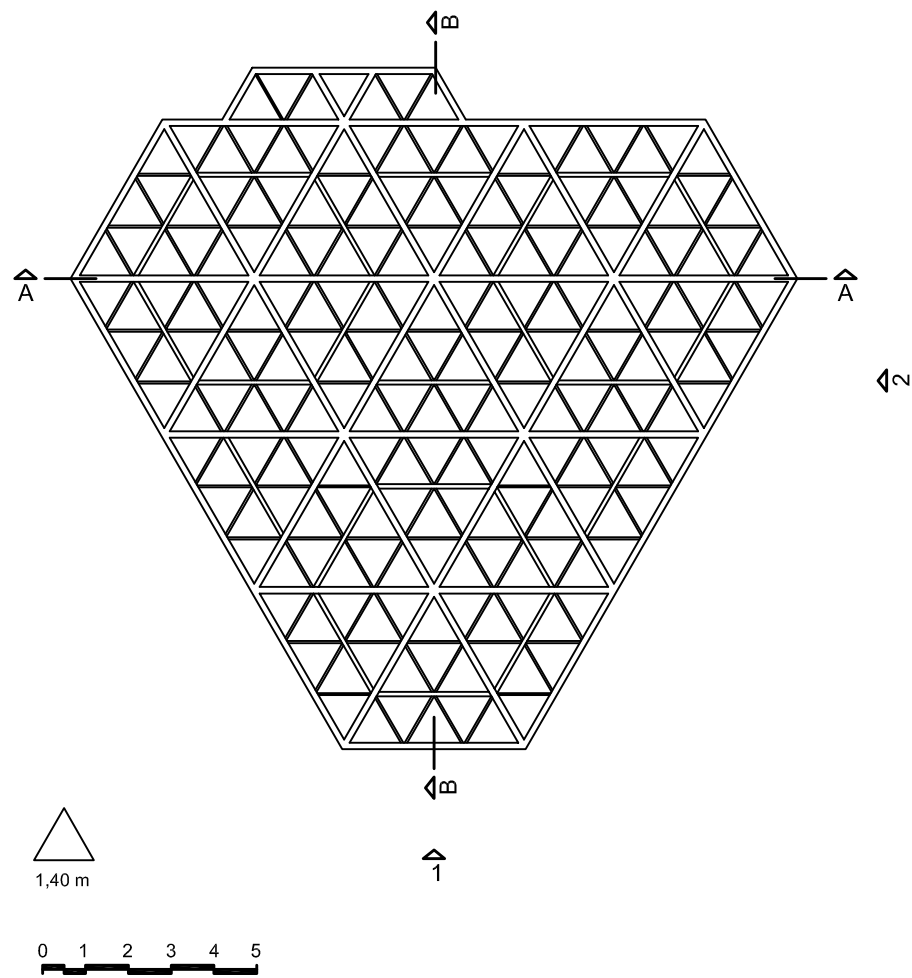


Figura 4.13.1

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR TÉRREA II

## Planta de cobertura

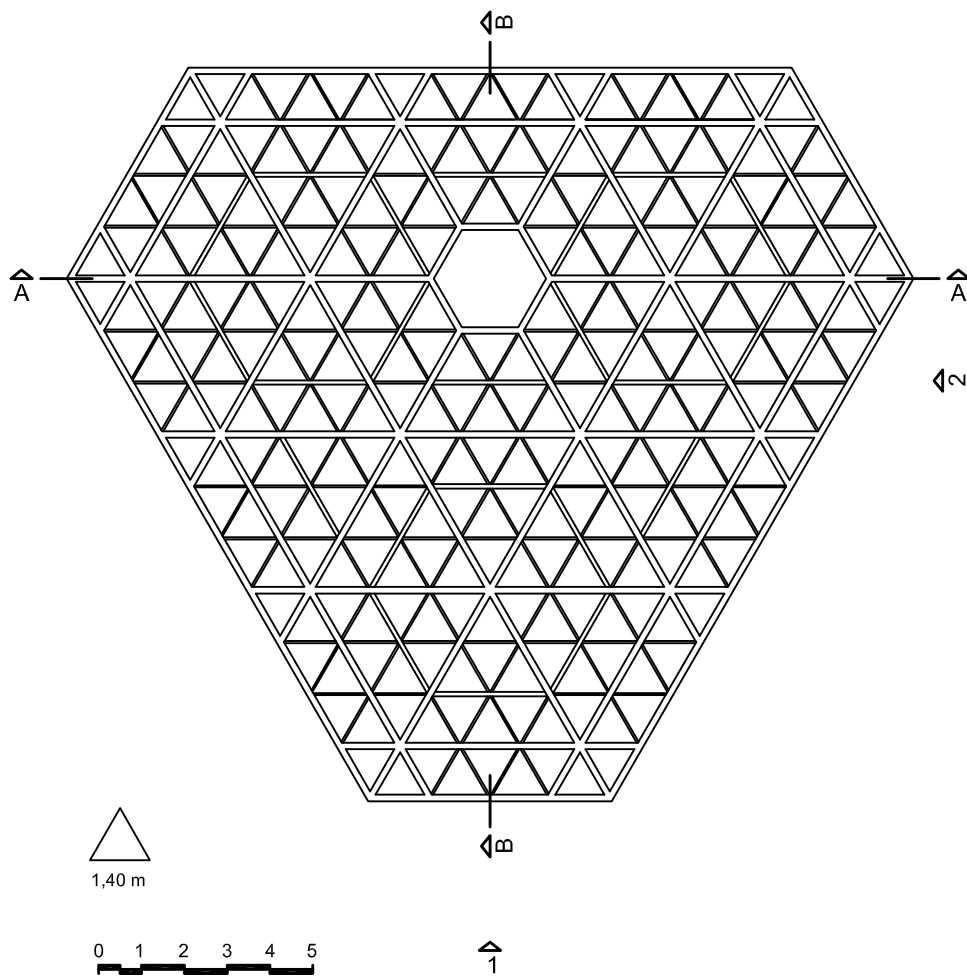
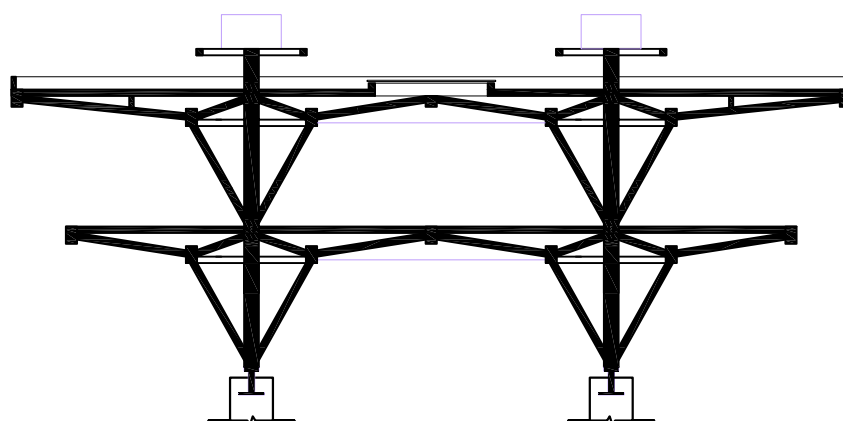


Figura 4.13.2

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR TÉRREA II

## Corte AA



1,40 m

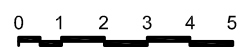
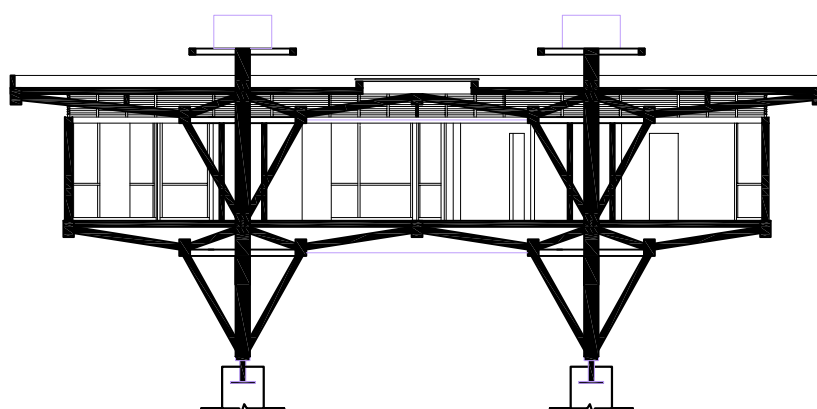


Figura 4.13.3

## HABITAÇÃO UNIFAMILIAR TÉRREA II

### Corte AA



1,40 m

0 1 2 3 4 5

A horizontal scale bar with markings at 0, 1, 2, 3, 4, and 5 units.

Figura 4.13.4

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR TÉRREA II

## Elevação 1 Frontal

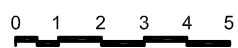
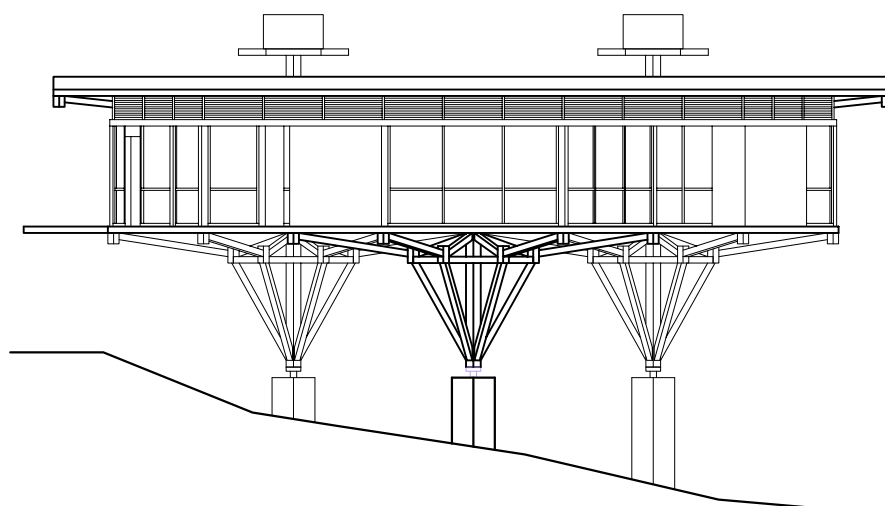


Figura 4.13.5



# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR TÉRREA II

## Elevação 1 Frontal

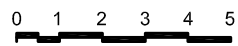
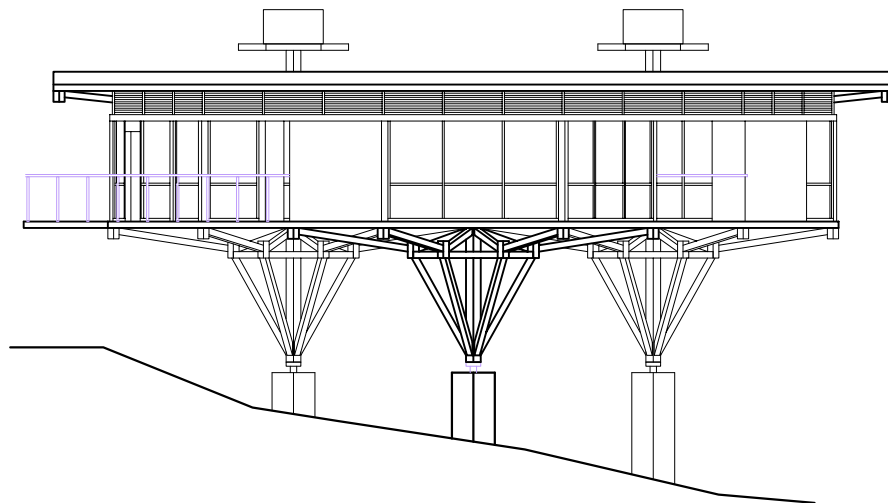
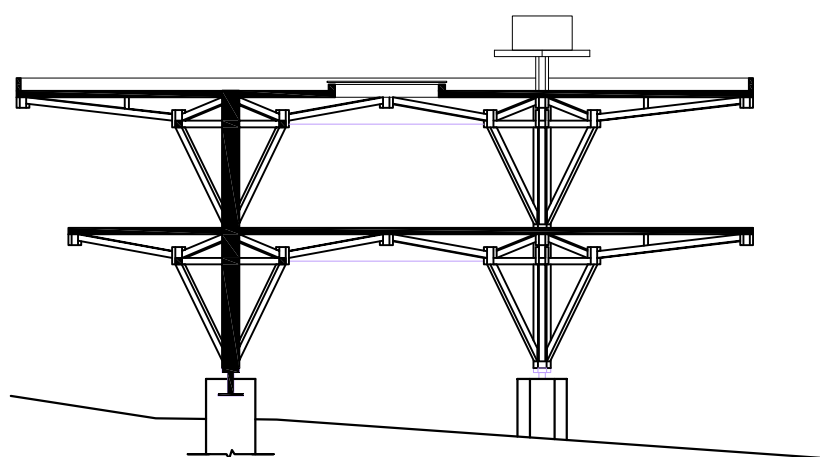


Figura 4.13.6

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR TÉRREA II

## Corte BB



1,40 m

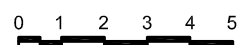


Figura 4.13.7

# HABITAÇÃO UNIFAMILIAR TÉRREA II

## Corte BB

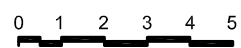
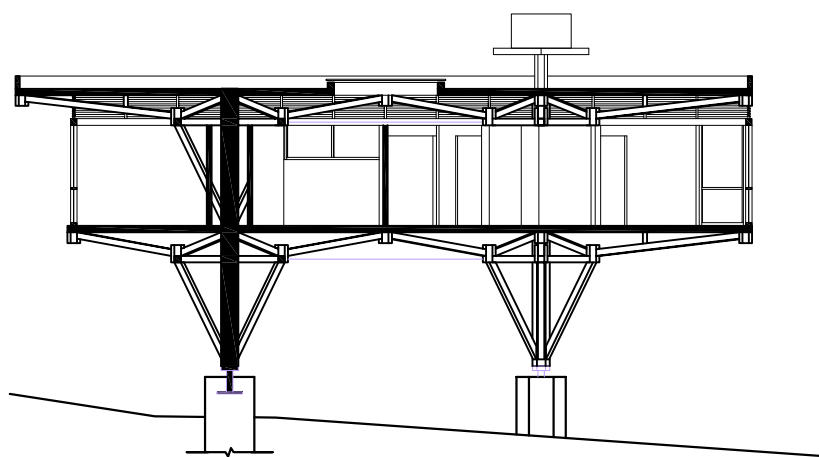
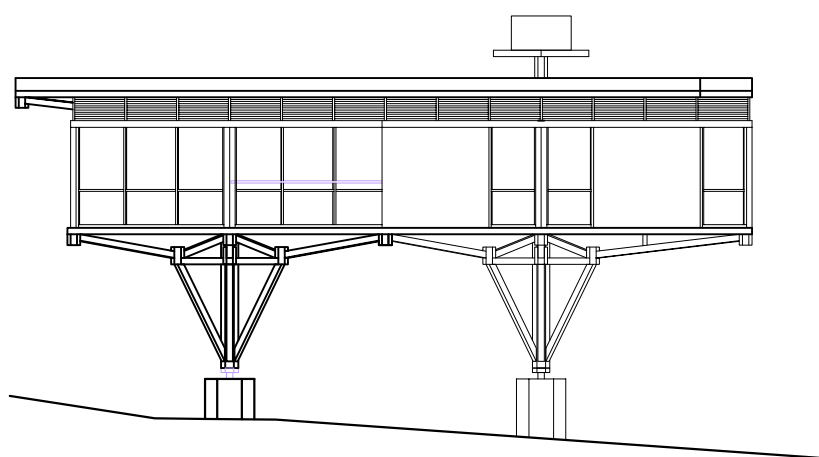


Figura 4.13.6

## HABITAÇÃO UNIFAMILIAR TÉRREA II

### Elevação 2 Lateral



1,40 m

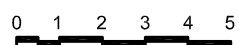


Figura 4.13.9

## Capítulo V - Conclusões

### ***Preliminares***

Esse Trabalho de Tese foi permeado em sua primeira fase por: 1) um breve relato da Arquitetura Brasileira em madeira, do colonial ao contemporâneo; 2) pela descrição sucinta das características da madeira, privilegiando sua capacidade portante e, finalmente, 3) pela concepção, propriamente dita, do sistema estrutural em madeira, objeto desse trabalho, denominado: *Sistema estrutural treliçado modular em madeira – SET 2M*.

Na segunda parte desse trabalho (Capítulo IV) procurou-se dotar o sistema de provas com programas funcionais com três residências unifamiliares, uma multifamiliar e uma pousada.

O sistema *SET 2M* balizou-se a princípio, que para se pensar e construir uma edificação de boa qualidade com baixo custo de construção deve-se introduzir altos níveis de racionalidade e criatividade na concepção do espaço e na sua construção. O *SET 2M* se caracteriza e privilegia a aplicação metodológica da sucessão e continuidade de eventos, bem como da coerência de decisões, em função de suas racionalidades em termos de concepção projetual e construtiva, que objetivam organizar e prever diferentes operações em oficinas de marcenaria e serralharia e em suas montagens no canteiro. Tudo isso, apesar da utilização de recursos simples para o seu processamento. A aplicabilidade desses conceitos permite adotar a repetição de elementos construtivos, “(...) pensados como séries e a sua coordenação de composição como um sistema aberto, permitindo variáveis arranjos, como o método orientador do desenho” (MARTINO, 1990).

### **Conclusões do presente trabalho**

As conclusões parciais deste trabalho, de uma forma geral, estão apresentadas em cada capítulo de seu desenvolvimento; no entanto neste capítulo elas são expostas de forma sucinta, colocando-as a partir de cada objetivo proposto, como seguem:

#### **Objetivo 01: Conceber e desenvolver um sistema estrutural em madeira**

O presente sistema estrutural foi concebido e desenvolvido através de madeira de florestas naturais como a *itaúba preta*, o *roxinho* e o *pequiá*.

Nesse desenvolvimento o material madeira desempenha o papel de ator principal como elemento portante, além dos seus usos tradicionais, ou seja, como cimbramento e acabamentos em geral, na concepção de um sistema estrutural.

São pensadas peças de madeira de dimensões reduzidas, que compõem um sistema estrutural de porte.

Adota-se o conceito de treliças espaciais, que possibilitam planos de lajes (PL) com áreas em torno de 200 m<sup>2</sup>, apoiadas no solo com apenas três pilares, espaçados entre si (10,8 m, 12,6 m, 13,5 m) conforme a dimensão do módulo geométrico adotado (triângulo equilátero): 1,20 m, 1,40 m ou 1,50 m respectivamente (módulo esse, utilizado no cálculo estrutural do *SET 2M*, recebendo a denominação de ***SET 2M original***).

Apresenta em sua configuração espacial dois pavimentos mais a cobertura, totalizando uma área construída da ordem de 600 m<sup>2</sup>. Sua implantação visa o mínimo impacto ambiental, tanto na execução de suas fundações, por tubulões a céu aberto, quanto pela montagem do artefato arquitetônico no sítio.

Outra opção projetual empregada, é a das ligações metálicas essenciais para as conexões entre elementos estruturais de madeira, pois os mesmos são de reduzidas



dimensões, em média quatro metros de comprimento, limitação esta, em virtude do transporte do material ser feito predominantemente por caminhões com carrocerias que comportam até esse comprimento. Daí, a relevância do emprego destas ligações nas conexões desses elementos estruturais.

Esse sistema possibilita a implantação em diferentes topografias do artefato arquitetônico, desde terraplanos, até terrenos difíceis com declividades variadas e acentuadas.

O sistema se caracteriza pela composição de um módulo estrutural (**SET 2M original**) com aproximadamente 600 m<sup>2</sup> de área construída, tornando possível o uso de vários programas funcionais, desde residências uni e multifuncionais, equipamentos de interesse sociais, institucionais e esportivos, centros de pesquisas, pousadas, entre outros.

De certa forma, os processos de concepção e desenvolvimento do sistema estrutural foram se sucedendo paralelamente, onde teoria e prática caminharam *pari passu*, às vezes até confundindo-se. As *interfaces* desse processo foram os experimentos realizados no laboratório do LAME na FAUUSP. Desenvolveu-se lá, uma maquete na escala de 1:50 com varetas de plástico de 4 mm de espessura, que se mostrou de primordial relevância para o presente trabalho.

Nessa fase do processo, foram concebidas as treliças espaciais (TE) e as ligações metálicas (LM), já com preocupações de caracterizar o sistema com processos impregnados de modulação e racionalidade construtiva.

**Objetivo 02: Avaliar o comportamento de alguns dos principais elementos estruturais constituintes do SET 2M através de experimentos realizados em laboratório**

No LAME foram desenvolvidos alguns protótipos de dois dos mais significativos elementos constituintes desse sistema: o pilar hexagonal central (PHC) e uma das ligações metálicas (LM).

Apesar de nessa época, ainda não estar concluído o dimensionamento estrutural inicial, posteriormente executado pelo Engenheiro e Professor Marcos Monteiro, titular da firma *PLANEAR ENGENHARIA*, mesmo assim, considerando-se as dimensões adotadas, sub-dimensionadas em relação ao posterior dimensionamento, os protótipos se mostraram bastantes eficientes e esclarecedores para o processo de desenvolvimento do sistema.

A avaliação que se faz desses protótipos é positiva sob todos os aspectos: funcional, estrutural e estético.

**Objetivo 03: Apresentar provas com programas funcionais do Sistema estrutural treliçado modular em madeira – SET 2M**

No capítulo IV desse trabalho apresentam-se as provas com programas funcionais, através de cinco estudos de casos.

Os estudos de casos I, II, III e IV referem-se ao **SET 2M com variações projetuais** e o IV ao **SET 2M original**.

**Objetivo 04: Comparar de forma estimativa os custos da estrutura do SET 2M executada em: madeira, concreto e aço**

No item 3.5 do capítulo III apresenta-se uma tabela estimativa de custos do sistema estrutural **SET 2M original**, fazendo-se uma abstração, onde não só o mesmo é concebido em madeira, mas também em aço e concreto armado.

Nessa comparação tomou-se a célula hexagonal modular (CHM) como o seu elemento relevante para o cálculo dos custos estimativos de cada opção projetual considerada. Optou-se, como referência informativa para esse cálculo de custos, a *Revista Construção Mercado* de junho de 2007 e a preciosa consultoria do Professor e Engenheiro Marcos Monteiro.

De forma bastante simples e prática deduz-se que:

- A madeira se apresenta, em termos estruturais de custos, em pé de igualdade com o aço, como material para o **SET 2M original**. Em contrapartida, torna-se muito mais atraente, em relação ao concreto protendido.

## Referências bibliográficas\*

ARTIGAS, Vilanova. **Vilanova Artigas**. São Paulo: Instituto Lina Bo e P. M. Bardi, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

BROWNE, E. et al. Vivienda unifamiliar en Jardim Vitória-Régia. In: \_\_\_\_\_. **Casas latinoamericanas**. Naucalpan, Mexico : G. Gili, 1994. p. 30-5

BRUAND, Yves. **Arquitetura Contemporânea no Brasil**. São Paulo: Perspectiva, 1991.

BUCHANAN, Peter. **Renzo Piano Building Workshop: complete works**. London; Phaidon, 2000.

BUXADÉ, Carles; MARGARIT, Joan. Abóbadas hiperbólicas. In: INSTITUTO TOMIE OHTAKE (Org). **GAUDÍ: a procura da forma**. São Paulo: Instituto Tomie Ohtake, 2004. p.176-181.

CARUANA, Ricardo. Madeira, o velho material do século XXI. **ARC Design**, n.7, p.24-31,set/out. 1998.

CORBUSIER, Le; JEANNERET, Pierre. **Œuvre Complète (1910-1929)**. 8<sup>ème</sup> edition. Zurich: W. Boesiger et Stonorov, 1965. vol. 1.

COSTA, Lúcio. **Registro de uma vivência**. São Paulo: Empresa das Artes, 1995.

\_\_\_\_\_. **Sobre Arquitetura**. Porto Alegre: Centro de Estudos Universitários, 1962. v.1.

\_\_\_\_\_. Arquitetura jesuítica no Brasil. **Revista do Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (SPHAN)**, Rio de Janeiro, v.5,p.9-104,1941.

ENGEL, Heinrich. **Sistemas Estruturais**. Barcelona: G.Gili, 2001.

---

\* Normalização segundo a NBR 6023, de agosto de 2002 (ABNT).

\_\_\_\_\_. **Sistemas Estruturais**. São Paulo: Hemus, 1981

\_\_\_\_\_. **The Japanese house**. Tokyo: Charles & Tulle Company, 1983.

ETLIN, Richard A. **Frank Lloyd Wright and Le Corbusier: the romantic legacy**. Manchester: Manchester University Press, 1994.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Hollanda. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1998. 1838 p.

FRAMPTON, Kenneth. **Studies in tectonic culture**. Cambridge: The MIT Press. 1996.

FREITAS, A.R. de. Potencial de utilização de madeiras em construções. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS. São Paulo, **Anais...** São Paulo: ABPM, 1982.

FUNDAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO ADMINISTRATIVO (FUNDAP). **MADEIRAS**. São Paulo: Impressão Pancrom, s.d.

GALVÃO, Tânia Nunes. **Sergio Rodrigues Arquiteto e Desenhista de Móvel**. São Paulo, 2001. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo.

GESUALDO, Francisco A. Romero. **Estruturas de Madeira: Notas de aula**. Universidade Federal de Uberlândia; Faculdade de Engenharia Civil. Uberlândia: UFU, 2003.

GIEDION, Sigfried. **Espaço, Tempo e Arquitetura: o desenvolvimento de uma nova tradição**. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

GIRAULT-MIRACLE, Daniel. Introdução. In: INSTITUTO TOMIE OHTAKE (Org). **GAUDÍ: a procura da forma**. São Paulo: Instituto Tomie Ohtake, 2004. p.64-71.

GÓMEZ-SERRANO, Josep; ALSINA, Claudi. Geometria Gaudiniana. In: INSTITUTO TOMIE OHTAKE (Org). **GAUDÍ: a procura da forma**. São Paulo: Instituto Tomie Ohtake, 2004. p.72-95.

GUERREIRO, Carlos. A produção sustentável de madeira e painéis de madeira tropical. In: Seminário A Questão Florestal e o Desenvolvimento. 2003. **Anais**. s.l: BNDS, 2003. Disponível em:

<<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/seminario/florestal8.pdf>>. Acesso em: 01/12/2005.

INO, Akemi. **Sistema Estrutural Modular em Eucalipto Roliço para Habitação**. São Paulo, 1991. Tese (Doutorado). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Fichas de Características das Madeiras Brasileiras**. São Paulo: IPT, 1989.

\_\_\_\_\_. **Manual: Biodeterioração de madeiras em edificações**. São Paulo: IPT, 2001.

INSTITUTO TOMIE OHTAKE (Org). **GAUDÍ: a procura da forma**. São Paulo: Instituto Tomie Ohtake, 2004.

JAPAN. Ministry of Construction. **Housing in Japan '66**. Tokyo: Ministry of Construction, 1966.

JODIDIO, Philip. **SANTIAGO CALATRAVA**. Köln; New York: Taschen, 2001.

KISHIDA, Hideto. **Japanese architecture**. Tokyo: Japan Travel Bureau, 1954.

KATINSKY, Júlio Roberto. **Arquitetura brasileira no Brasil colonial**. São Jose do Rio Preto : Ibilce/unesp, 1981.

KLOCK, Umberto. **Engenharia industrial madeireira** (Notas de aula). Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/index.htm>. Acesso em 28/02/2006.

LEMOS, Carlos. **O Que é Arquitetura**. São Paulo: Brasiliense, 1980.



LIND, Carla. **Frank Lloyd Wright's Usonian Houses**. London: Archetypr Press Inc., 1994.

LINES, Les. **The Audubon Society Book of Trees**. New York: Phaidon Press Limited, 1981.

MARTINO, Arnaldo. **Habitação Social Urbana**. 1990. Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo.

MUNARI, Bruno. **Design e Comunicação Visual**. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

MURCUTT, Glenn. A dialogue with editor: interview. **GA Global Architecture** – houses. Tokyo, n.75, p.8-15, may 2003.

MUSEUM OF MODERN ART OF NEW YORK (MoMA). **Envisioning Architecture: Drawings from the Museum of Modern Art**. New York: MoMA, 2002.

NATTERER, Julius (Org). **Construire en bois II**. Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1998.

OLGA JUNIOR, Hélio. Madeira e engenhosidade. **Revista Finestra Brasil**, São Paulo, v.6, n.22, p.62-65, jul./set, 2000.

OTTO, Frei. **Architecture et Bionique constructions naturelles**. Denges: Éditions Delta & Spes, 1985.

PANSHIN, A J; DE ZEEUM, C. **Textbook of wood technology**. 3. ed. New York: Macgraw-Hill, 1970.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de madeira**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. **A Concepção Estrutural e a Arquitetura**. São Paulo: Zigureta, 2000.

SAIA, Luiz. **Notas sobre a evolução da morada paulista**: notas relacionadas com a tetônica demográfica de São Paulo. São Paulo: Acrópole, 1957.

SANTOS, Cecília R. dos. Casa verde. **Casa Vogue**, n. 9, p.106-111, ed.194, ano XXV, 200?

SANTOS, Maria Cecília Loschiavo dos. Ensaio sobre Sergio Rodrigues. In: CALS, Soraia (Org.). **Sérgio Rodrigues**. Rio de Janeiro:S. Cals,2000. p.17-53.

SCHNEIDER, Clarissa. Casa-estúdio. **Casa Vogue**, n.6, p.162-167, ed.226, ano XXVIII, 200?

SEGAWA, Hugo. **Arquiteturas no Brasil (1900-1990)**. São Paulo: Edusp, 1997. (Série Academia; 21).

SEIKE, Kiyoshi. **The art of Japanese architecture**. Tokyo: Weatherhill Publishers, 1990.

SERGEANT, John. **Frank Lloyd Wright's Usonian Houses**. New York: Watson Guptill, 1984.

SERVIÇO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (SPHAN). **Diário do Engenheiro Vauthier**. Rio de Janeiro: SPHAN, 1940.

SILVA, Sueli Ferreira da Silva (Coord). **Zanine: Sentir e Fazer**. 4.ed. Rio de Janeiro: Agir, 1995.

SMITH, Robert C. **Arquitetura colonial**. Salvador: Progresso, 1995.

STUNGO, Naomi. **The New Wood Architecture**. London: Laurence King Publishing, 1998.

Super Scale Hub. **JA** (The Japan Architect), n.65, p. 24-25, spring, 2007.

UNIVERSITÉ LAVAL. **Anatomie des pinus**. Disponível em:

[www.sylva.for.ulaval.ca/forêt/anatomie/types\\_pinus\\_transv\\_canauxésinifères.html](http://www.sylva.for.ulaval.ca/forêt/anatomie/types_pinus_transv_canauxésinifères.html).

Acesso em 28/02/06.

VASCONCELOS, Augusto Carlos de. **Estruturas da Natureza: Um estudo da interface entre Biologia e Engenharia**. São Paulo: Studio Nobel, 2000.

VAUTHIER, Louis Léger. **As cartas de Vauthier**. Porto Alegre: IAB/CEUA, 1960.

Von Gerkan, Marg and Partners: passenger terminal – Stuttgart Airport. **Architectural Design**, v.63, n.7/8, p.64-67, jul/aug. 1993.

WEISCHEDEL, Wilhelm. **A Escada dos fundos da Filosofia**. São Paulo: Angra, 1999.

WISNIK, Guilherme. **Lúcio Costa**. São Paulo: Cosak & Naify, 2001.

WORLD WILDLIFE FOUNDATION (WWF). Seção Brasil. (2005). Disponível em: <  
<http://www.wwf.org.br/> >. Acesso em 15/06/2006.

ZENID, Geraldo José. **Identificação e Grupamento das Madeiras Serradas Empregadas na Construção Civil Habitacional na Cidade de São Paulo**.

Piracicaba: 1997. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo.

ZWERGER, Klaus. **Wood and wood joints**. Basel: Birkhäuser Publishers, 2000.

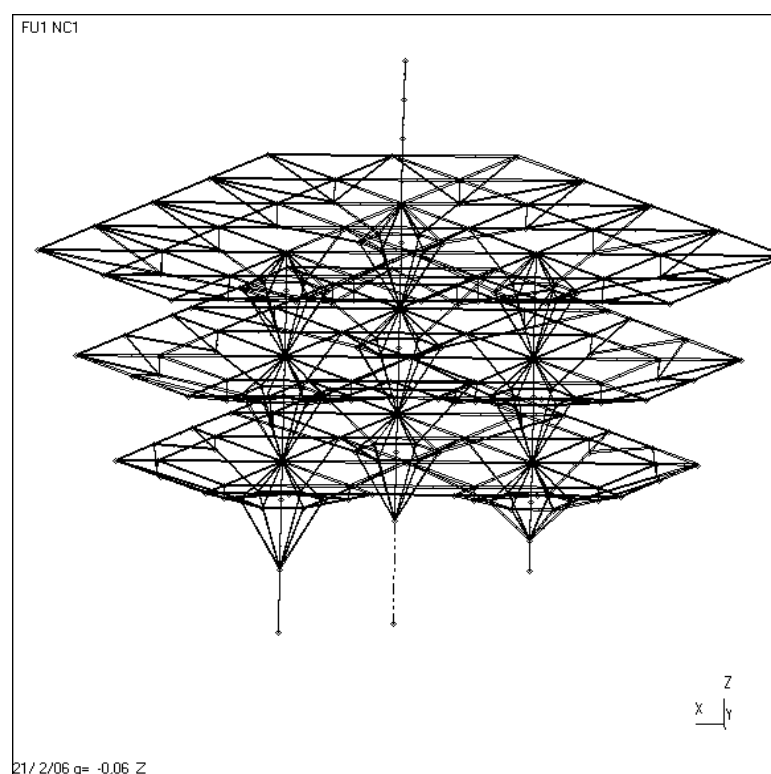
## Descrição sucinta da memória de cálculo do “Exercício projetual estrutura II” - SET 2M<sup>1</sup>

### Sistema Estrutural

#### A. Modelagem da Estrutura

A estrutura foi modelada no Sistema MIX, software desenvolvido pelo Eng. Sérgio Pinheiro de Medeiros, com ampla aceitação entre os profissionais de engenharia estrutural, por sua facilidade de operação, confiabilidade e rapidez no processamento das estruturas.

Em função das características estruturais, o modelo baseia-se em um sistema espacial formado por barras convenientemente articuladas, a fim de se aproximar seu funcionamento ao de uma treliça espacial. Como algumas das barras recebem carregamentos ao longo de seu eixo, em especial nos pisos, não podemos dizer que o funcionamento da estrutura é uma treliça pura. Por outro lado, todas as barras que compõem o sistema estrutural resistente foram articuladas em suas extremidades, fazendo com que as mesmas estejam sujeitas apenas a esforços normais. Portanto, basicamente, apenas as barras do piso e as colunas de apoio estarão sujeitas a esforços de flexão.



#### Visualização do modelo espacial

<sup>1</sup> Elaborada pelo Engenheiro e Professor Marcos Monteiro, da firma *Planear Engenharia SC. Ltda.*

Dados do modelo adotado para cálculo:

- Número de nós = 222
- Número de barras = 639
- Número de apoios = 3, considerados com engastamento perfeito.
- Carregamentos considerados:
  - Peso próprio da estrutura de madeira
  - Revestimento + barroteamento do piso = 100 Kgf/m<sup>2</sup>
  - Sobrecarga = 200 Kgf/m<sup>2</sup> (uso residencial ou comercial)

## B. MATERIAIS COMPONENTES

A estrutura é totalmente formada por barras de madeira de diferentes espécies conforme sua utilização, com o objetivo de adequar as qualidades do material ao seu uso e de possibilitar o efeito de policromia desejado. Foram consideradas as seguintes espécies e utilizações:

### B.1 Itaúba Preta

- Utilização : colunas de suporte da edificação
- Características Gerais: madeira muito pesada, resistência muito alta ao ataque de organismos, baixa retratibilidade, resistência mecânica alta a média. Indicada para construções externas.
- Propriedade Físicas:
  - Massa Específica Aparente = 0,96 g/cm<sup>3</sup>
  - Compressão Axial - Limite de resistência (a 15% de umidade) = 697 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Módulo de Elasticidade = 167. 100 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Flexão Estática – Limite de Resistência = 1.290 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Cisalhamento = 123 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Tração normas às fibras = 110 kgf/cm<sup>2</sup>

### B.2 Pau Roxo

- Utilização : elementos estruturais de piso e treliças
- Características Gerais: madeira muito pesada e dura, resistência alta ao ataque de organismos, baixa retratibilidade, resistência mecânica alta a média. Indicada para construções externas.
- Propriedade Físicas:
  - Massa Específica Aparente = 1,13 g/cm<sup>3</sup>
  - Compressão Axial - Limite de resistência (a 15% de umidade) = 1.025 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Módulo de Elasticidade = 200.400 Kgf/cm<sup>2</sup>

- Flexão Estática – Limite de Resistência = 1.841 kgf/cm<sup>2</sup>
- Cisalhamento = 206 kgf/cm<sup>2</sup>
- Tração normas às fibras = 97 kgf/cm<sup>2</sup>

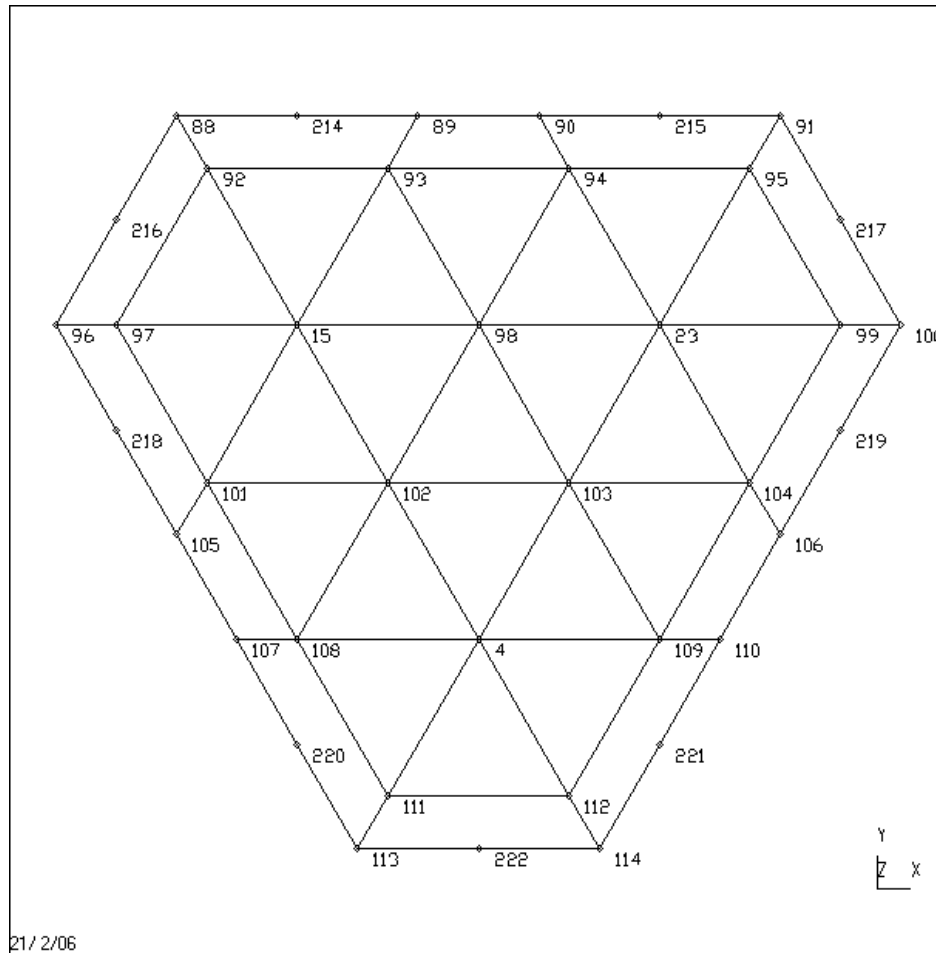
### B.3 Pequiá (ou Pitiá)

- Utilização : Tábua para Assoalho
- Características Gerais: madeira muito pesada e dura ao corte, resistência alta ao ataque de organismos, baixa retratibilidade, resistência mecânica alta a média. Indicada para acabamentos internos.
- Propriedade Físicas:
  - Massa Específica Aparente = 0,83 g/cm<sup>3</sup>
  - Compressão Axial - Limite de resistência (a 15% de umidade) = 683 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Módulo de Elasticidade = 162.600 Kgf/cm<sup>2</sup>
  - Flexão Estática – Limite de Resistência = 1.313 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Cisalhamento = 158 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Tração normas às fibras = 91 kgf/cm<sup>2</sup>

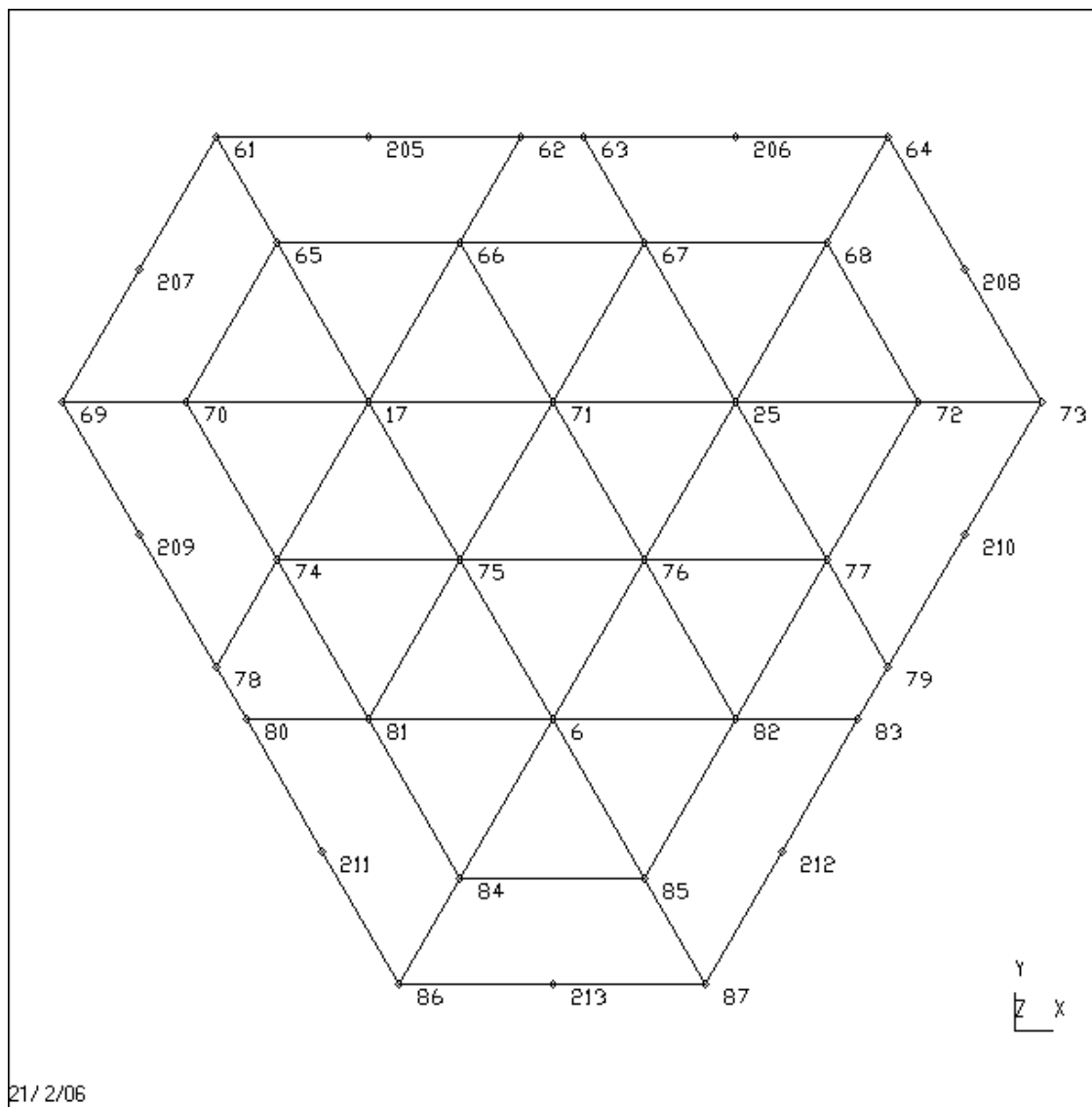


## C. ELEMENTOS DA ESTRUTURA

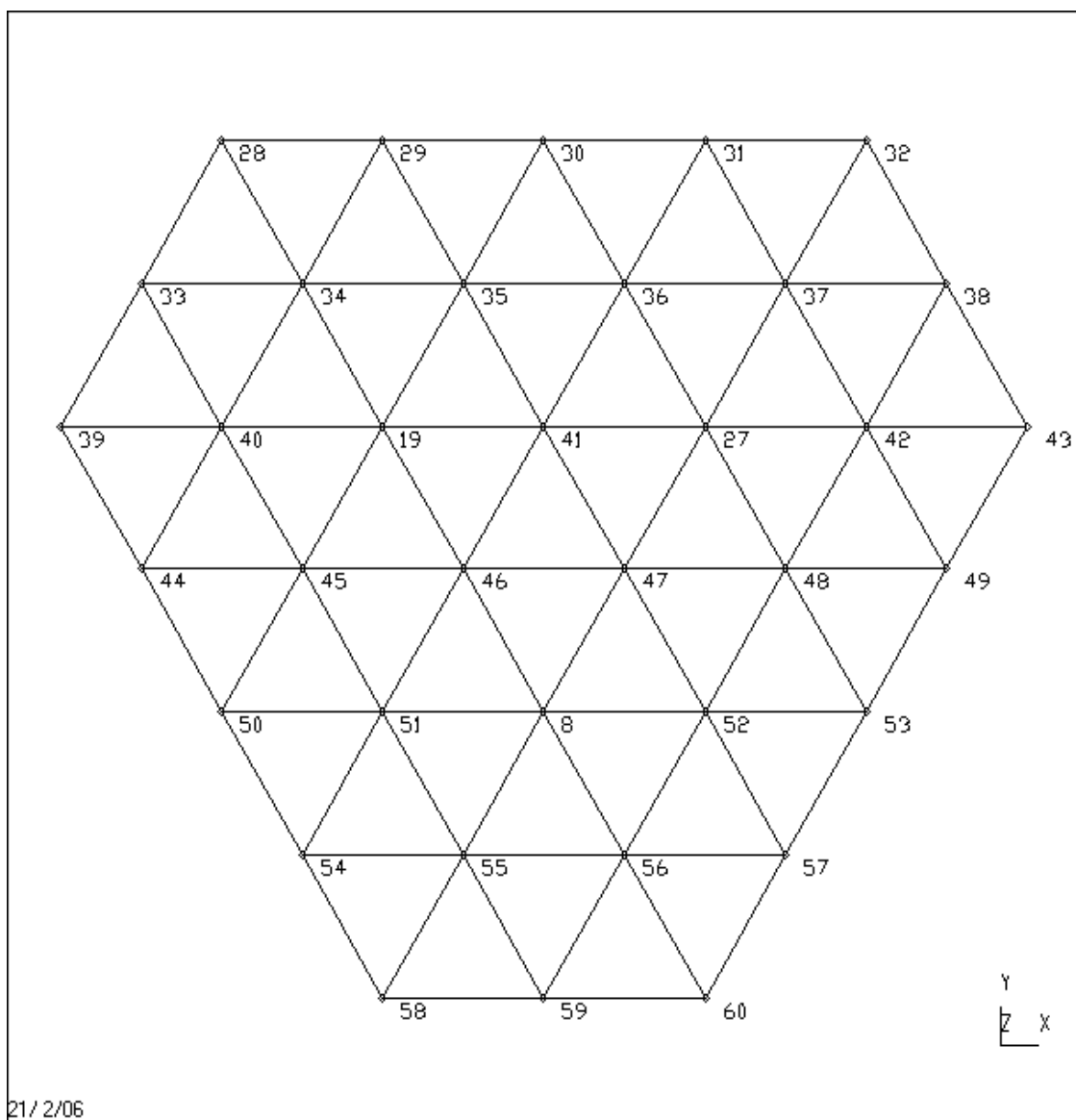
### C.1 Piso Nível 4,2



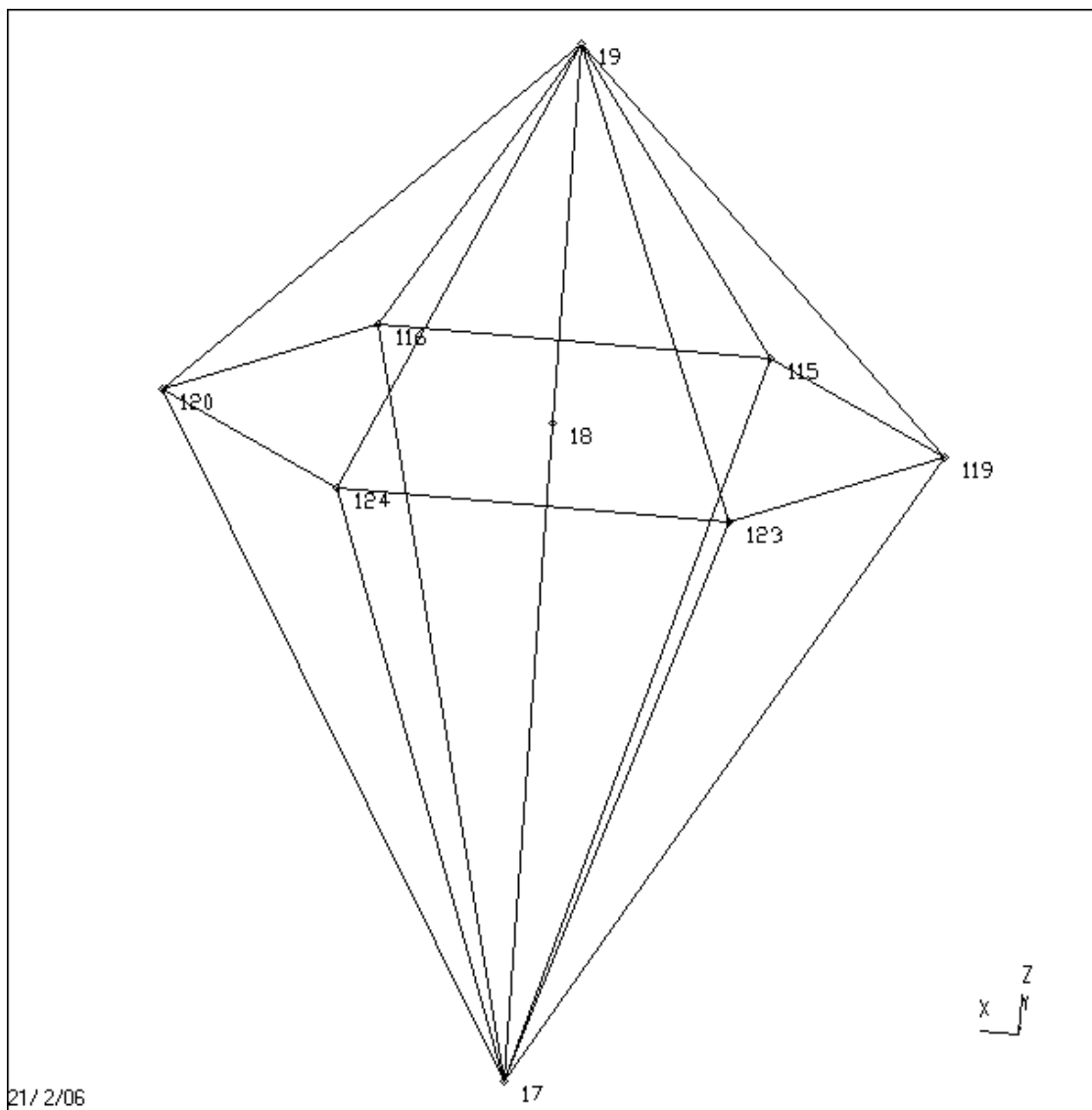
## C.2 Piso Nivel 8,3



## C.3 Piso Nível 12,4

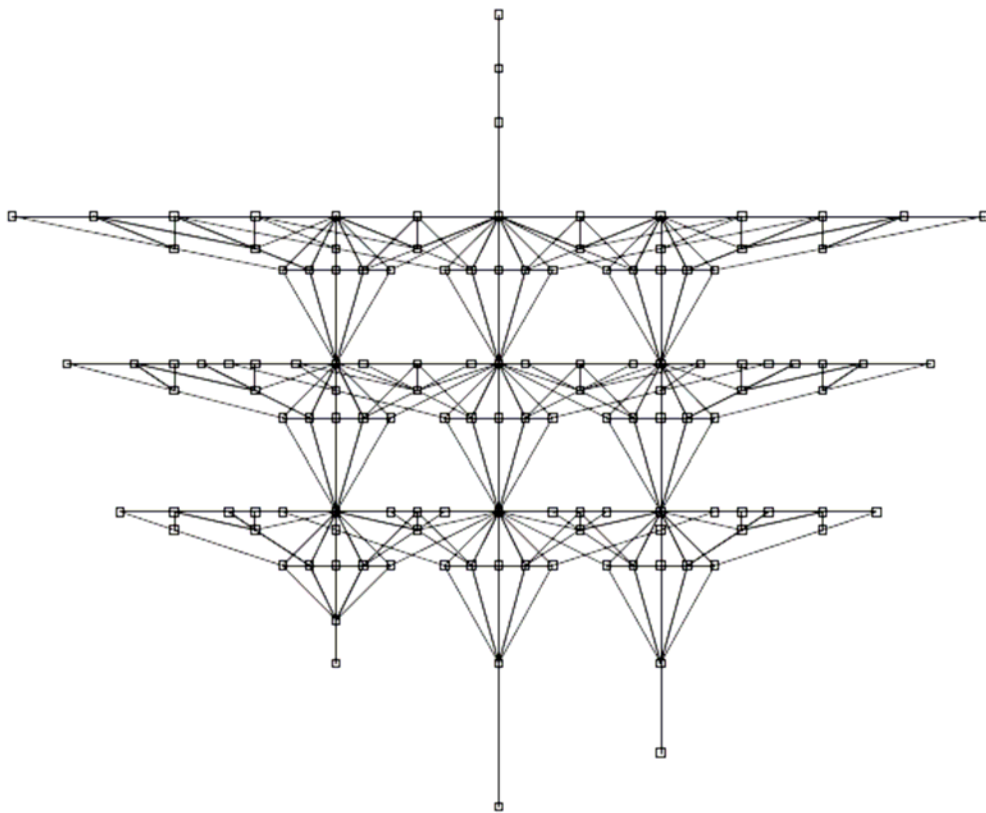


## C.4 Diamantes de apoio



Sistema Auxiliar de Apoio

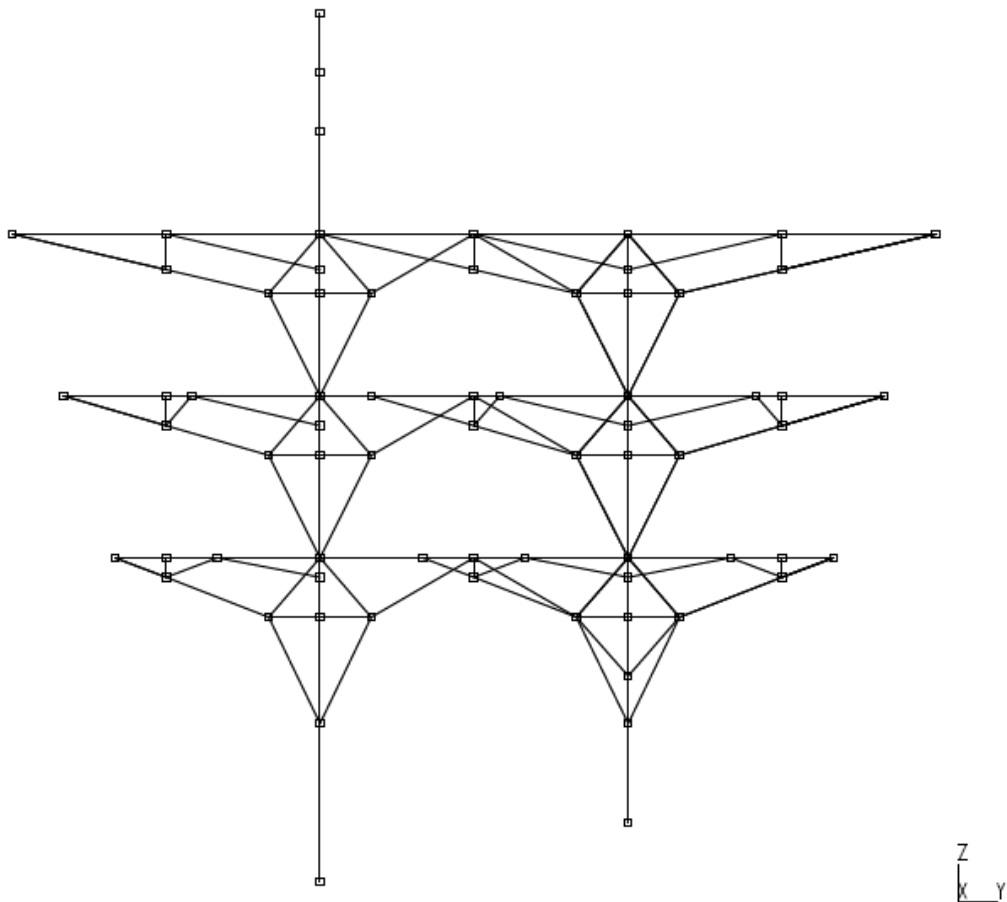
### Vista Frontal



Z  
Y X

Sistema Auxiliar de Apoio

### Vista Lateral



### D. ENTRADA DE DADOS

Para análise inicial da estrutura, foram considerados apenas os carregamentos verticais permanentes e acidentais. Dessa forma, buscou-se simplificar a análise, a fim de se determinar o comportamento estrutural para os carregamentos principais.



Essa decisão se mostrou acertada, já que a estrutura têm características especiais de funcionamento, as quais não haviam sido percebidas em um primeiro momento.

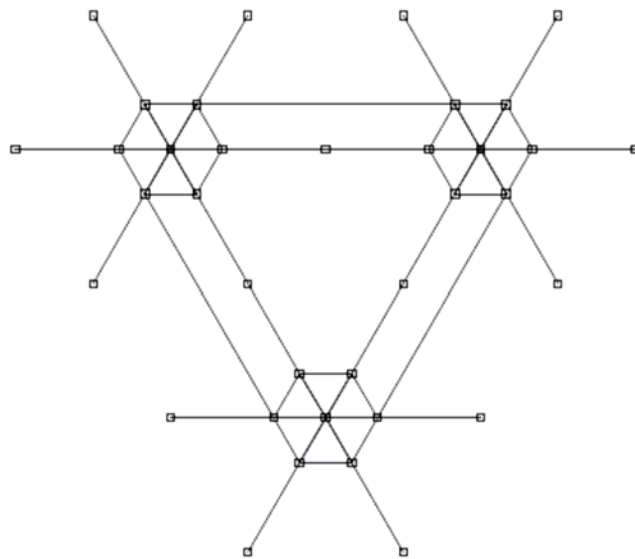
Os dados completos da memória de cálculo encontram-se no: ANEXO B – “Dimensionamento do SET 2M” inserido no terceiro Trabalho Programado do próprio autor, para seu exame de Qualificação no Memorial Qualificação, realizado no dia 21/09/06, na FAUUSP/Maranhão.

## E. PROCESSAMENTO DA ESTRUTURA

Durante os processamentos iniciais da estrutura, foram encontradas as seguintes dificuldades:

- A esbelteza exigida pelo projeto, levava a estrutura a grandes deformações. Além disso, encontravam-se grandes deformações nos nós intermediários do diamante, no plano horizontal.
- Após análise da estrutura, constatou-se que as forças aplicadas pelas barras no diamante eram desequilibradas. Assim, o diamante virava um “pião”, gerando grandes deformações na estrutura.
- Diante desses fatos, foram criadas novas barras para estabilização da estrutura.
- Com isso, conseguiu-se manter as deformações do piso dentro dos limites recomendados em norma (declividade máxima de L/150), bem como a estabilização do diamante.
- No processamento final e após os dimensionamentos necessários das peças estruturais, foram obtidos os seguintes resultados:
  - O dimensionamento das barras foi limitado pelas deformações do pavimento. A norma de dimensionamento de estruturas de madeira impõe como dimensões mínimas das peças estruturais a largura de 5 cm e a área mínima de 50 cm<sup>2</sup>.
  - Como as peças não possuem esforços de flexão significativos, optou-se por barra de seção quadrada.
  - Assim, para que os pisos se mantivessem com deformações dentro dos limites de Norma, foi necessário o aumento das seção das peças, conforme mostrado à seguir:
    - Níveis 12,4 e 8,3 : peças de 15 x 15 cm
    - Nível 4,2 : peças de 10 x 10 cm
  
    - Colunas: peças hexagonais com inércias equivalentes a um quadrado de 40 x 40 cm

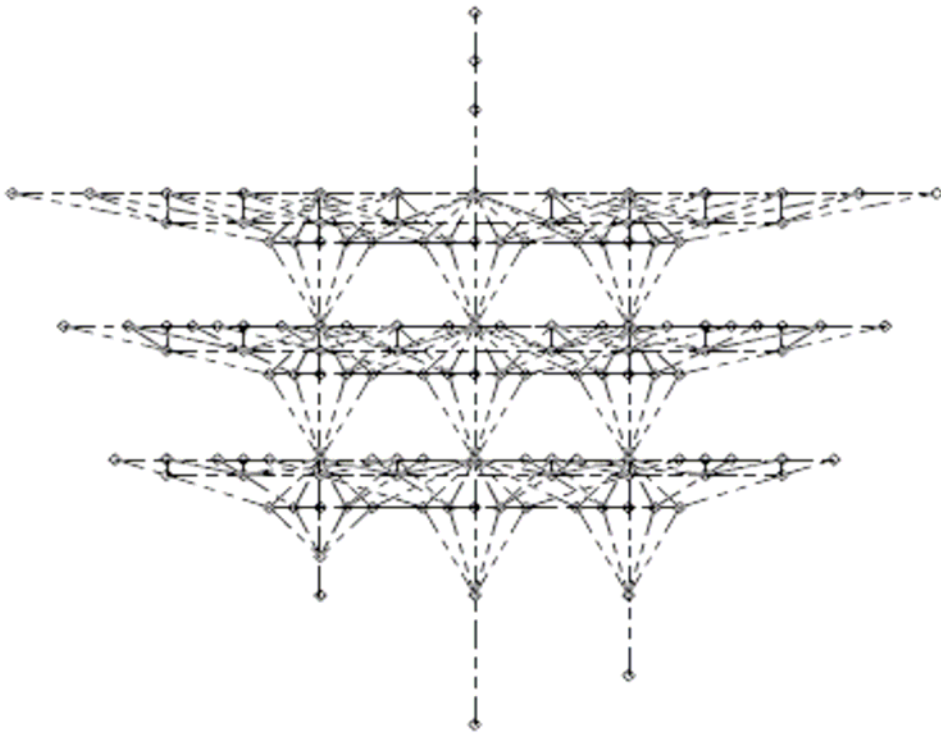
## F. NOVA CONFIGURAÇÃO GEOMÈTRICA DA ESTRUTURA



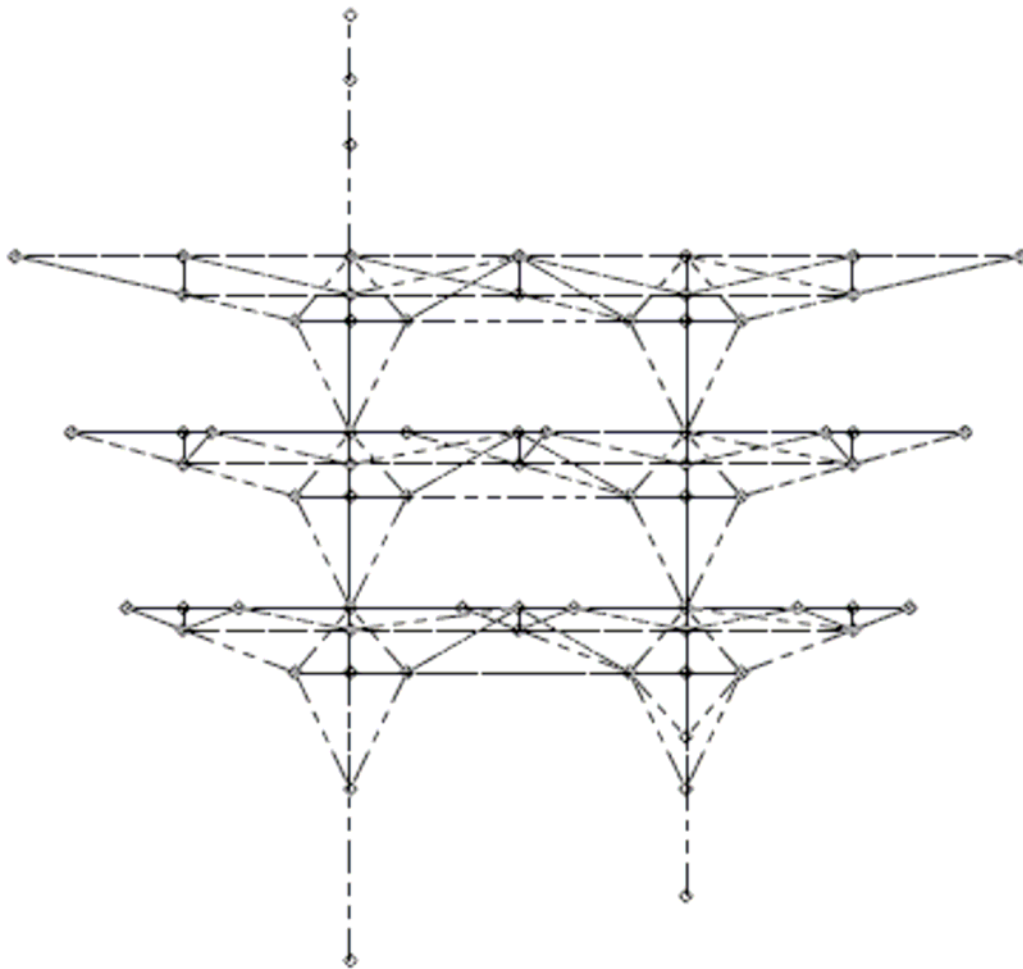
Travamentos  
Horizontais e  
diagonais –  
Intermediários

Nível (m)	$\delta$ máx (cm)	$\delta$ lim = L/150 (cm)
12,4	3,66	5,20
8,3	3,30	4,30
4,2	2,98	3,50

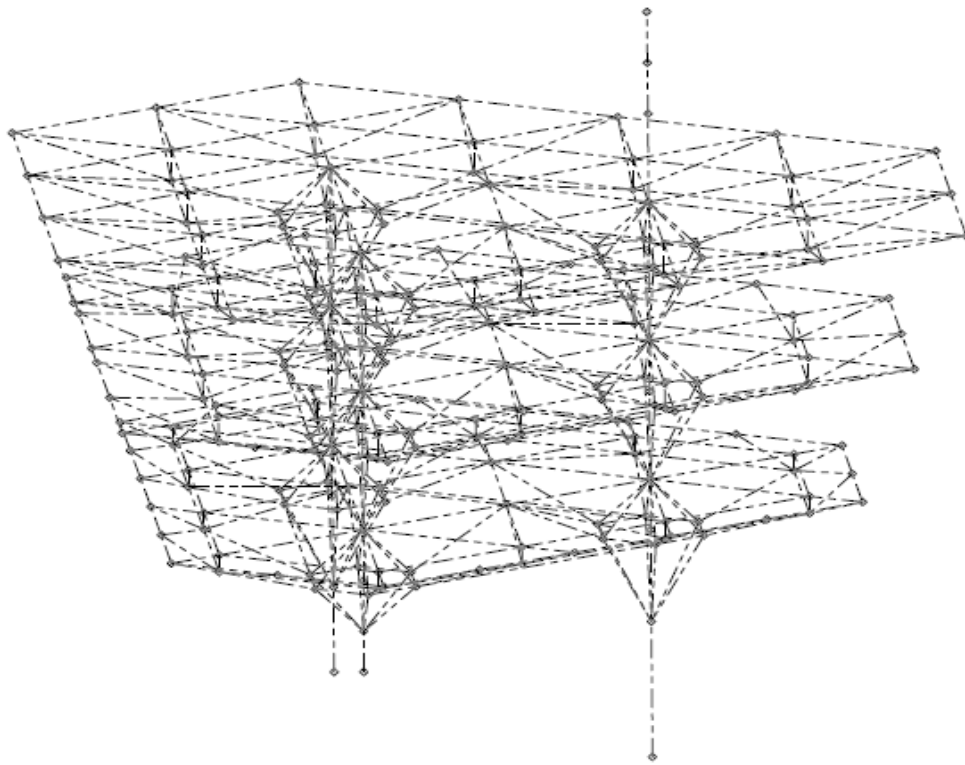
Níveis

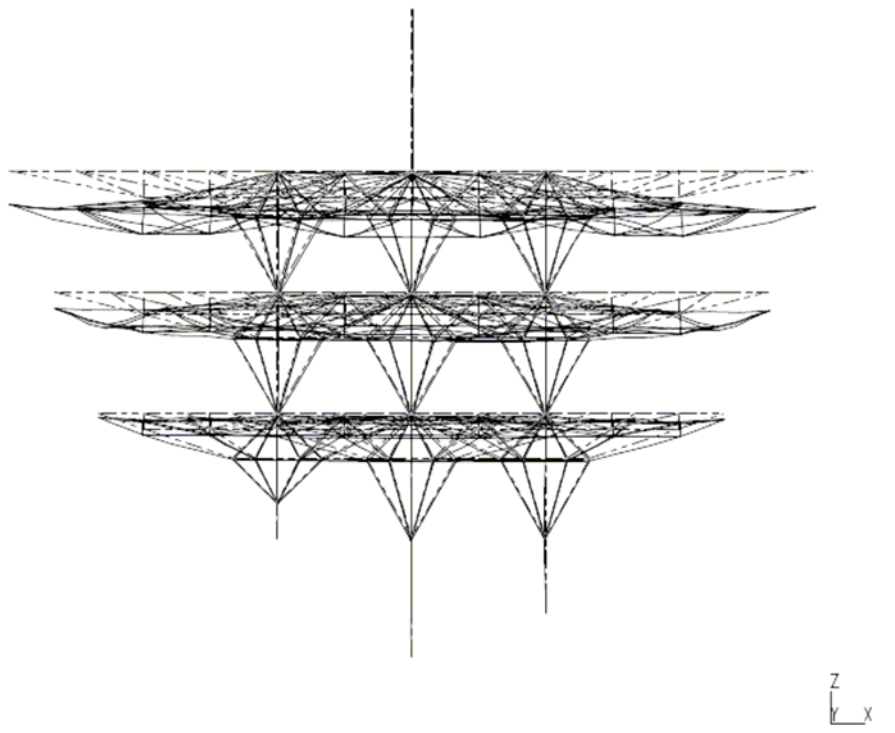


Vista Frontal da Nova Estrutura



## Vista Lateral da Nova Estrutura

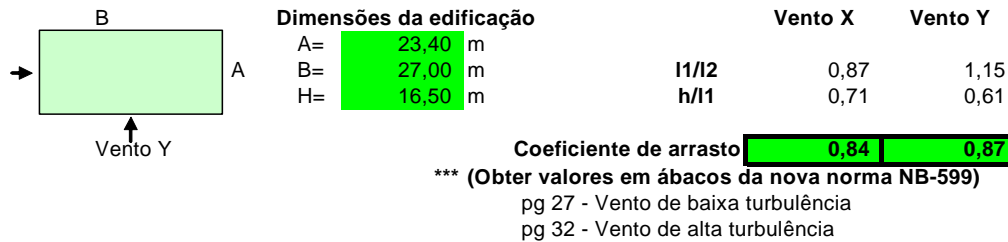


**G - DEFORMADA DA ESTRUTURA****H - ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL**

Para análise da estabilidade global da estrutura, foi considerado um carregamento horizontal acidental devido ao vento com as seguintes características:



### A. Características Geométricas da Edificação



### B. Dados para cálculo da velocidade característica do vento

#### B.1 - Velocidade básica do vento (Vo) - (conforme isopletas de velocidades básicas - pg.9)

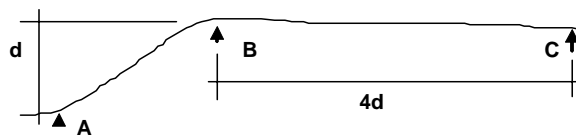
São Paulo: adotar  $V_o = 35$  m/s

**$V_o = 38,00$  m/s**

#### B.2 - Fator Topográfico (S1)

- Terreno plano ou fracamente acidentado  $S_1 = 1,0$
- Vales profundos, protegidos de vento  $S_1 = 0,9$

**$S_1 = 1,00$**



- ponto A e ponto C:  $S_1 = 1,0$
- pontos entre A e C: ver formulação na pág.10

#### B.3 - Fator S2: fatores condicionantes

- Rugosidade do terreno
  - Categ. 1: superfícies lisas com mais de 5km de extensão
  - Categ.2: terrenos com poucos obstáculos, baixos e isolados
  - Categ.3: terrenos com obstáculos com cota média de topo igual a 3m
  - **Categ. 2** - Categ.4: terrenos com obstáculos numerosos com cota média igual a 10m
  - Categ.5: terrenos com obstáculos altos e pouco espaçados (c.m.topo=25m)

- Classe da edificação

**- Classe B**

- Altura sobre o terreno (z): **variável.** (obter valores de S2 na tabela da pg,14)

#### B.4 - Fator Estatístico S3

- Edificações para atendimento de pessoas em emergências (hospitais, quartéis, etc)  $S_3 = 1,1$
- Hotéis, residências, comércio e indústrias de alta ocupação  $S_3 = 1,0$
- Indústrias com baixo fator de ocupação  $S_3 = 0,95$
- Vedações  $S_3 = 0,88$
- Edificações temporárias ou edificações durante a construção  $S_3 = 0,83$

**- Fator S3= 1,0**

#### B.5 - Pressões de vento sobre a edificação

Vento X	<b><math>q_x = 62,47 \times (S_2^2)</math> (kgf/m<sup>2</sup>)</b>
Vento Y	<b><math>q_y = 67,01 \times (S_2^2)</math> (kgf/m<sup>2</sup>)</b>

A estrutura foi processada para o vento que conduz à situação mais crítica para os pilares da estrutura – Vento aplicado a  $-90^\circ$ .

Esse novo carregamento introduz os seguintes esforços na estrutura:

Nós	FY (tf)
4	-0,523
15 / 23	-0,286
6	-1,16
17 / 25	-0,634
8	-2,035
19 / 27	-1,112

### **Conclusão: Análise da estabilidade global**

Os limites para deslocamento horizontal do topo do edifício e entre pavimentos contíguos, foram verificados para atender aos limites de movimentos laterais estabelecidos pela tabela 13.2 da ABNT NBR-6118-2003.

Para verificação do Estado Limite de Deformação Excessiva, na combinação quase permanente, foram utilizados o coeficiente ponderador 1,0 para os carregamentos verticais, 0,6 para os carregamentos acidentais verticais e 0,3 para o vento.

O processamento foi elaborado com processo incremental P- $\Delta$ .

Assim, foram obtidos os seguintes resultados:

Efeito a considerar	Limite (cm)	Projeto	Observação
Movimento lateral do edifício	$H/1700 = 0,97$	0,80	OK
Movimento lateral entre pavimentos	$H/850 = 0,48$	0,23	OK

**Anexo A: Relatório de visita à *Pousada Park Hotel* – obra do Arquiteto Lucio Costa, realizada no dia 16.11.2003 pelo próprio autor (tempo do dia: nublado).**

**Generalidades**

O Park Hotel situa-se no bairro de “Parque São Clemente”, na Alameda Marquês de Barbacena n. 131, CEP 28630-260, telefone: (0\*\*) (22) 2526.7209, e-mail: [phhotel@com.br](mailto:phhotel@com.br), site na internet: [www.parkhotelnovafriburgo.com.br](http://www.parkhotelnovafriburgo.com.br), na cidade do Nova Friburgo/RJ.

A topografia da época do projeto (1944-1945), segundo registros iconográficos, era composta de um talude com declividade acentuada, sendo que, a edificação situou-se em um platô (único no sítio), de visibilidade exuberante, para o grande lago do Parque São Clemente.

Daí sua escolha, para um “olhar” atento de um profissional como o do Doutor Costa, como era chamado, pelas pessoas, que tinham o privilégio de privar de seu convívio e de sua amizade, a escolha desse local, tornou-se óbvia, apesar da insolação dos apartamentos ser face sudoeste, Costa privilegiou a vista magnífica para o Parque São Clemente, passando a fazer parte integrante do partido arquitetônico.

Essa visão do Parque, atualmente está eclipsada pela vegetação frondosa existente, restando uma bela paisagem para uma parte da cidade, de quem olha dos quartos para o Parque.



Figura 1 – Vista



Figura 2 – Vista

Fonte: próprio do autor: (2003)

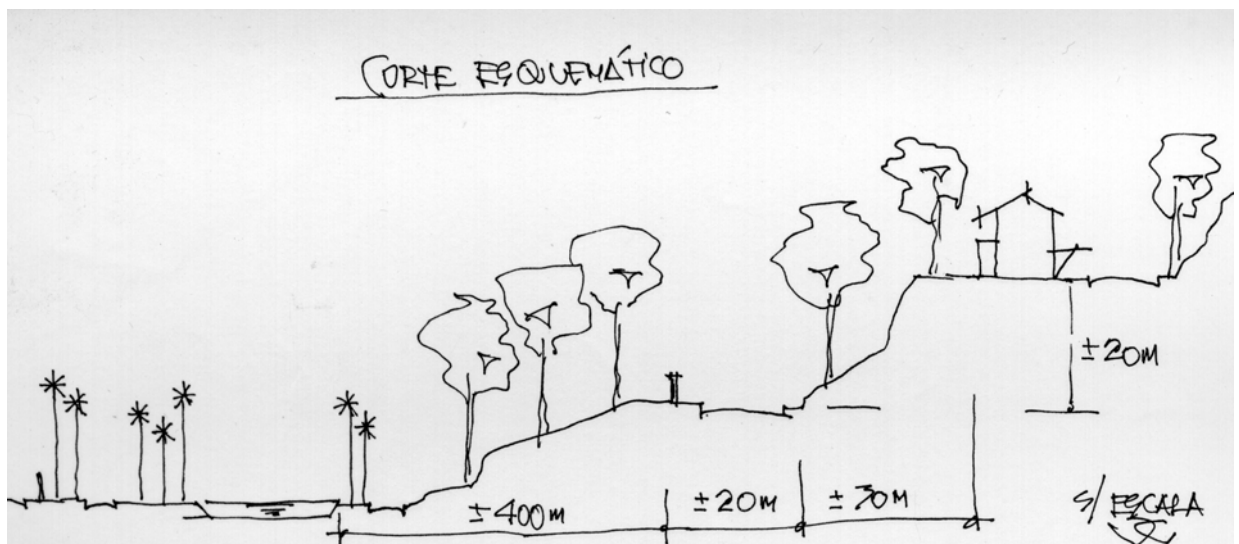


Figura 3 - Corte esquemático –Fonte: próprio autor (2003)

Eduardo Guinle era o proprietário de toda essa gleba de terra, que dava diretamente para o Parque São Clemente de propriedade da Municipalidade, e que hoje abriga o “Country Club”. Depois da urbanização, o local, ou seja, o bairro, passou a chamar-se Parque São Clemente.

O paisagismo do Parque data de 1818, de autoria de um arquiteto francês vindo ao Brasil, quando da chegada da Corte Portuguesa ao Brasil, em 1802. Trata-se de um Parque de paisagismo modelo francês, com integração perfeita ao meio ambiente, onde prepondera a presença da água, compondo um conjunto harmonioso, discreto e aconchegante.

É de se supor, que o “olhar” de Costa, tenha se detido a esse entorno magnífico, apoderando-se dele, de forma sutil e educada, que com certeza, passou a ser, um dos mais relevantes condicionantes do partido arquitetônico dessa obra emblemática.

Essa obra foi em 1985, declarada parte do Patrimônio Histórico e Artístico, por sua significação e, reconhecida como um marco da Arquitetura Moderna no Brasil.

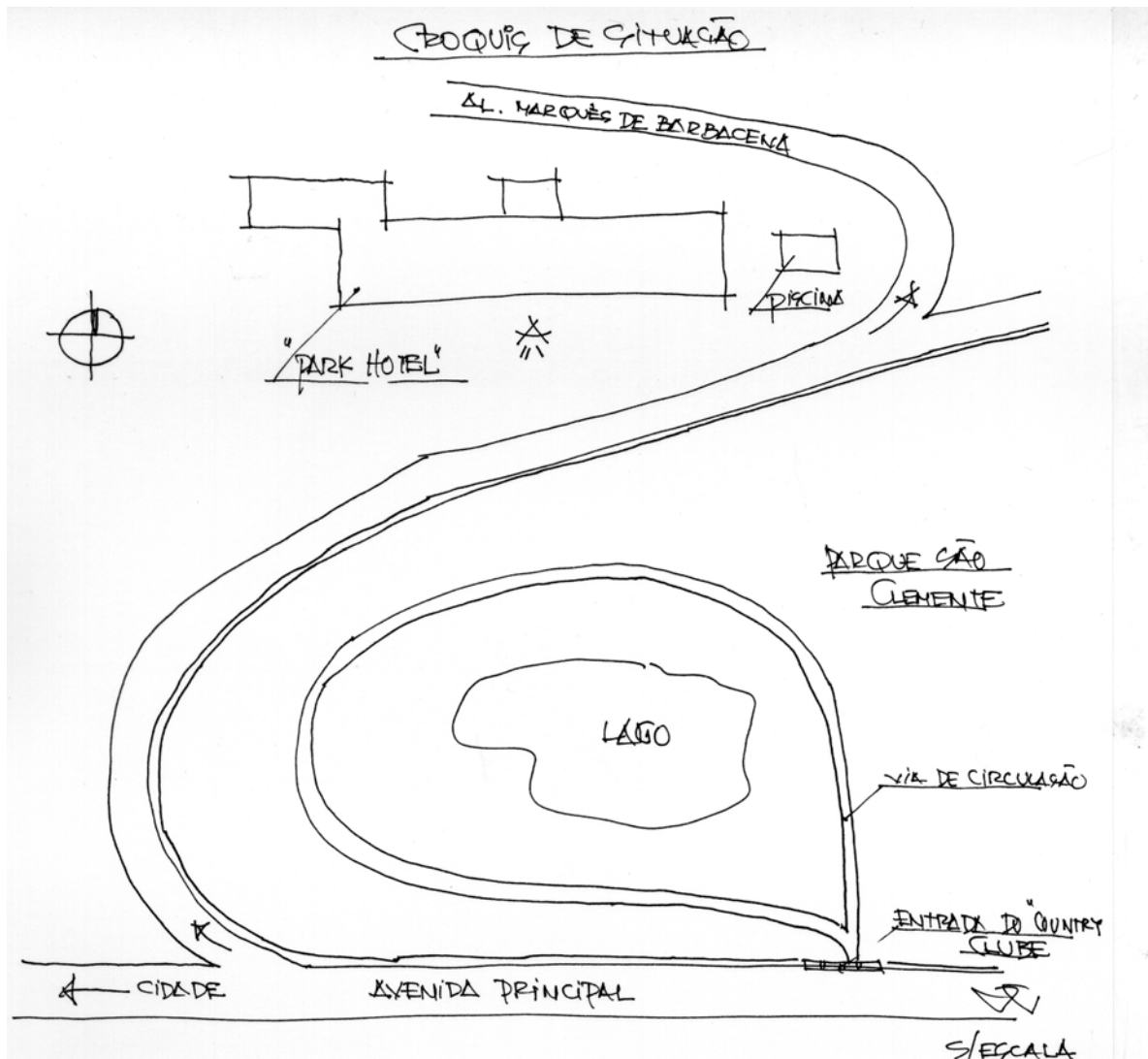


Figura 4 – Situação – Fonte: do próprio autor: (2003)





Figura 5– Vista interna do Parque – Fonte: do próprio autor (2003)

**“Um olhar” sobre o moderno e o tradicional: vinte e dois degraus os separam**

O projeto do Park Hotel desenvolve-se horizontalmente ao longo do plano do platô, em dois pavimentos: térreo e superior, com uma articulação perfeita, entre as diversas funções previstas e, devidamente satisfeita pelo autor, para o programa arquitetônico.

Segawa, em depoimento para o texto: *O risco Lúcio Costa e a utopia moderna*, fala que: “Lúcio Costa fez umas poucas casas, e geralmente casas não urbanas, ou melhor, sempre em terrenos com uma certa generosidade, quase caracterizando essas casas como sedes de fazenda” (WISNIK, 2003).

Em uma mesma obra, o autor consegue sintetizar o Movimento Moderno no pavimento térreo, com a singeleza da arquitetura colonial luso-brasileira do pavimento superior, elevando-a a uma Arquitetura de valor, que ele mesmo, já havia resgatado, através de suas viagens, principalmente à Diamantina como visitante e,



ao Rio Grande do Sul, nas Missões jesuíticas espanholas, como profissional do Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - SPHAN.

No pavimento térreo os principais princípios corbusianos como: os pilotis (através do emprego dos esteios em madeira de eucalipto roliço), a planta livre, a fachada livre janelas horizontais permeiam os diversos espaços.



Figura 6 – Vista do salão de estar - Fonte: do próprio autor (2003)

Uma questão instigante, que perdurou por um longo, foi a semelhança entre o esquema formal, das seções transversais dos projetos do *Park Hotel* - Nova Friburgo de Lúcio Costa (1944-45) e o *Grande Hotel* em Ouro Preto – de Oscar Niemeyer (1940).

O assunto foi plenamente resolvido, pelo depoimento de Lauro Cavalcanti para o filme (transformado em livro), referendado anteriormente, que explica: “Foi solicitado em 1939 pelo governo de Minas, um estudo para a construção de um hotel em pleno coração de Ouro Preto, a poucos metros da Casa dos Contos na época, o Lúcio Costa e o Oscar Niemeyer estavam em Nova York, construindo o Pavilhão Mundial. Rodrigo Melo Franco solicitou ao Carlos Leão que executasse o projeto que não contrastasse com o meio ambiente urbano no qual ele iria se inserir, imaginando um hotel com telhas de barro e uma tipologia que, de modo algum destoasse daquela lá da rua de Ouro Preto, onde ele seria localizado. (...) E, quando o Lúcio o examinou, teve muito temor de duas coisas: primeiro, o projeto fugia completamente da escala da arquitetura local, ficando avantajado em relação ao resto. E também pareceu ao Lúcio que significaria uma capitulação dos modernos aos neocoloniais, pois o Carlos Leão era um ” Arquiteto “ moderno. Então o Lúcio

solicitou ao Rodrigo que pedisse um estudo ao Oscar Niemeyer. Assim, o Oscar Niemeyer voltou ao Brasil e efetuou um primeiro projeto para Ouro Preto, um projeto radicalmente moderno, no qual, inclusive, havia uma laje plana – porque você chega a Ouro Preto por cima, e o Oscar pretendia fazer um gramado de modo que essa laje sumisse na paisagem. O Lúcio Costa fez sugestões para que esse projeto tivesse um maior diálogo com os materiais. Ele sugeriu o uso de telhado de barro, e também que o telhado cobrisse as varandas” (WISNIK, 2003).



Figura 7 – Grande Hotel de Ouro Preto (1940)



Figura 8 – Park Hotel (1944-1945)

Fonte: Bruand (1995).

Sob o enfoque do detalhamento construtivo, Costa prima pelo apuro e o rigor técnico na resolução dos detalhes construtivos, nos quais a singeleza, a simplicidade e a criatividade fundem-se de forma harmoniosa.



Figura 9 – Encaixe esteio/viga - Fonte: do próprio autor (2003).





Figura 10 – Esteio/sapata - Fonte: do próprio autor (2003).



Figura 11-Apoio pilares/ vigas de apoio da laje  
Fonte: do próprio autor (2003).



Figura 12 – União de vigas





Figura 13 – Sapata de concreto armado/encaixe pilar e viga - Fonte: do próprio autor (2003).



Figura 14 – Apoio pilar/viga - Fonte: do próprio autor (2003).



Figura 15 – Apoio pilares/laje do piso - Fonte: do próprio autor (2003).



Figura 16 – Fachada principal sudoeste - Fonte: do próprio autor (2003).



### *Epílogo*

*Quando o olhar se detém sobre essa obra, e tentado a fixar-se pela primeira impressão superficial, cutânea mesmo, afinal por que, essa obra causou tanta tensão, e tornou-se um marco da Arquitetura Moderna?*

*A resposta à medida, que esse olhar começa a permear o “espírito da obra”, explode em múltiplas facetas, tomando todo o espaço do imaginário do leitor, e aí o todo se materializa, rendendo loas à envergadura do seu criador, o mestre Lúcio Costa.*

*Ao se penetrar, no artefato arquitetônico, na recepção do hotel, Costa estabelece uma perfeita relação intermediária, através de três degraus, que descem para o salão principal, onde de forma impecável, implanta os quatro princípios no andar térreo.*

*Do salão, ascende-se a um patamar intermediário, e desse subindo-se mais dezenove degraus, totalizando-se: vinte e dois degraus, chega-se ao andar superior, onde retorna ao passado da arquitetura tradicional colonial luso-brasileira, do sistema esteio-e-viga, vedos em alvenaria, assoalho em tábuas largas ... um verdadeiro exercício de pura utopia, transformado em realidade pela genialidade de Lúcio Costa.*



## Anexo B: Entrevista gravada pelo autor com o arquiteto Marcos Acayaba

Em entrevista concedida em seu escritório, no bairro da Vila Olímpia (São Paulo, SP), no dia 14/11/01, é abordado o seu envolvimento com a edificação em madeira. Acayaba ainda discorre sobre seu processo de concepção projetual, bem como sobre o que, na sua opinião, pode ser entendido como uma obra arquitetônica em madeira. Sempre que possível, serão inseridos comentários no sentido de trazer informações adicionais ao exposto pelo entrevistado, pois o tempo de 56 minutos em que transcorreu a entrevista foi exíguo para tratar o assunto em detalhes. Por isso, ele gentilmente forneceu *in off* outra entrevista não gravada, passando informações, acompanhadas de farto material na forma de plantas e textos, para que se pudesse complementar o presente trabalho. A dinâmica da entrevista processou-se de forma a privilegiar os registros das informações a serem utilizadas a qualquer tempo por este trabalho, extraindo-se da parte gravada extratos das idéias do arquiteto. Os comentários nada mais são do que uma coletânea compilada nesta entrevista e posteriormente organizada, permeada pela vasta documentação fornecida pelo arquiteto *a posteriori*.

### Entrevista gravada

Primeira pergunta: O que o levou a construir em madeira?

Acayaba: *A minha primeira experiência com a madeira, com pranchões compostos, foi para um projeto de uma casa na Ilhabela, em 1973, em que a madeira foi usada no projeto de cobertura, através de pilares e vigas compostas de peroba, que sustentavam o telhado de cimento-amianto.*

*Até 1985, o uso da madeira em meus projetos não era freqüente, e restringia-se às resoluções estruturais, com madeiras roliças e serradas. Nesse período, de 1985-86, um colega, que tinha trabalhado comigo no meu escritório, foi também estagiário e aluno, e depois teve o seu próprio*

escritório, falou sobre um colega do Colégio Santa Cruz, que era engenheiro, trabalhava com madeira e estava fazendo a estrutura de uma fábrica, um trabalho interessante, e valeria a pena conhecê-lo. Era o Hélio Olga. Eu anotei, mas não o procurei, apesar de me ter dado o seu telefone. Achei interessante, mas o assunto parou por aí.

Posteriormente, surgiu a oportunidade de fazer um projeto em um terreno de topografia acentuada, no litoral. Achei que ficaria bem com estrutura em madeira, e lembrei do Hélio Olga. O projeto era para um cliente que tinha uma construtora, e trabalhava com concreto aparente, mas gostaria de uma casa em madeira. Disse a ele, que eu já tinha um desejo antigo de fazer alguma coisa em arquitetura japonesa tradicional, sou admirador dessa arquitetura tradicional. O terreno favorecia, e sugeri que levasse uns livros sobre isso, para mostrar a sua mulher. E disse: uma coisa, por aí, vai dar certo; eu sonhei em construir uma casa meio japonesa.

Depois de uma semana, ele voltou e disse: “O que vier por aí será bem-vindo, ficaremos muito contentes”. Nessa época, decidi procurar o Hélio. E calhou que, num sábado à tarde, o Hélio veio com um colega arquiteto, o Luiz Fernando Rocco, que estava com uns arquitetos franceses, para conhecer a minha casa. Foi engraçado, pois eu não me liguei quanto ao Hélio, e levei-os ao meu estúdio, que tenho em casa, e o Hélio pediu para ver outras obras, portfolios com os meus trabalhos. E se interessou por um quiosque que eu havia projetado em 1979, com uma estrutura com sucessão de balanços, peças de mãos-francesas inclinadas em V; era um ensaio, e ele achou interessante. Aí o Rocco falou: “Ele é um engenheiro amigo, faz estruturas em madeira, é o Hélio Olga”. Aí é que liguei os fatos. Foi uma surpresa, uma pura coincidência. Fizemos a tal casa japonesa. Essa casa japonesa foi a primeira experiência com o Olga. Ele produziu a casa na sua fábrica.

Trabalhava comigo, nessa época, um excelente projetista japonês, que fora aluno da FAU já havia uns 10 anos, não se formou, e que depois voltou ao Japão. Como eu tinha uns livros muitos bons de arquitetura japonesa tradicional (infelizmente só tenho um deles, o outro extraviou-se; eles tinham cortes, sucessão de levantamentos, detalhes construtivos, enfim um livro completo de arquitetura japonesa tradicional, popular, rural mesmo, de agricultores, pescadores, não a de palácios, uma coisa preciosa), então, nós fizemos esta casa japonesa. Foi uma experiência. Houve

*nesse processo várias coincidências interessantes, que resultaram nessa casa japonesa. O resultado foi bom. Essa casa deu uma série de filhotes no Guarujá, para amigos desse cliente e para outros clientes, e acabei fazendo nessa praia umas 15 casas, sendo 8 em madeira, inclusive a minha casa, com o Hélio, em um condomínio na Praia do Iporanga, no norte do Guarujá, perto de Bertioaga; isso há 15 anos, era na época uma praia virgem. Agora, neste momento, tenho duas casas de clientes no Iporanga: uma em construção e outra para começar. Devo estar hoje com umas 25 casas de madeira, cada uma com suas particularidades. O desenho tem a ver com as condicionantes do projeto; tem sido em caráter experimental, inclusive a casa do Hélio, que pode ser considerada um protótipo, um processo de investigação, e acabamos fazendo muita coisa juntos.*

*Esta é a minha chegada à madeira, esta é a minha origem. Não acho que a madeira seja a solução única: ela é uma das soluções, uma das alternativas construtivas. Não há uma cultura, em nosso país, em madeira, pois originariamente os jesuítas, no século XVI, também estavam indo para o Japão, e de lá trouxeram essa arquitetura, e implantaram aqui essa técnica construtiva, com algumas variações. É só notar que em Portugal praticamente não existia madeira: ao norte, muita pedra; e do Alentejo para baixo, até o sul, no Algarve, a predominância das alvenarias brancas, características do Mediterrâneo. Não existiam pilares ou esteios, uma peça ou outra. Não se viam e não se vêem estruturas de madeira, só a estrutura do telhado é feita em madeira.*

*A origem da arquitetura colonial no Brasil data do século XVI, foi trazida pelos jesuítas, e isso se nota nas construções de Ouro Preto. O que tem de fundação, pilares de madeira, esteios, pau-a-pique, estrutura do telhado com beiral tudo isso forma uma arquitetura popular corrente em madeira, com uma técnica construtiva trazida do Japão pelos jesuítas. Essa técnica vem até os séculos XVII e XVIII, e continua até hoje, em Minas Gerais, Goiás e Estados do Sul. A origem, tudo isso, é arquitetura japonesa popular.*

*A arquitetura moderna brasileira adotou o modelo de origem francesa, de Le Corbusier, e influenciou os arquitetos brasileiros, e importou que eles aplicassem a tecnologia do concreto armado na nossa arquitetura. Supondo-se que, em vez da influência de Le Corbusier, fosse a de Frank Lloyd Wright, sem dúvida o uso da madeira seria mais freqüente; se fosse Alvar Aalto,*

*também. O pessoal deixou de usar a madeira, apesar da sua abundância, com exceção do Sul do país; e isso é um absurdo, pois se a madeira não é a solução única, ela é uma alternativa atraente, se levarmos em consideração os aspectos de renovabilidade, a baixa energia para o seu processamento, e não implica destruição. A extração do minério de ferro, na periferia de Belo Horizonte, arrasa uma montanha inteira, apresentando uma paisagem de destruição. O mesmo se verifica com a areia usada no concreto, extraída do vale do Paraíba: o solo está esburacado, ou seja, ecologicamente comprometido, o pessoal não sabe como recuperá-lo.*

*Os países do norte da Europa, os EUA e o Canadá usam tecnologia de ponta, nas técnicas de trabalhar com laminados colados de madeira para peças usadas para grandes vãos, que ainda não temos no Brasil. E o que se pode fazer aqui? A madeira apresenta certas limitações de ordem dimensional, sendo difícil de se conseguir vãos muito grandes, excetuando quando se empregam treliças. Tem uma outra coisa, voce não tem garantia que ela não deforme ao longo do tempo, ao contrário do aço, que não se deforma. O concreto também deforma, em menor escala. Há uma limitação de ordem dimensional da madeira, uma deformação progressiva, devida aos esforços a que está submetida. A madeira apresenta problemas com compressibilidade. Eu vejo isso na minha casa do Guarujá. Ela tem tem só três pontos de apoio, possui balanços sucessivos, e em um determinado pano de piso, na área de maior concentração de cargas mais acentuadas, em que se encontram as caixas-d'água, uma marquise, apresenta uma deformação por compressão progressiva, diferente de outras áreas, e isso causou um leve desnivelamento do piso, perceptível somente, quando se coloca sobre ele um lápis ou uma bolinha de vidro; há um movimento de rolamento destas peças. Não se tem como se evitar isto. Já conversei com o Hélio sobre isso, e ele chegou à conclusão de que é da própria especificidade da madeira. Idealmente, quando se corta a mão-francesa, ela encaixa na viga, estariam em contato no mesmo plano, mas isso não ocorre. Na hora da montagem, quando há contato entre um ou dois pontos, ocorre o descarregamento das cargas em determinados pontos, e ocorre o esmagamento desses pontos, em função dessa irregularidade. Nesse momento, ela está geometricamente correta. Com o tempo, a carga flui para os outros pontos, isto é, ela vai trabalhando aos poucos, causando essa deformação por*

*compressão progressiva, ao contrário da estrutura metálica, que é de imediato. Essa é uma questão que impõe certas restrições ao uso da madeira, ao contrário da construção em aço.*

#### Comentários do autor:

##### Casa para o cliente: Luiz Villares em Ilabela (1973)

Pode-se perceber, pelas plantas e informações adicionais fornecidas pelo arquiteto, e o corte abaixo mostra com clareza, que a casa foi implantada em um terreno com declividade acentuada, que desce “*da estrada até junto ao costão e às pedras que margeiam o canal*”. Conforme Acayaba, se considerada “*a topografia, a vegetação e a paisagem existente, o programa de necessidades foi atendido numa construção térrea, que se acomoda ao terreno com terraplenagem mínima. A preocupação com a preservação foi fundamental na concepção do projeto: tanto na organização do programa em volumes, que acompanham as curvas de nível e a modulação da planta de coqueiros existente, quanto no caminho de acesso ao mar, onde árvores e pedras sugerem paradas de descanso*”.

A revista *Casa e Jardim* número 282, de julho de 1978, às páginas 84 a 89, no artigo “A Natureza como fator preponderante”, enfocando o tópico “Áreas bem definidas”, discorre sobre a distribuição dos ambientes da casa: “*Nitidamente, a casa divide-se em dois blocos, interligados pelo galpão central, um local agradável para churrascos . À esquerda deste alpendrado, situa-se a área íntima, organizada a partir de uma larga galeria. No primeiro dormitório, nota-se a possibilidade de uma distribuição bastante livre de mobiliário; nos dois seguintes, o espaço já foi previsto para comportar, em cada um, dois beliches e um armário baixo, ao longo de toda a parede*”.

Esse primeiro bloco ou ala, que compõe a área íntima, situa-se à esquerda de quem chega, e articula-se de forma magnífica com a outra ala, à direita, a área social e de serviços, ambos organizados com rigor projetual, por meio de um pátio coberto, que atua como uma área de concentração e ao mesmo tempo de

distribuição, onde tudo converge de forma bastante natural. A cozinha, de dimensões generosas, integra-se perfeitamente ao restante das funções, guardando para si a intimidade requerida. A resolução do pátio coberto atende de forma brilhante o programa arquitetônico proposto, de convergência, concentração e lazer, podendo ser utilizada a qualquer tempo, vistas as mudanças climáticas, constantes e inesperadas, que ocorrem na região. Um outro aspecto, de primordial importância, salientado por Acayaba é o da circulação cruzada do ar, tornando o ambiente permanentemente agradável, conseguida pela criação de um espaço entre o forro e as telhas de amianto, tradicionalmente quentes, e que fariam com que o ambiente se tornasse difícil de se habitar. Mas este espaço ventilável, com fechamentos nas extremidades, em telado de cobre, é que permite a circulação, tão requerida nestas condições. É um sistema eficiente, que dispensa a instalação de ar-condicionado, solução antinatural, não recomendada e não aplicada por Wright, nas suas brilhantes soluções, nas casas de madeira: usonian huses.

Acayaba inseriu nessa obra a madeira, a pedra e a alvenaria de forma harmônica, aproveitando o que de melhor cada material poderia oferecer para um todo criativo, racional e belo.





Figura Anexo n. 1-Implantação – Fonte: arquivo do arquiteto (2001).

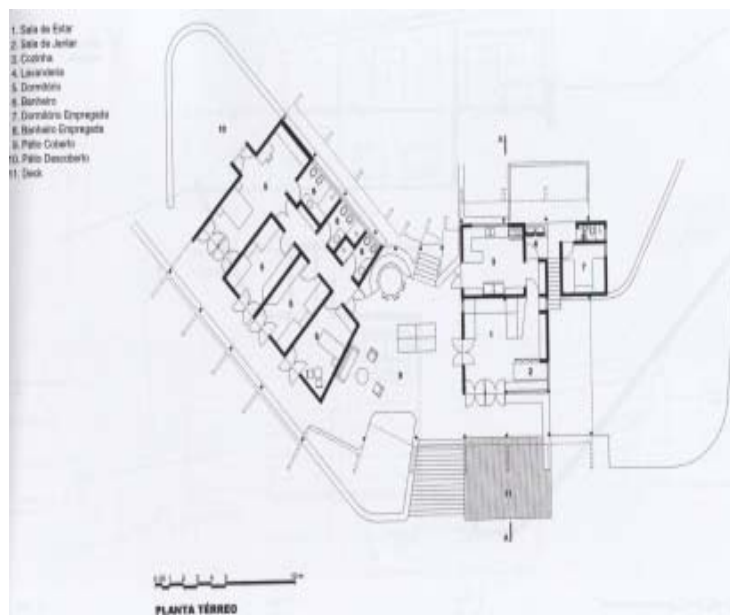


Figura Anexo n. 2 – Planta térreo- Fonte: arquivo do arquiteto (2001).

### Casa japonesa no Guarujá (1986)

A casa japonesa construída no Guarujá saiu na revista *Arquitetura & Construções*, número 7, de agosto de 1991, às páginas 2, 28-37, com o título “Paz e harmonia brindam a natureza”, inspirada na arquitetura japonesa, para contemplar o mar. A arquitetura é de Marcos Acayaba; o paisagismo, de Sakae Ishii e Reinaldo Cabral; e a construção ficou a cargo da Construtora Dumez.



Figura Anexo n. 3 – Fonte: arquivo do arquiteto (2001).

### Quiosque (1979)

O quiosque a que Marcos faz menção localiza-se em Itupeva, SP. Seu proprietário é Elie Lisbona, o ano de projeto é 1979 e o período de construção, 1980.



Figura Anexo n. 4 – Fonte: arquivo de arquiteto (2001).

Segunda pergunta: Como acontece o seu processo de concepção do projeto arquitetônico: há nesse processo algo inerente à madeira?

Acayaba: *Não. Quando eu tenho uma encomenda de um cliente, em primeiro vem o lugar, a geografia própria, a topografia, a paisagem, o clima e a maior ou menor facilidade de chegar o material ao local, mão-de-obra boa; são as condições do lugar. Em segundo, vem o programa do cliente, suas necessidades. A partir daí, faço uma análise do programa versus as condições do lugar, se vai ser mais ou menos fácil, o que eu chamo de “estratégia de obra”, ou “estratégia para realizar a obra”, que envolve muita coisa, e inclui a técnica construtiva.*

*De que forma o canteiro de obras vai ser implantado, o local, o espaço disponível em pequenos terrenos urbanos, enfim toda a logística envolvida. Seja qual for a opção, tenho liberdade para desenvolver o projeto, imposta por mim. Como tenho dito em palestras, é uma bússola que orienta a concepção do projeto, mas não vai impor nada, e pode variar de rumo, é evidente, pois vai depender de como as coisas vão acontecendo.*

*“Se a opção for a estrutura de madeira, eu tenho que trabalhar com limites para elaborar o projeto; se eu tenho vãos grandes, vou trabalhar com treliças. Eu procuro ser lógico e racional na*

*elaboração do projeto. Quero cada coisa que entre no desenho seja absolutamente necessária, não deve haver nada superfluo; deve ser enxuto, nada sobrando, ao nível da função, do espaço, do conforto; eu quero que seja assim. Seja que material trabalhe, o tempo todo, numa conversa comigo mesmo: isto é uma besteira, qual é maneira mais correta, mais direta e mais simples de resolver o problema? É uma exigência que eu me imponho.*

*Para mim, esse procedimento tem resultado em coisas bonitas, que eu acho e as pessoas também acham. Eu não procuro a beleza, ela é consequência de uma projeto bastante lógico, segundo Lúcio Costa. A arquitetura é antes de mais nada construção, mas com uma certa intenção; eu também acredito nisso. O Lúcio Costa, mais adiante, em seus textos, diz que o arquiteto, enquanto técnico, tem dois caminhos a seguir: é isso ou aquilo, e são tecnicamente equivalentes; aí o arquiteto, como artista, decide. O arquiteto, enquanto artista, decide o que melhor lhe parece. São decisões de projeto, acaba sendo uma obra de arte, mas consequência de um raciocínio, que eu pretendo lógico e muito rigoroso. Essa é a minha proposta: não acho que o material limite o projeto, isso para a forma de eu criar.*

*No momento, existe um concurso para um projeto patrocinado pela Usiminas, e tem que ser em estrutura metálica. E, conversando com um colega arquiteto, como ele acha que a forma vem antes, com a estrutura metálica não vai poder fazer curva, não dá para fazer uma coisa bonita, não vai participar, pois acredita que é uma condicionante de projeto, que tolhe sua capacidade criativa. A forma vem antes, a forma resolve o problema como um passe de mágica. Assim, como ele, outros pensam da mesma forma.*

Terceira pergunta: O que você entende por arquitetura em madeira?

Acayaba: *Na minha concepção, o primeiro fator a considerar é a modulação, ou seja, a padronização dimensional, peças que se repetem; isso implica uma modulação.*

*Em segundo, implica também uma trama estrutural, com muitos apoios, vigas, barrotes; são peças articuladas, contínuas. A madeira não solidariza a estrutura, é uma material em continuidade. O que acontece com a madeira é que as peças passam os esforços de uma para as outras, resultando assim uma nitidez de desenho: você olha e você vê, os esforços vão caminhando de uma peça para outra, caracterizando o que segura o quê. Essa trama acaba sendo uma base*

*geométrica, voce não pode escapar dela. Eu tenho usado o módulo estrutural, a trama triangular, a ortogonal e a quadrada. Deve-se considerar essa trama como uma organização projetual. O Wright usa o termo "grid", ele parte da idéia de crescimento, de coisa orgânica; para você projetar em madeira, tem que ter em mente essa organização.*

*Optar por um grid, organizar o seu projeto, que vai privilegiar essa trama estrutural, é uma necessidade. Essa figura fica à mostra e é a cara do projeto. Eu assumo isso, não consigo esconder essa estrutura, envelopá-la; senão, no meu modo de pensar, há uma perda expressiva, de expressão da obra.*

### **ANEXO C: Repertório de algumas obras de autoria e execução do próprio autor**

Algumas obras do próprio autor são inseridas, com a devida aquiescência do orientador desse projeto de Pesquisa, Professor Doutor Arnaldo Antonio Martino, tendo a finalidade de mostrar seu caminho profissional, do concreto à madeira.

A influência paterna foi marcante nesse trajeto, acentuada pela relevância no dia a dia de uma marcenaria.

A madeira, a princípio, foi empregada pelo seu uso convencional incorporado à construção, isto é, como elemento portante de cimbramento, e posteriormente de forma mais apurada como acabamento e decoração, através da execução e colocação de: lambris, cimalthas, forros tipos saia-e-blusa, tábuas largas sobre barrotes, revestimentos de beirais e como na confecção de cozinhas, armários embutidos, revestimentos de beirais e mesmo, camas, cadeiras, entre outros.

São apresentadas informações de projetos de obras de diferentes usos, não obedecendo necessariamente a uma ordem cronológica e, quando conveniente ao texto, se explicitam, projetos com representação gráfica através de plantas, cortes e fachadas, ou ainda apenas, documentações iconográficas adicionadas como forma de esclarecimentos.

O escopo dessa apresentação não passa pelo rigor das informações nos níveis desejados para a contextualização de um projeto, como forma de apresentação usual e formal, ao mesmo tempo, não tem a pretensão de analisar as obras apenas, tendo a preocupação apenas de ser um meio básico de informação, sem nenhum outro caráter ou intenção.

Nas figuras, caso necessário, faz-se comentários com algumas particularidades projetuais, executivas, de insolação e mesmo de características topográficas, que eventualmente possam ser úteis à compreensão do texto. Em alguns casos, foram



inseridas informações adicionais para uma maior clareza do texto, no próprio corpo da numeração da figura correspondente.

Também fazem parte dessa seleção detalhes construtivos de obras, onde a madeira foi empregada como material eminentemente de acabamento e decoração, compondo essas obras um repertório, que forma um acervo de mais de setenta obras, entre novas e reformas, ao longo de trinta anos de profissão como arquiteto por escolha, e engenheiro por formação.

Por fim, culmina com um projeto inteiramente em madeira, pensado no convencional *sistema estrutural poste-e viga*, por razões fortuitas não executado, na Praia de Toque Toque Pequeno, no Condomínio Gruta das Lagostas em São Sebastião/SP, vindo posteriormente a desembocar nesse presente Projeto de Pesquisa: **SET 2M**.

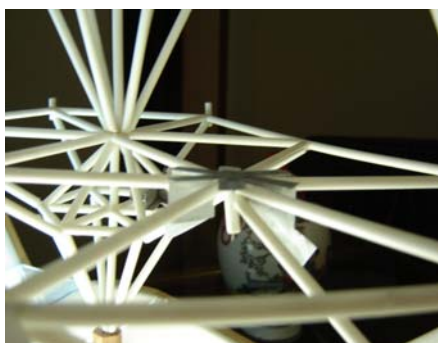


Figura 1 – Detalhes do “diamante” e laje do SET 2M de sua maquete na escala 1:50 feita em tubinhos de plástico de 04 mm feita pelo próprio autor – Fonte: foto do próprio autor (2005)

Esse Projeto revelou um desejo de se pensar em uma obra enquanto entendida como *obra em madeira*, ou seja, o sistema estrutural ser em madeira, e a predominância do emprego desse material no conjunto da obra. A concepção de um sistema estrutural teve a pretensão de ser inédito, otimizando o uso da madeira com o que ela tem de melhor.

Destaca-se entre as inúmeras qualidades da madeira, entre outras: 1) a possibilidade de implantação em sítios com mínimo impacto ambiental; 2) a necessidade de quantidade irrelevante de energia para sua produção ao compará-la

com outros materiais, revelando-se altamente competitiva e atraente, quando extraída por meios sustentáveis, onde esses atributos posicionam a madeira como um material relevante e de excelência nas construções civis.

Acrescem - se a essas qualidades, sua farta e generosa disponibilidade em solo brasileiro, colocando a madeira em nível de igualdade de competitividade com outros materiais, somando-se a essas características seu aspecto diferencial de ser renovável e ainda, um elemento relevante no seqüestro de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

## 1. Obras selecionadas

### 1.1 Edifício Residencial Lápis Lazuli

Obra	Tipo	Local / Area do terreno	Área total m <sup>2</sup>	Área útil m <sup>2</sup>	Alvará:PMSP	Funções: descrição sucinta
<i>Edson Antonio Dias e outros (1990)</i>	Edifício Residencial: 01 ap. por andar, construído sob o regime de construção a preço de custo	Rua Rodésia, 355 V.Madalena - Capital/SP. A <sub>T</sub> = 800m <sup>2</sup>	3.487,10	204	4000301901	03 suites, sala de home theater, sala de estar, sala de lareira, churrasqueira, lavabo social, cozinha, A S, quarto de empregada, adega/despensa, 04 vagas de autos, depósito, salão de festas com fitness, piscina comum, vestiário, sauna e play-ground.
Responsabilidade profissional: autoria do projeto e administração direta de obra (firma contratada: <i>DG Design Arquitetura e Construções Ltda – Titular: Décio Gonçalves</i> )						

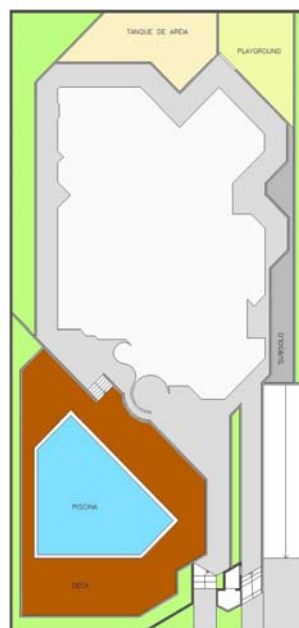


Figura 2 – Planta digitalizada do térreo (2006)

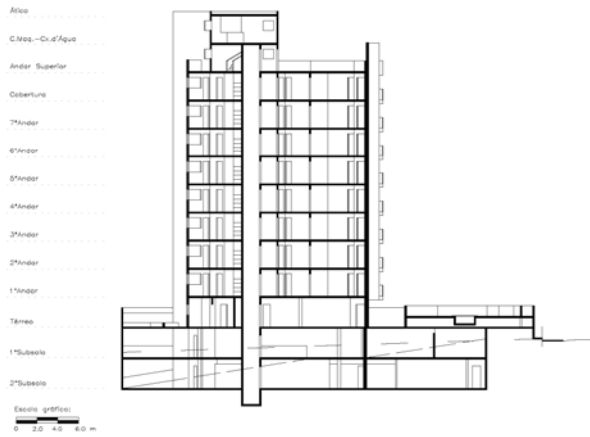


Figura 3 – Planta digitalizada do corte longitudinal (2006)



Figura 4 – Planta digitalizada do pavimento tipo, apresentando uma das possíveis resoluções, em virtude de apenas três pontos estruturais de apoio em seu interior: (1) estúdio/jantar e (2) dutos de elevadores: social e serviço (2006)



Figura 5 – Foto da sacada externa, mostrando o forro tipo macho-e-fêmea em madeira marfim (à esquerda) e, da sala de estar revestida com tábua larga, em ambas madeira marfim de 10 cm – Fonte: foto de Luiz Carlos Massis (2002)



Figura 6 – Vista da fachada principal – Fonte: foto do próprio autor (2004)



Figura 7 – Fachada lateral esquerda, de quem vê da Rua Girassol – Fonte: foto do próprio autor (2004)



Figura 8 – Sucessão de balanços de sacadas nas fachadas - Fonte: foto do próprio autor (2004)

## 2.2 Edifício Residencial à Rua Luminárias n. 274

Obra	Tipo	Local / Área do terreno	Área total m <sup>2</sup>	Área útil m <sup>2</sup>	Alvará:PMSP	Funções: descrição sucinta
<i>Laércio Augusto da Costa e outros (1989)</i>	Edifício Residencial: 01 ap. por andar, construído sob o regime de construção a preço de custo	Rua Luminárias, 274 V.Madalena - Capital (SP). A <sub>T</sub> = 680 m <sup>2</sup>	2.716,50	171,90	40005398992	03 suites, sala de estar, sala de lareira, lavabo social, cozinha, A S, quarto de empregada, adega / despensa, 03 vagas de autos, depósito, salão de festas, piscina comum, vestiário, sauna e playground.
Responsabilidade profissional: autoria do projeto e administração direta de obra (firma contratada: <i>DG Design Arquitetura e Construções Ltda – Titular: Décio Gonçalves</i> ) A responsabilidade pela execução da obra cingiu-se a: serviços de terraplanagem, fundações (tubulões a céu aberto e baldrames), cimbramento, concretagem e desforma das lajes: 1º. sub-solo e térreo).						





Figura 9 – Planta digitalizada do andar tipo, apresentando uma das possíveis resoluções, em virtude de apenas dois pontos estruturais de apoio em seu interior: (2) dutos de elevadores: social e serviço (2006)





Figura 10 – Planta digitalizada do térreo (2006)

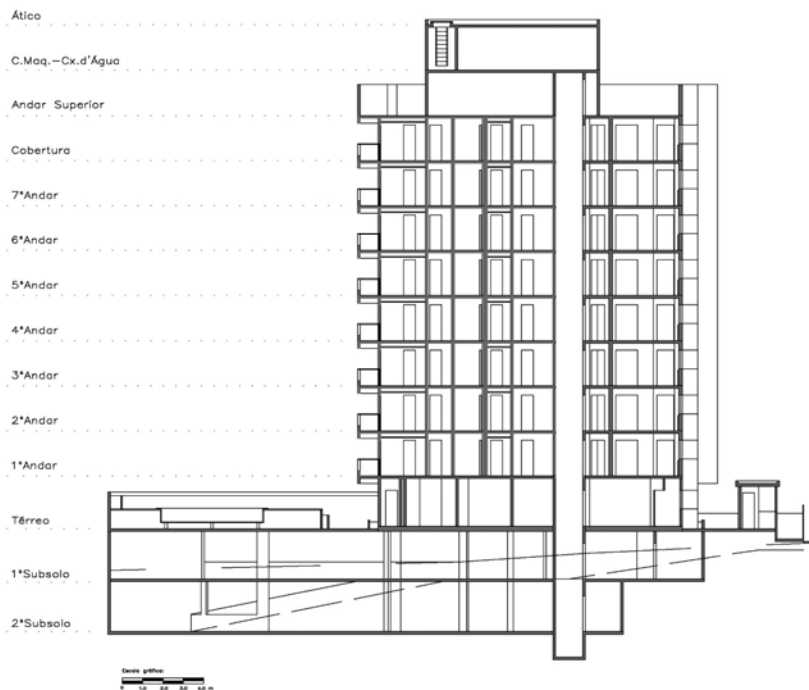


Figura 11 – Planta digitalizada do corte longitudinal (2006)

**2.3 Obra: Paulo de Oliveira M. da Costa**

Obra	Tipo	Local / Área do terreno	Área total m <sup>2</sup>	Área útil m <sup>2</sup>	Alvará:PMSP	Funções/descrição sucinta
Paulo de Oliveira M. da Costa (2002)	Residência unifamiliar	Rua André Dreyfus, 303. A <sub>T</sub> = 181 m <sup>2</sup>	272,35		2002/31436-00	03 suites, sala de home theater, sala de estar, sala de lareira, lavabo social, cozinha, A S, despensa, 05 vagas de autos, depósito, piscina no solarium
Responsabilidade profissional: autoria de projeto e fiscalização de obra						

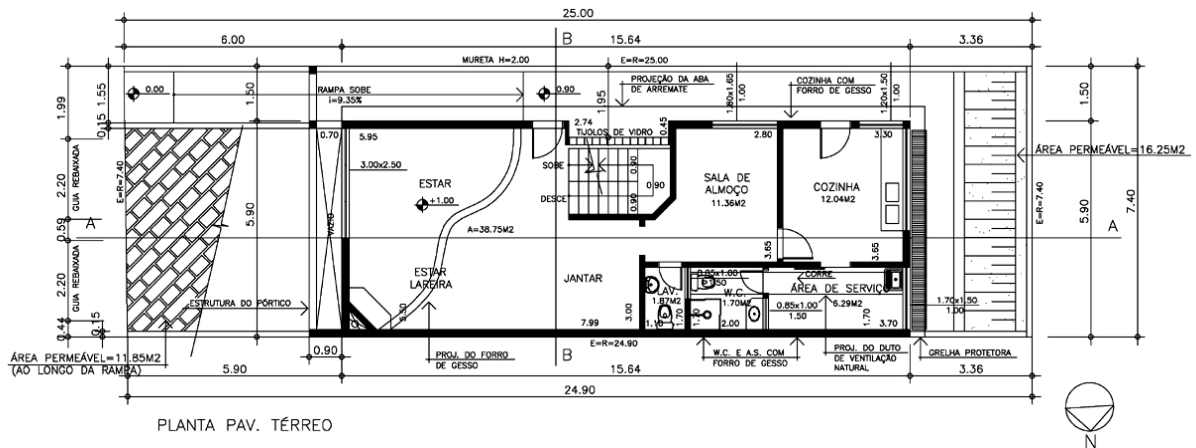


Figura 12 – Planta do térreo (2004)

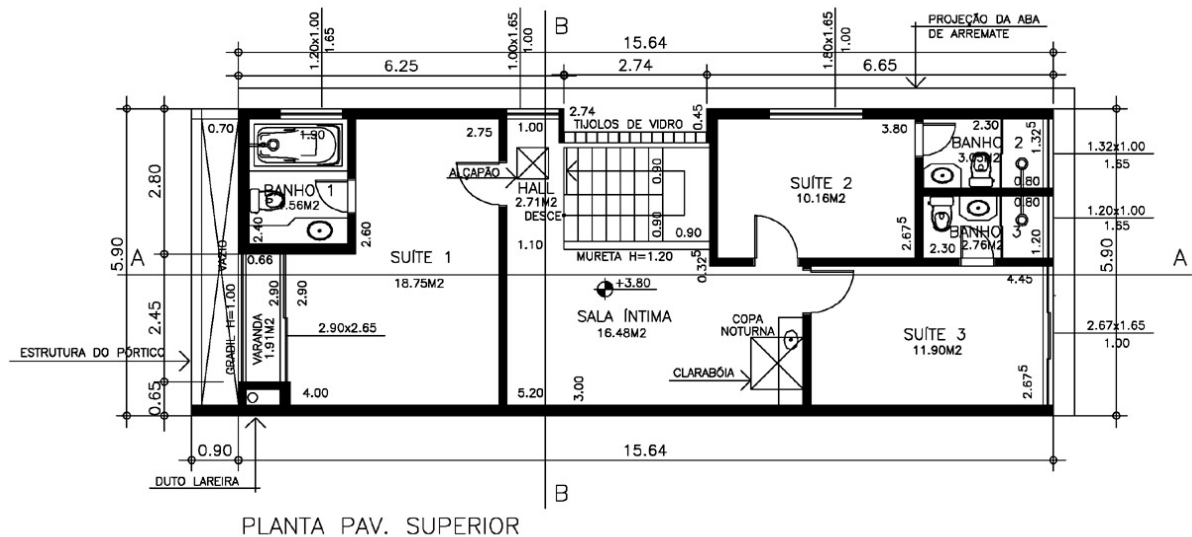


Figura 13 – Planta pav. superior (2004)

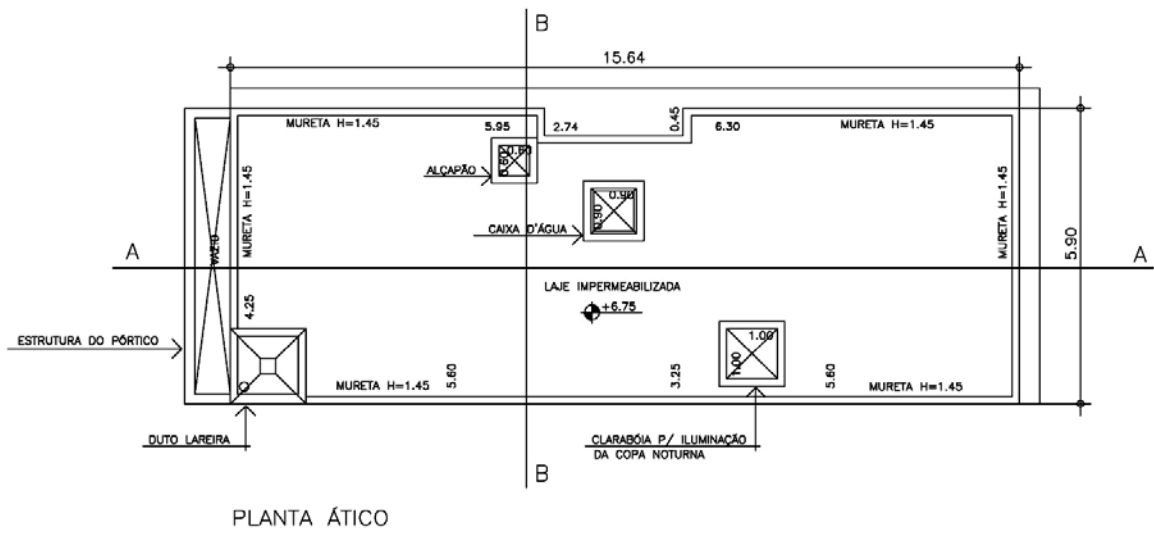


Figura 14 – Planta ático (2004)

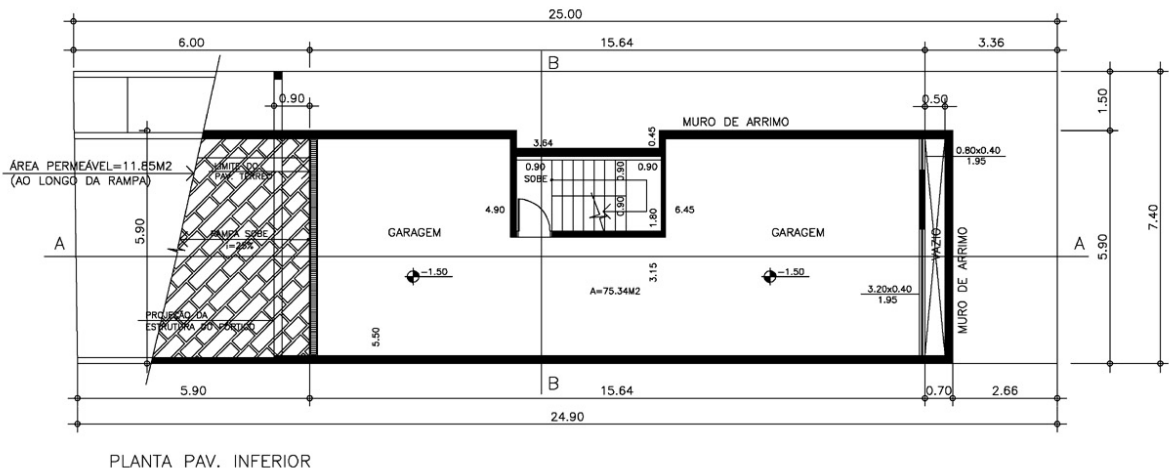


Figura 15 – Planta pav. superior (2004)

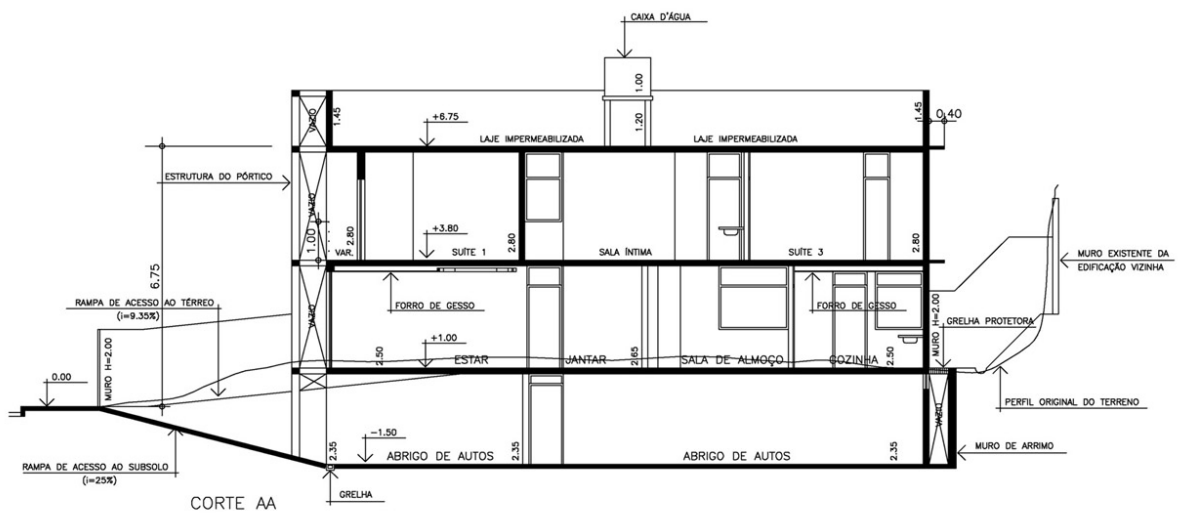
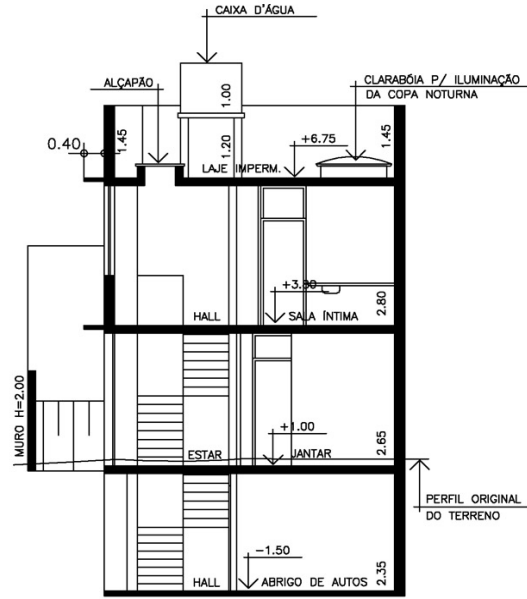


Figura 16 – Corte longitudinal (2004)



CORTE BB

Figura 17 – Corte transversal (maio de 2006)

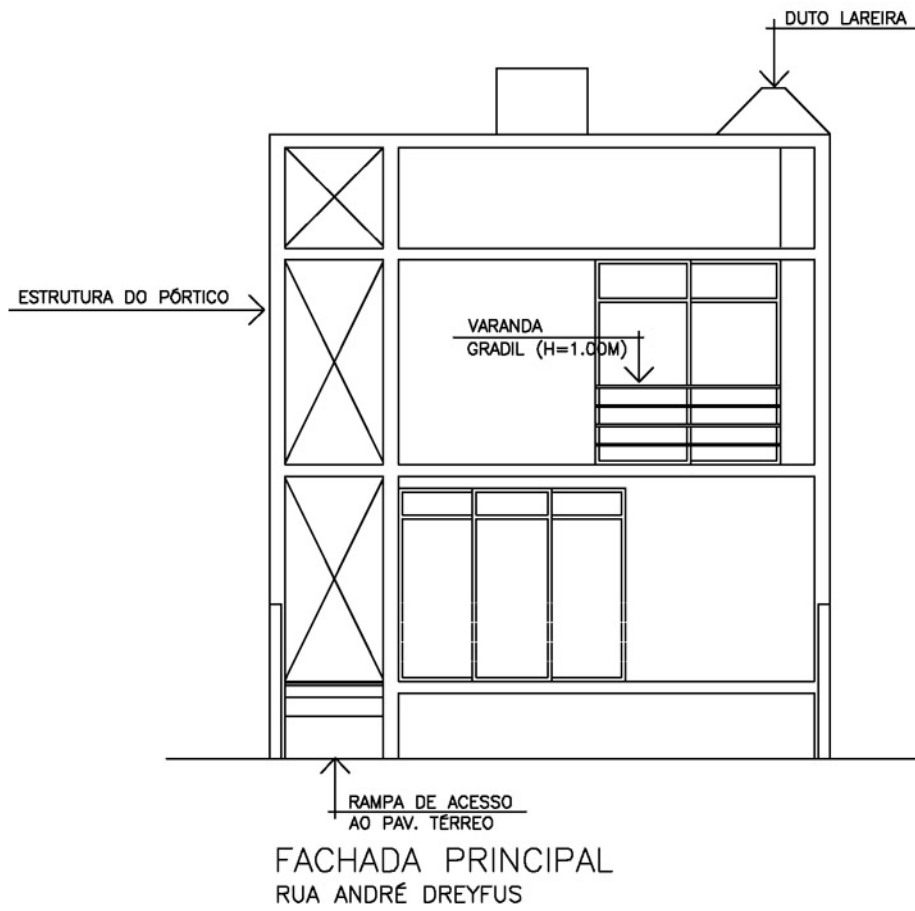


Figura 18 – Fachada principal (maio de 2006)



Figura 22 - Parede alta de tijolos de vidro (à esquerda) no duto das escadas e, ao fundo acesso à piscina pré-fabricada em vinil, bem como à direita dessa vista, o duto coberto das escadas (à direita) – Fonte: foto do próprio autor (maio de 2006)

#### 2.4 Obra: Roberto Maurício

Obra	Tipo	Local / Área do terreno	Área total m <sup>2</sup>	Área útil m <sup>2</sup>	Alvará:PMSP	Funções: descrição sucinta
<i>Roberto Maurício (1986)</i>	Residência unifamiliar	Rua Saldanha da Gama n. 603 Alto da Lapa – City / Capital (SP) A <sub>T</sub> = 1560 m <sup>2</sup>	872			05 suítes, sala de home theater, 05 banhos, sala de estar, sala de lareira, lavabo social, cozinha, A S, 02 quartos de empregada, adega / despensa, 08 vagas de autos, depósito, salão de festas, piscina, vestiário, sauna e play-ground, churrasqueira.
Responsabilidade profissional: autoria do projeto e administração indireta de obra						

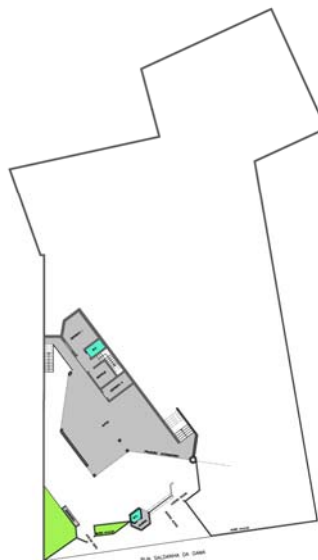


Figura 23 – Planta digitalizada do pav. inferior – nível + 0,40 m(2006)



Figura 24 – Planta digitalizada do pav. intermediário – nível + 3,40 m (2006)



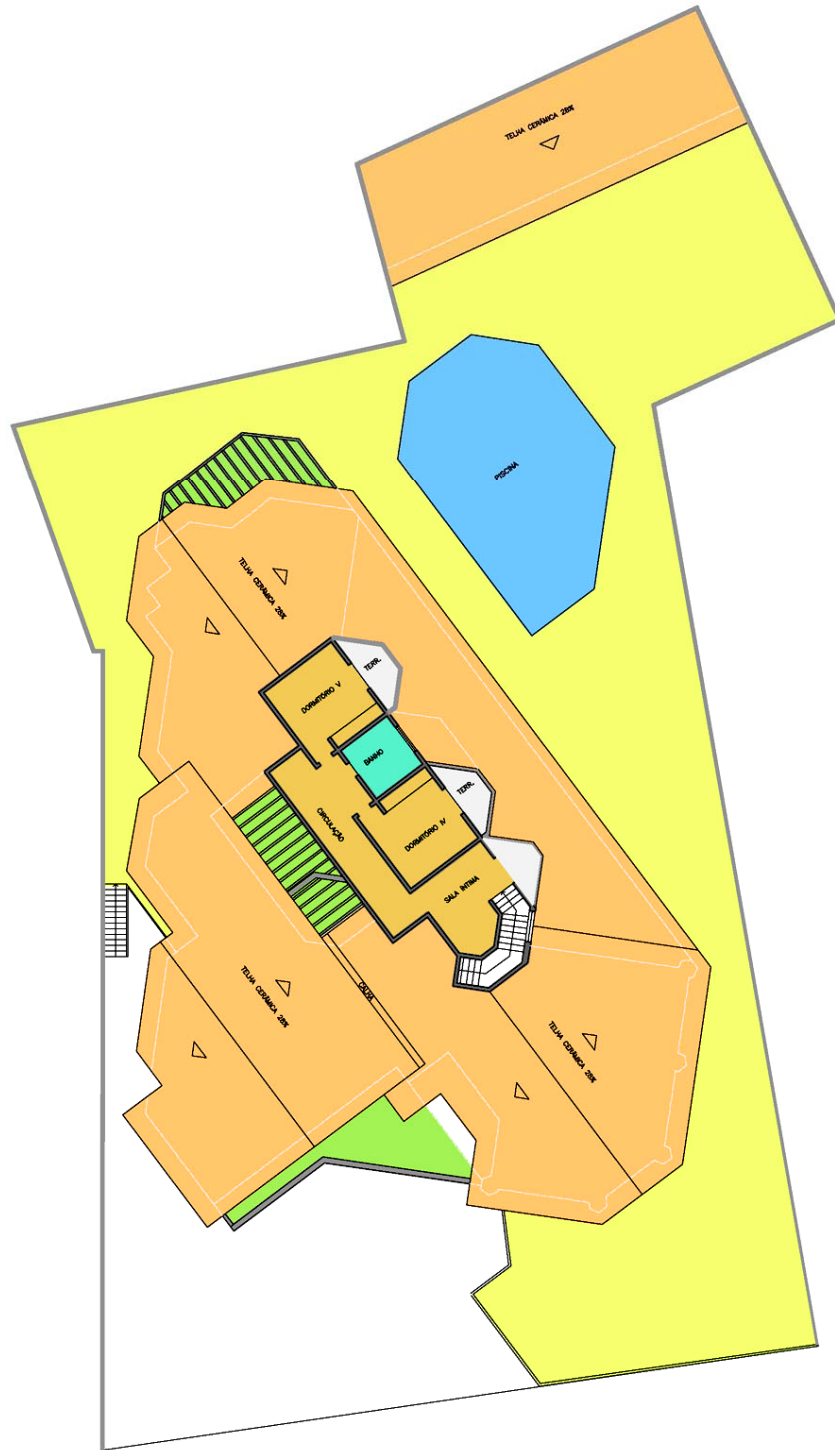


Figura 25 – Planta digitalizada do pav. superior – nível +6,60 m (2006)



Figura 26 – Vista da fachada principal – Fonte: foto de Wellington Garcia (2006)



Figura 27 – Vista da fachada principal, vendo-se o abrigo de autos (a cor original das alvenarias era branca) –  
Fonte: foto do próprio autor (2006)





Figura 28 – Vista da piscina e do alpendre, que guarnece os dormitórios no pav.intermediário – Fonte: foto do próprio autor



Figura 29 – Vista da sala de estar, vendo-se ao fundo o alpendre e a piscina (à esquerda); sala rebaixada da lareira (lareira feita em pedra sabão, executada pela firma Paglioto Com. Ltda e composta por viga transversalem madeira mogno) (à direita) – Fonte: foto do próprio autor (2006)



Figura 30 – Vista do alpendre ao longo dos dormitórios no pav. Intermediário. As colunas em madeira freijó são fixadas sobre o piso a 10 cm de altura, através do chumbamento de um tubo de cobre de 40 cm (aterrando-o 25 cm no solo e introduzindo-o em um orifício de 15 cm de profundidade na madeira, orifício esse feito com serra copo) – Fonte: foto do próprio autor (2006)



Figura 31 – Sala de estar com estrutura em metálica (pilares e telhado). Do exterior e visto de um ponto mais alto, visualmente remete a uma “asa delta” pela sua forma. Os pilares (ao fundo são envelopados por tijolos aparentes na forma de um hexágono) – Fonte: foto do próprio autor (2006)



Figura 32 – Vista de um pilar metálico hexagonal revestido com tijolos aparentes (esse, particularmente serviu também para duto de lareira) – Fonte: foto do próprio autor (2006)





Figura 33 – Vistas do alpendre para os dormitórios – Fonte: foto do próprio autor (2006)



Figura 34 – Vistas da paineira elevada a 05 m em relação ao pav. Intermediário (nível + 3,40 m). Essa e as outras três paineiras existentes permaneceram em seu lugar na topografia original do terreno. À época, já datavam para mais de trinta anos, havendo uma preocupação em mantê-las intactas. Para adequar-se a topografia original às necessidades projetuais, houve necessidade de serviços de terraplanagem (havia no local uma casa que foi demolida e que se encontrava ao nível de 08 m em relação ao meio fio). Conseguiu-se esse intento através da execução de inúmeros tubulão a céu aberto ao longo das divisas do lote, os quais foram revestidos com cintas de concreto armado, do piso à parte inferior do tronco da paineira – Fonte: foto do próprio autor (2006)

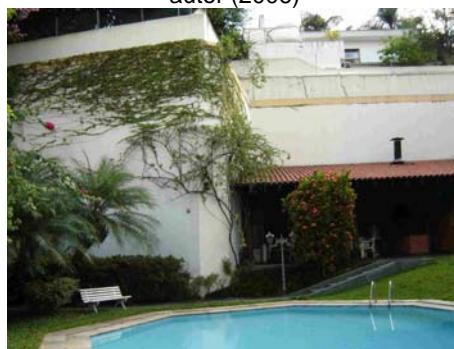


Figura 35 – Vista da piscina, tendo ao fundo a churrasqueira e o muro de arrimo de mais de 05 m de altura, suportado dor tubulões a céu aberto. A churrasqueira encontra-se no nível + 4,40 m– Fonte: foto do próprio autor (2006)



Figura 36 – Nesse projeto, a insolação determinou, por assim dizer, o partido arquitetônico. Terreno irregular, com um grande e volumosa massa construída à direita de quem olha o lote da rua, a resolução passou por deslocar-se à construção para a esquerda privilegiando a insolação da piscina e dos dormitórios (face norte). O lote encontra-se nesse trecho da rua Saldanha da Gama com seu eixo transversal, praticamente voltado para o norte magnético – Fonte: foto do próprio autor (2006)



Figura 37 – Vista da face sul onde estão dispostas a cozinha e área de serviço (o recuo lateral de 2,00 m é o estabelecido pela Companhia City) – Fonte: foto do próprio autor (2006)

## 2.5 Edifício Residencial Villaggio Paradiso

Obra	Tipo	Local / Área do terreno	Área total m <sup>2</sup>	Área útil m <sup>2</sup>	Alvará:PMSP	Funções/descrição sucinta
<i>Doutor Nestor Ângelo Sampaio e outros (1986)</i>	Edifício Residencial: 02 ap. por andar, construído sob o regime de construção a preço de custo	Rua Iperó,63 V. Madalena – Capital/SP A <sub>T</sub> = 1.180 m <sup>2</sup>	4.800	135		03 suites, sala de estar, sala de lareira, lavabo social, sala de lareira, cozinha, A S, 01 quartos de empregada, adega / despensa, 03 vagas de autos, depósito, salão de festas, piscina comum, vestiário, sauna e playground.
Responsabilidade profissional: autoria do projeto e administração direta de obra. (firma contratada: <i>DG Design Arquitetura e Construções Ltda – Titular: Décio Gonçalves</i> )						





Figura 38 – Fachada principal. O terreno apresentava uma declividade favorável à implantação de dois sub-solos sem necessidade de serviços de terraplanagem. A fachada posterior do edifício é face norte – Fonte: foto do próprio autor (2006)



Figura 39 – Vistas da fachada principal, de quem vê, da magnífica praça em frente à obra (2006)

## 2.6 Edifício residencial Turmalina

Obra	Tipo	Local / Área do terreno	Área total m <sup>2</sup>	Área útil m <sup>2</sup>	Alvará:PMSP	Funções: descrição sucinta
<i>Francisco Peixoto Neto e outros (1987)</i>	Edifício Residencial: 01 ap. por andar, construído sob o regime de construção a preço de custo	Rua Iperó,91 A <sub>T</sub> = 800 m <sup>2</sup> V. Madalena – Capital/SP	3.400	204		03 suites, sala de estar, sala de lareira, lavabo social, cozinha, A S, 01 quartos de empregada, adega / despensa, 04 vagas de autos com depósito, salão de festas, piscina comum, vestiário, sauna e play-ground.
Responsabilidade profissional: autoria do projeto e administração direta de obra. (firma contratada: <i>DG Design Arquitetura e Construções Ltda – Titular: Décio Gonçalves</i> )						



Figura 40 – Vistas da fachada principal. Essa obra à Rua Iperó 91, *Edifício Turmalina*, apresenta a mesma insolação, e topografia do seu vizinho da Rua Iperó 63 (*Edifício Villaggio Paradiso*) vide Figura B 38 – Fonte: foto do próprio autor (2006)

## 2.7 Obra Décio Gonçalves

Obra	Tipo	Local / Área do terreno	Área total m <sup>2</sup>	Área útil m <sup>2</sup>	Alvará:PMSP	Funções: descrição sucinta
<i>Décio Gonçalves (1984)</i>	Residência unifamiliar	Rua dos Escultores, 483 City Boaçava – Capital/SP A <sub>T</sub> = 1.100 m <sup>2</sup>	1.100			04 suites, sala de estar, sala de lareira, lavabo social, cozinha, A S, dependência de caseiro, adega / despensa, 06 vagas de autos, depósito, salão de festas, piscina, vestiário, sauna e play-ground, salão de festas.
Responsabilidade profissional: autoria do projeto e administração direta de obra						





Figura 41 – Vista da fachada principal, foto tomada da Praça Barão de Pinto Lima. O terreno apresentava forte declividade para os fundos, propiciando um projeto de quatro níveis: 1) sub-solo com salão de festas, vestiário, sauna 2) térreo: salas, cozinha, área de serviço, dependências para caseiro; 3) superior; quatro suítes, estar íntimo, copa noturna; 4) sótão com pé direito de 2,50 m: bar, home theater, lavabo social – Fonte: foto do próprio autor (2006)



Figura 42 - Porta de entrada em cerejeira (à esquerda) e armários embutidos da suíte principal (à direita) – Serviços de marcenaria executados por Armando Celestino Gonçalves, pai do próprio autor (2006)



Figura 43 – Escada de acesso ao superior (à esquerda) e escada de acesso ao estúdio superior, ambas revestidas por material ipê de 04 cm de espessura (forma e revestimento dos degraus: Armando C. Gonçalves) (2006)



Figura 44 – Vista da fachada dos fundos que dá para o Parque Villa Lobos (esquadrias em madeira cerejeira e beirais em freijó – as esquadrias em geral foram executadas em marcenaria própria por Armando C. Gonçalves) (2006)



## 2.8 Obra: Frederico dos Ramos

Obra	Tipo	Local / Área do terreno	Área total m <sup>2</sup>	Área útil m <sup>2</sup>	Alvará:PMSP	Funções/descrição sucinta
<i>Frederico dos Ramos (1988)</i>	Residência unifamiliar	Condomínio residencial Jardim Yolanda Embu das artes - Embu/SP) A <sub>T</sub> = 9.000 m <sup>2</sup>	1.850			05 suites, sala de estar, sala de lareira, 05 banhos sociais, três lareiras, lavabo social, cozinha, A S, dependência de caseiro, adega, despensa, 06 vagas de autos, depósito, salão de festas, piscina semi-olímpica, vestiário, sauna e play-ground, salão de festas, quadra poliesportiva.
Responsabilidade profissional: autoria do projeto e administração indireta de obra						



Figura 45 – Vista da fachada principal - a cor original da alvenaria era branca (2006)



Figura 46 – Quadra poliesportiva feita pela firma *Playpiso* (à esquerda) e, porta em cerejeira com duas folhas de 1,10 x 3,10 cm de altura, com espessura média de 20 cm - frontão em pedra sabão executado pela firma *Paglioto Design Com. Ltda* – titular Engenheiro Antonio Carlos P. C. Paglioto (2006)



Figura 47 – Vistas da fachada posterior (à esquerda) e portão de acesso (à direita) (2006)

**2.9 Projeto de uma obra em madeira**

Obra em madeira	Tipo	Local / Área do terreno	Área total m <sup>2</sup>	Área útil m <sup>2</sup>	Alvará:PMSP	Funções: descrição sucinta
Décio Gonçalves (2001)	Residência unifamiliar	Condomínio residencial das Lagostas / Praia do Toque Toque Pequeno - São Sebastião/SP A <sub>T</sub> = 552 m <sup>2</sup>	220			03 suites, sala de estar, sala de lareira, estar, lavabo social, cozinha americana, A S, despensa, depósito, vestiário e sauna
Responsabilidade profissional: autoria do projeto						

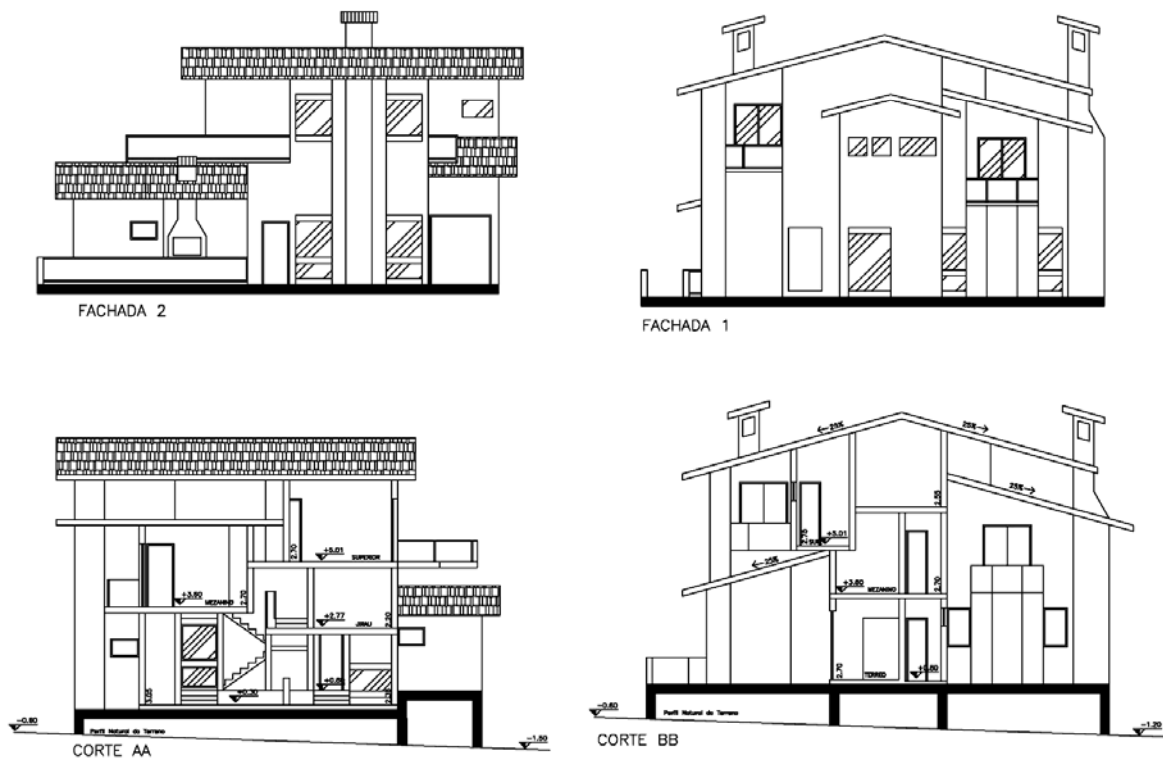


Figura 48 – Plantas de cortes e fachadas (2001)



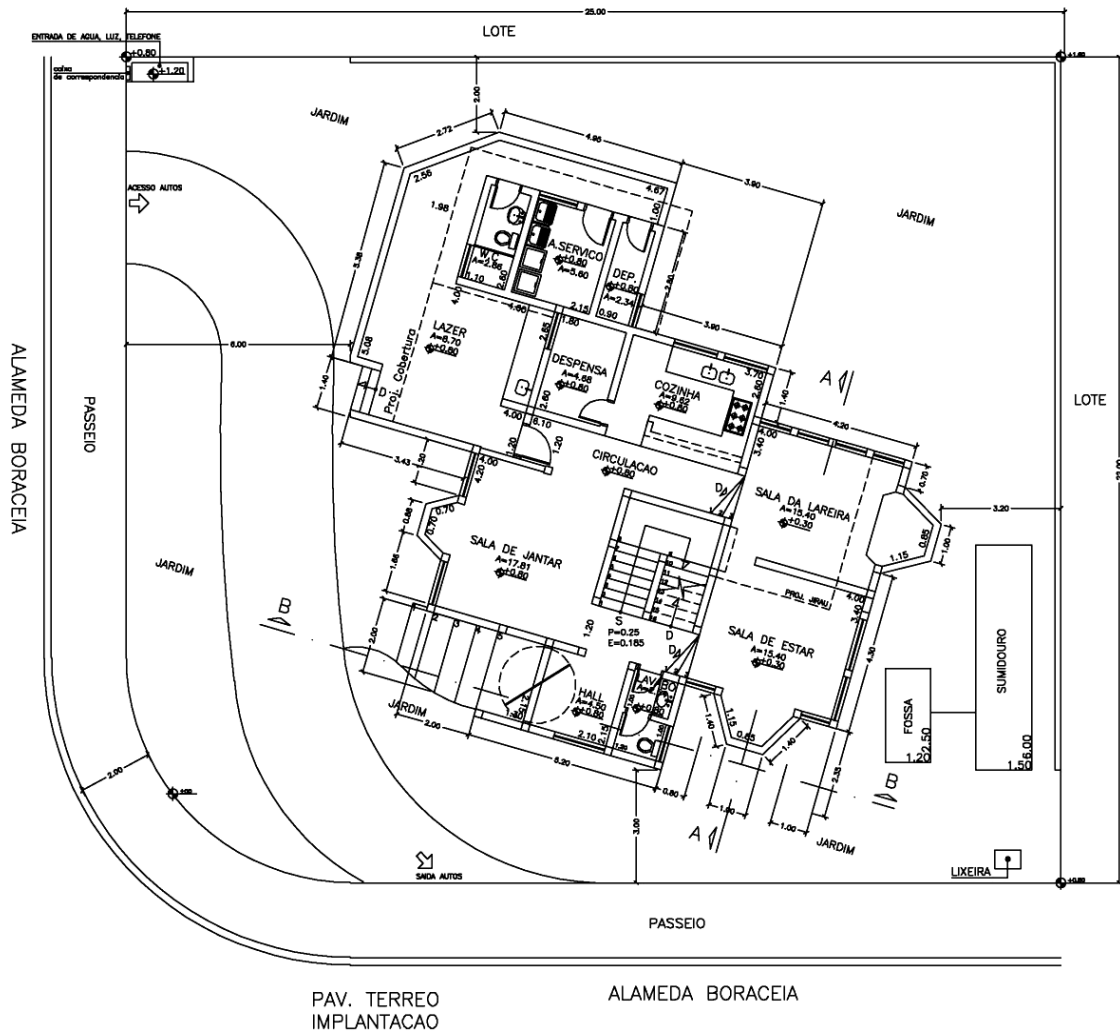


Figura 49 – Planta pav. térreo (2001)

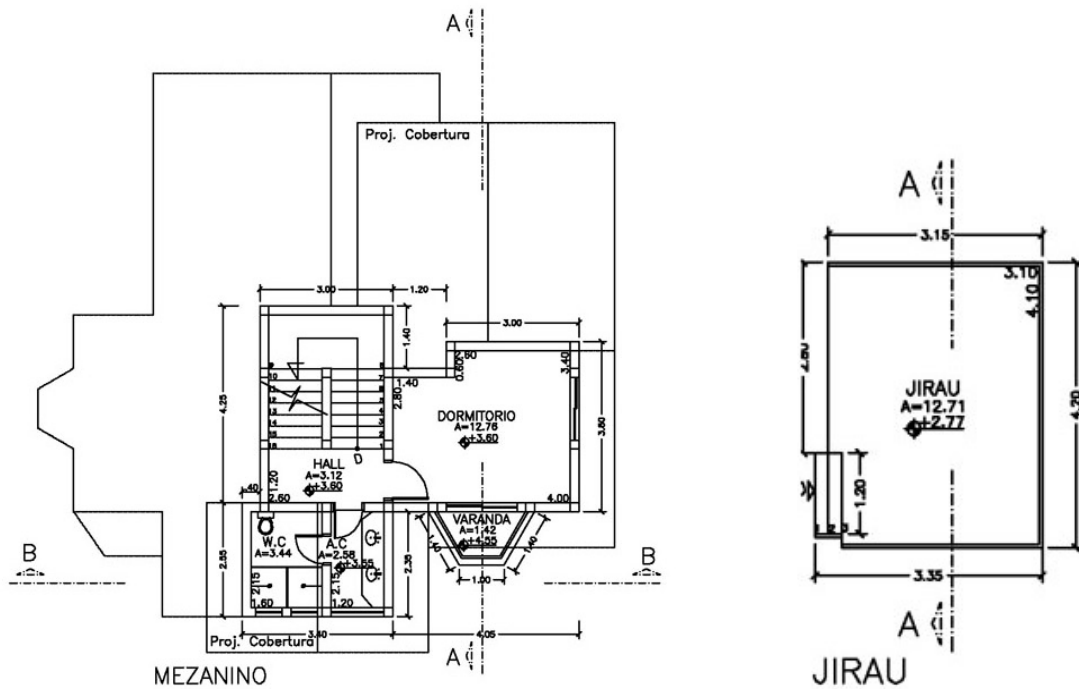


Figura 50 – Plantas (2001)

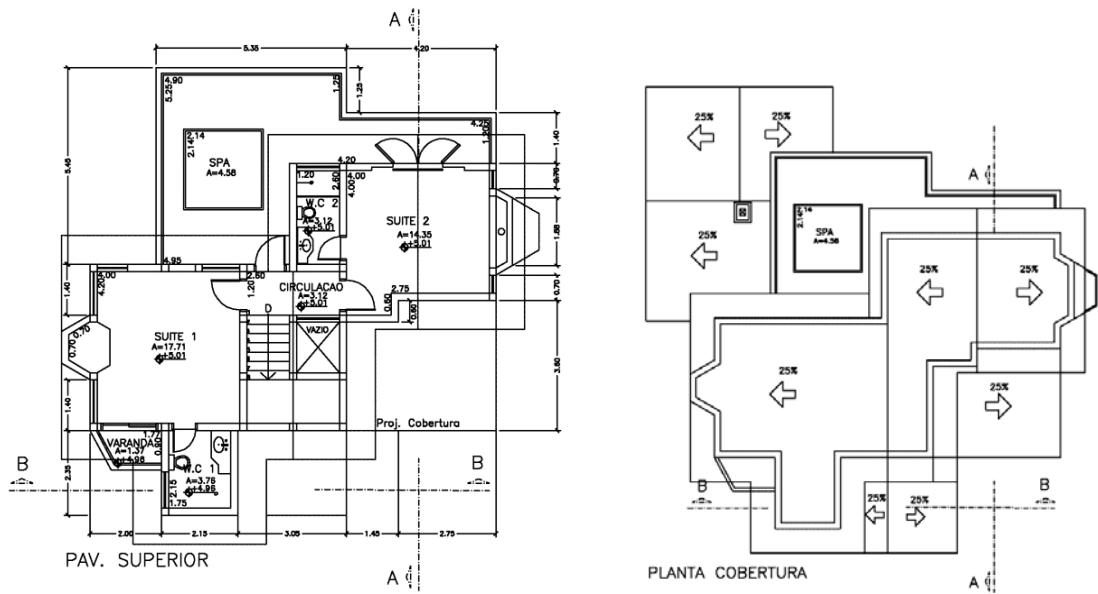


Figura 51 – Plantas (2001)

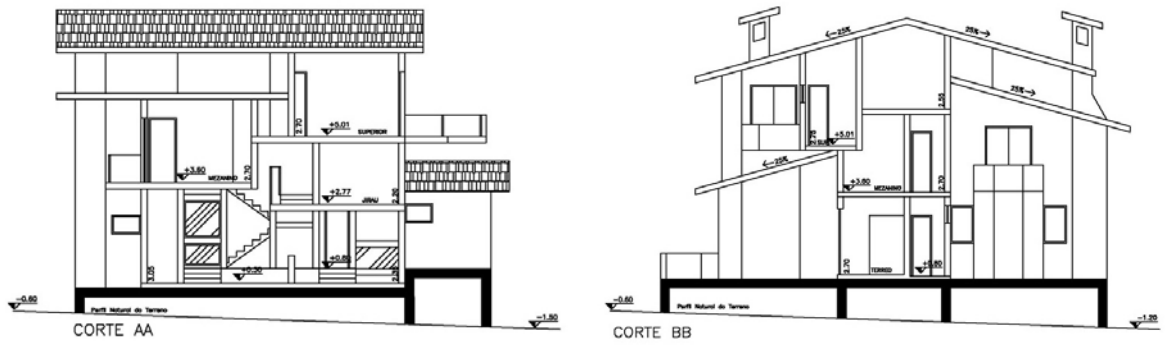


Figura 52 – Cortes (2001)

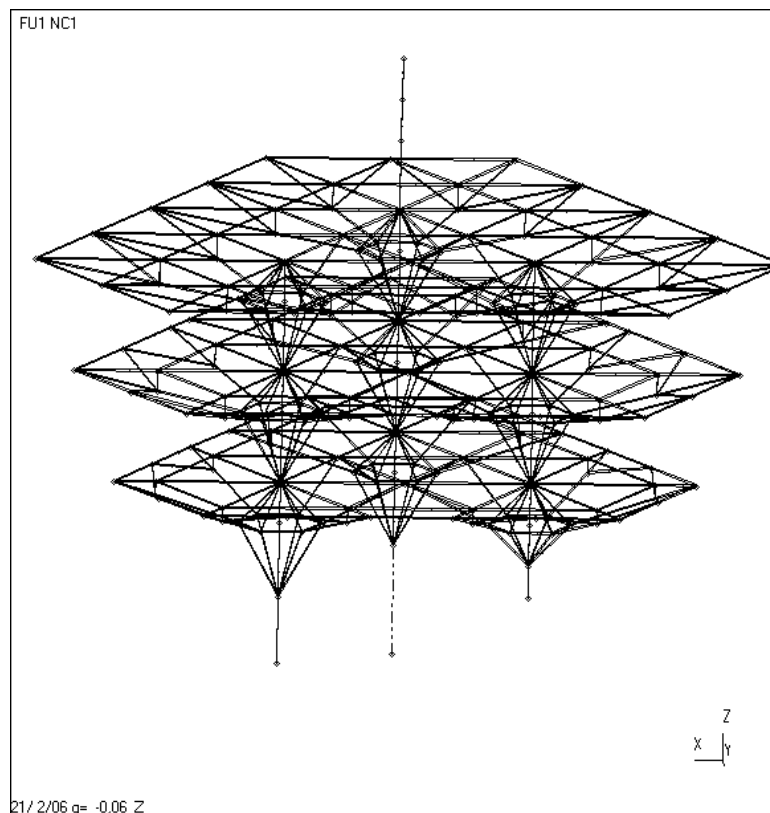
## ANEXO D: Dimensionamento inicial do *SET 2M original* elaborado pelo Engenheiro e Professor Marcos Monteiro titular da firma PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA

### Sistema Estrutural em Árvore

#### A. Modelagem da Estrutura

A estrutura foi modelada no Sistema MIX, software desenvolvido pelo Eng. Sérgio Pinheiro de Medeiros, com ampla aceitação entre os profissionais de engenharia estrutural, por sua facilidade de operação, confiabilidade e rapidez no processamento das estruturas.

Em função das características estruturais, o modelo baseia-se em um sistema espacial formado por barras convenientemente articuladas, a fim de se aproximar seu funcionamento ao de uma treliça espacial. Como algumas das barras recebem carregamentos ao longo de seu eixo, em especial nos pisos, não podemos dizer que o funcionamento da estrutura é uma treliça pura. Por outro lado, todas as barras que compõem o sistema estrutural resistente foram articuladas em suas extremidades, fazendo com que as mesmas estejam sujeitas apenas a esforços normais. Portanto, basicamente, apenas as barras do piso e as colunas de apoio estarão sujeitas a esforços de flexão.



**Visualização do modelo espacial**

Dados do modelo adotado para cálculo:

- Número de nós = 222
- Número de barras = 639
- Número de apoios = 3, considerados com engastamento perfeito.
- Carregamentos considerados:
  - Peso próprio da estrutura de madeira
  - Revestimento + barroteamento do piso = 100 Kgf/m<sup>2</sup>
  - Sobrecarga = 200 Kgf/m<sup>2</sup> (uso residencial ou comercial)

## B. MATERIAIS COMPONENTES

A estrutura é totalmente formada por barras de madeira de diferentes espécies conforme sua utilização, com o objetivo de adequar as qualidades do material ao seu uso e de possibilitar o efeito de policromia desejado. Foram consideradas as seguintes espécies e utilizações:

### B.1 Itaúba Preta

- Utilização : colunas de suporte da edificação
- Características Gerais: madeira muito pesada, resistência muito alta ao ataque de organismos, baixa retratibilidade, resistência mecânica alta a média. Indicada para construções externas.
- Propriedade Físicas:
  - Massa Específica Aparente = 0,96 g/cm<sup>3</sup>
  - Compressão Axial - Limite de resistência (a 15% de umidade) = 697 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Módulo de Elasticidade = 167. 100 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Flexão Estática – Limite de Resistência = 1.290 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Cisalhamento = 123 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Tração normais às fibras = 110 kgf/cm<sup>2</sup>

### B.2 Pau Roxo

- Utilização : elementos estruturais de piso e treliças
- Características Gerais: madeira muito pesada e dura, resistência alta ao ataque de organismos, baixa retratibilidade, resistência mecânica alta a média. Indicada para construções externas.
- Propriedade Físicas:
  - Massa Específica Aparente = 1,13 g/cm<sup>3</sup>
  - Compressão Axial - Limite de resistência (a 15% de umidade) = 1.025 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Módulo de Elasticidade = 200.400 Kgf/cm<sup>2</sup>
  - Flexão Estática – Limite de Resistência = 1.841 kgf/cm<sup>2</sup>

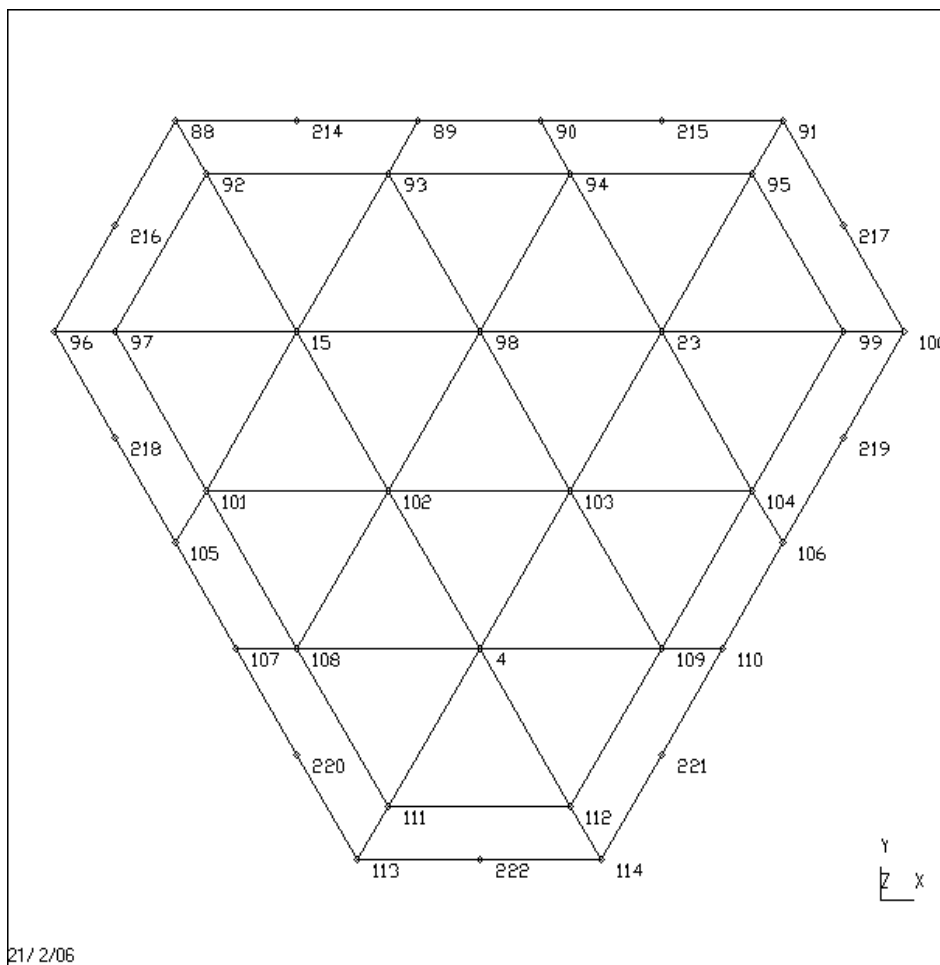
- Cisalhamento = 206 kgf/cm<sup>2</sup>
- Tração normas às fibras = 97 kgf/cm<sup>2</sup>

### B.3 Pequiá (ou Pitiá)

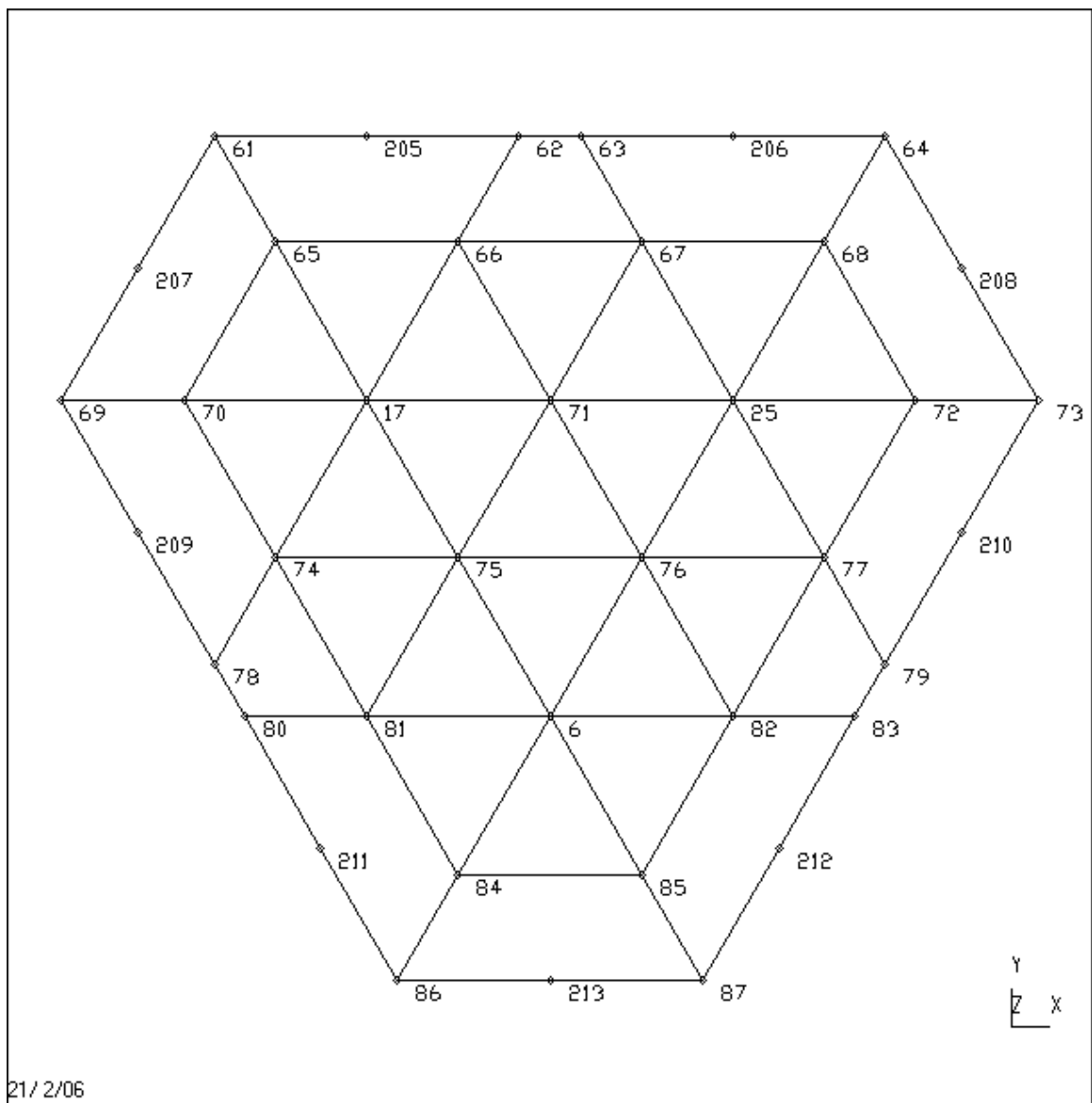
- Utilização: Tábua para Assoalho
- Características Gerais: madeira muito pesada e dura ao corte, resistência alta ao ataque de organismos, baixa retratibilidade, resistência mecânica alta a média. Indicada para acabamentos internos.
- Propriedade Físicas:
  - Massa Específica Aparente = 0,83 g/cm<sup>3</sup>
  - Compressão Axial - Limite de resistência (a 15% de umidade) = 683 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Módulo de Elasticidade = 162.600 Kgf/cm<sup>2</sup>
  - Flexão Estática – Limite de Resistência = 1.313 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Cisalhamento = 158 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Tração normas às fibras = 91 kgf/cm<sup>2</sup>

## C. ELEMENTOS DA ESTRUTURA

### C.1 Piso Nível 4,2

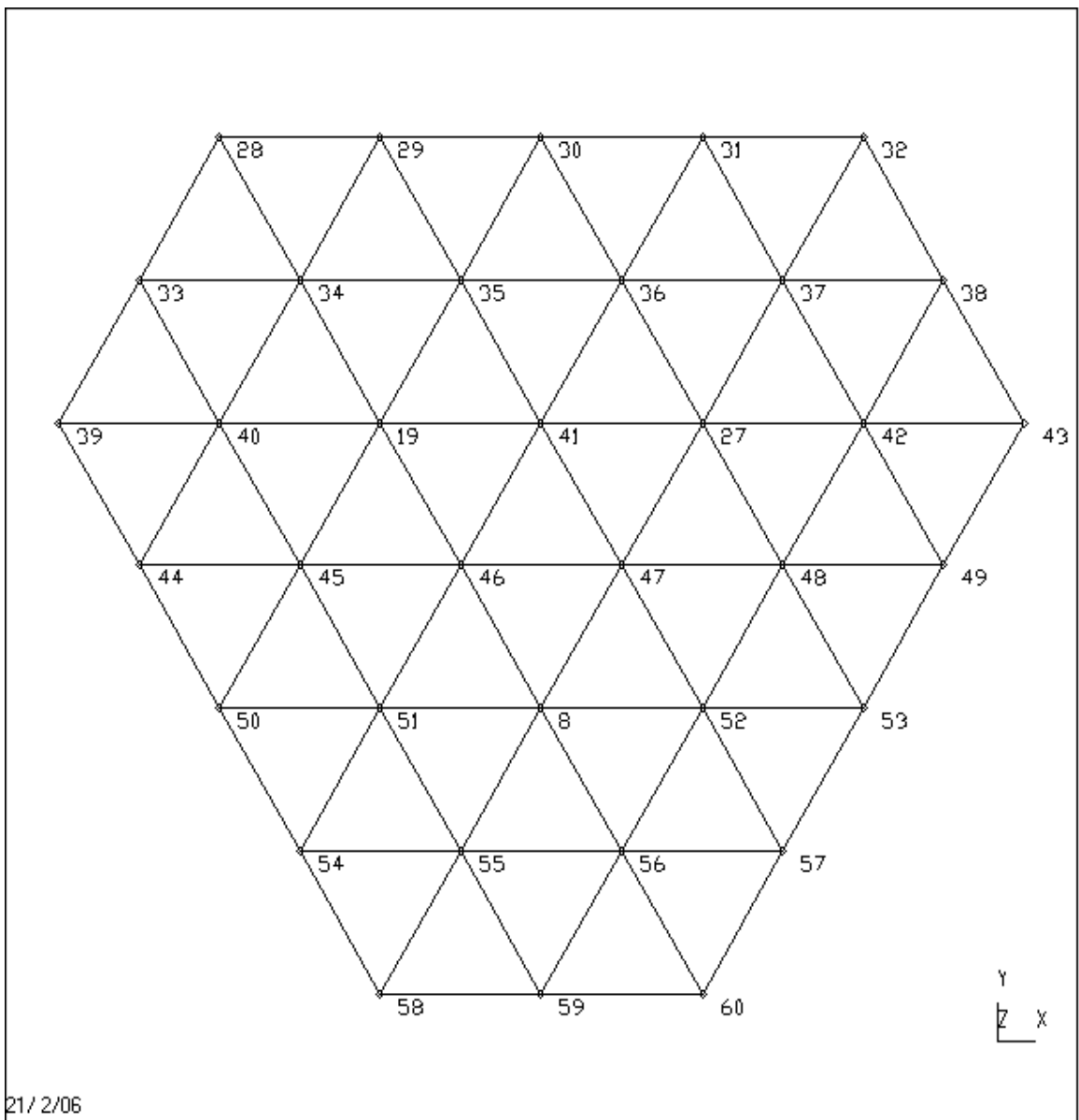


C.2 Piso Nivel 8,3

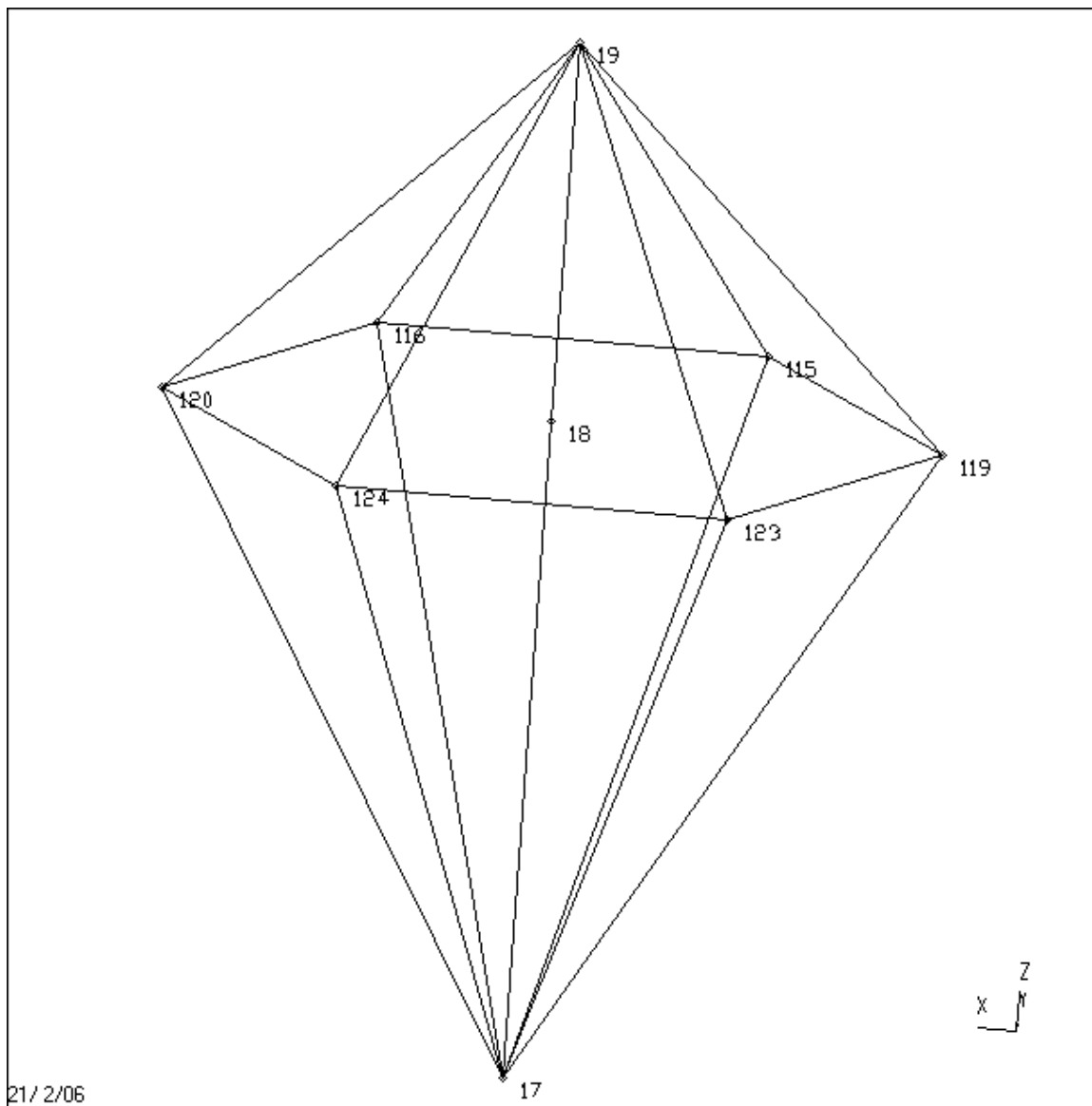




C.3 Piso Nivel 12,4

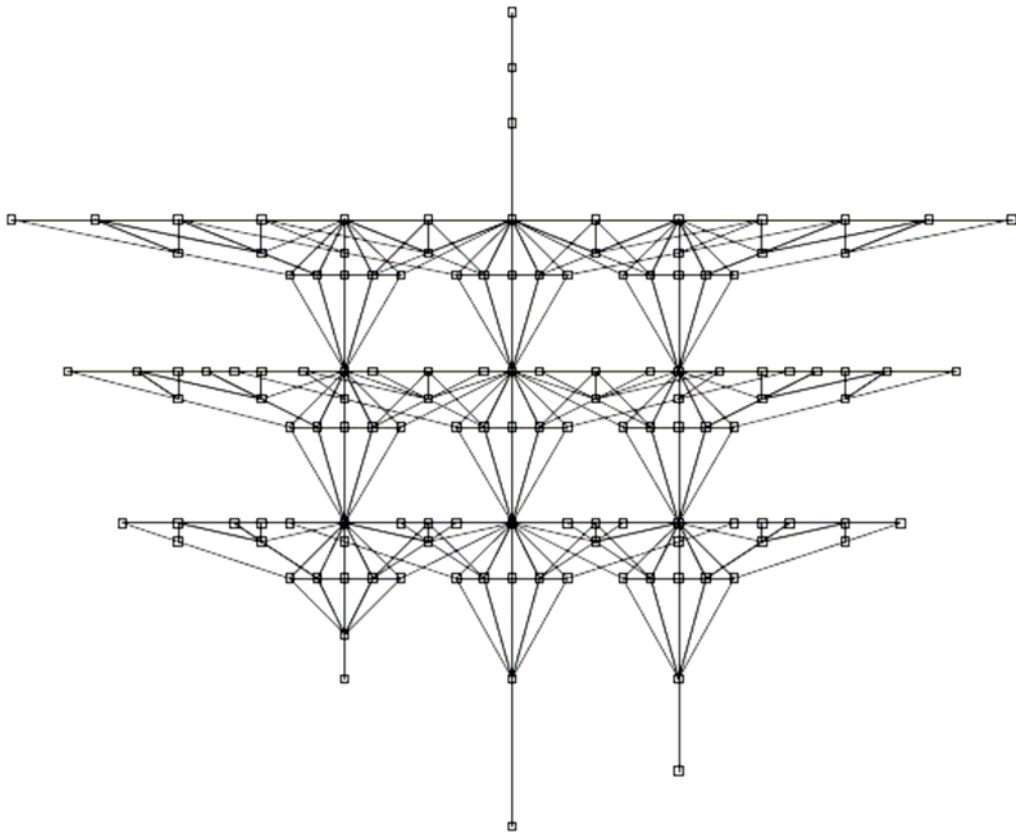


## C.4 Diamantes de apoio



Sistema Auxiliar de Apoio

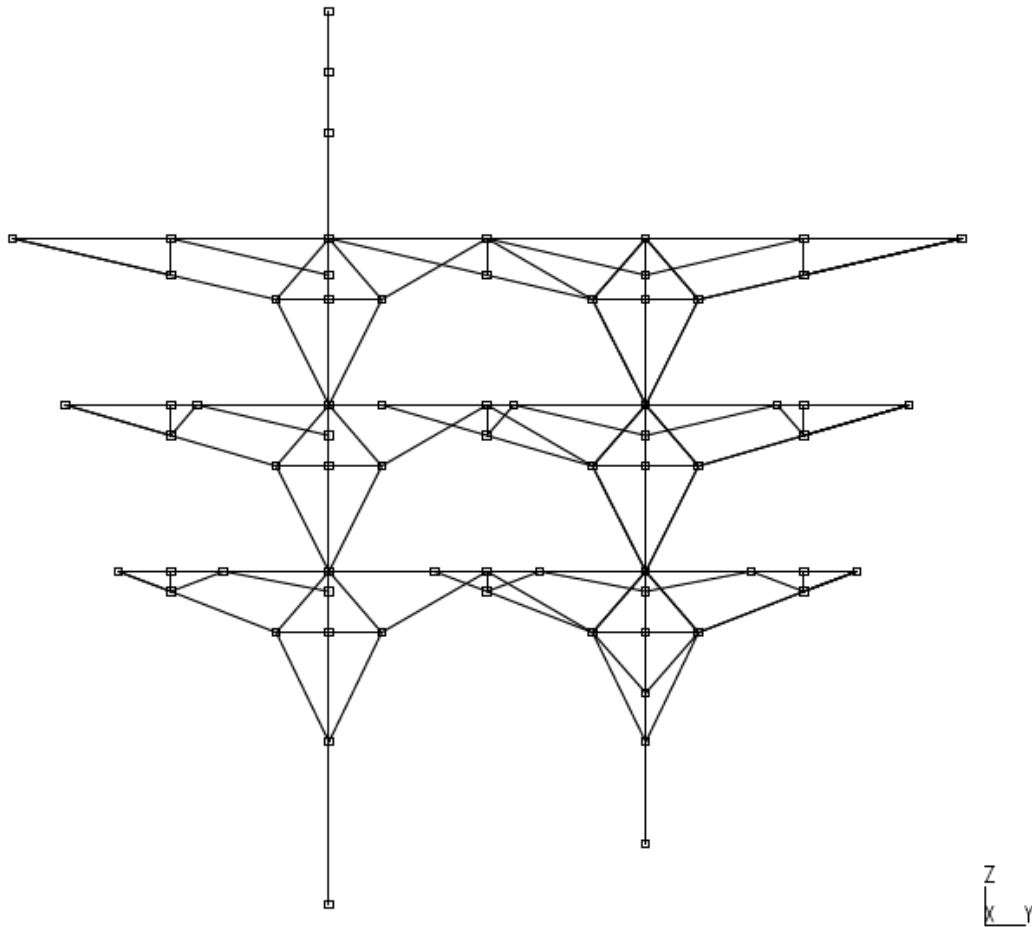
### Vista Frontal



Z  
Y  
X

## Sistema Auxiliar de Apoio

### Vista Lateral



## D. ENTRADA DE DADOS

Para análise inicial da estrutura, foram considerados apenas os carregamentos verticais permanentes e acidentais. Dessa forma, buscou-se simplificar a análise, a fim de se determinar o comportamento estrutural para os carregamentos principais.

Como mostraremos a seguir, essa decisão se mostrou acertada, já que a estrutura têm características especiais de funcionamento, as quais não haviam sido percebidas em um primeiro momento.

A seguir, apresentamos a entrada de dados do modelo estrutural:

PROJETO : tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 1  
 ESTRUTURA: decio ARQ.: espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16: 9

=====

Modulo Portico Espacial - Regiao de Interesse: 0 -----

-----COORDENADAS NODAIS (m)-----						
NO	Coord X	Coord Y	Coord Z	NO	Coord X	Coord Y
12.40	13.50	7.80	-4.00	52	18.00	7.80
12.40	13.50	7.80	0.00	53	22.50	7.80
12.40	13.50	7.80	2.70	54	6.75	3.90
12.40	13.50	7.80	4.20	55	11.25	3.90
12.40	13.50	7.80	6.80	56	15.75	3.90
12.40	13.50	7.80	8.30	57	20.25	3.90
12.40	13.50	7.80	10.90	58	9.00	0.00
12.40	13.50	7.80	12.40	59	13.50	0.00
12.40	13.50	7.80	15.00	60	18.00	0.00
8.30	13.50	7.80	16.50	61	5.25	22.10
8.30	13.50	7.80	18.00	62	12.75	22.10
8.30	9.00	15.60	0.00	63	14.25	22.10
8.30	9.00	15.60	1.20	64	21.75	22.10
8.30	9.00	15.60	2.70	65	6.75	19.50
8.30	9.00	15.60	4.20	66	11.25	19.50
8.30	9.00	15.60	6.80	67	15.75	19.50
8.30	9.00	15.60	8.30	68	20.25	19.50
8.30	9.00	15.60	10.90	69	1.50	15.60
8.30	9.00	15.60	12.40	70	4.50	15.60
8.30	18.00	15.60	-2.50	71	13.50	15.60
8.30	18.00	15.60	0.00	72	22.50	15.60
8.30	18.00	15.60	2.70	73	25.50	15.60
8.30	18.00	15.60	4.20	74	6.75	11.70
8.30	18.00	15.60	6.80	75	11.25	11.70





PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 2  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16: 9

=====

-----COORDENADAS NODAIS (m)-----

NO	Coord X	Coord Y	Coord Z	NO	Coord X	Coord Y
103	15.75	11.70	4.20	155	7.50	15.60
2.70						
104	20.25	11.70	4.20	156	10.50	15.60
2.70						
105	6.00	10.40	4.20	157	16.50	15.60
2.70						
106	21.00	10.40	4.20	158	19.50	15.60
2.70						
107	7.50	7.80	4.20	159	8.25	14.30
2.70						
108	9.00	7.80	4.20	160	9.75	14.30
2.70						
109	18.00	7.80	4.20	161	17.25	14.30
2.70						
110	19.50	7.80	4.20	162	18.75	14.30
2.70						
111	11.25	3.90	4.20	163	12.75	9.10
2.70						
112	15.75	3.90	4.20	164	14.25	9.10
2.70						
113	10.50	2.60	4.20	165	12.00	7.80
2.70						
114	16.50	2.60	4.20	166	15.00	7.80
2.70						
115	8.25	16.90	10.90	167	12.75	6.50
2.70						
116	9.75	16.90	10.90	168	14.25	6.50
2.70						
117	17.25	16.90	10.90	169	6.75	19.50
11.50						
118	18.75	16.90	10.90	170	11.25	19.50
11.50						
119	7.50	15.60	10.90	171	15.75	19.50
11.50						
120	10.50	15.60	10.90	172	20.25	19.50
11.50						
121	16.50	15.60	10.90	173	4.50	15.60
11.50						
122	19.50	15.60	10.90	174	22.50	15.60
11.50						
123	8.25	14.30	10.90	175	9.00	7.80
11.50						
124	9.75	14.30	10.90	176	18.00	7.80
11.50						
125	17.25	14.30	10.90	177	11.25	3.90
11.50						
126	18.75	14.30	10.90	178	15.75	3.90
11.50						

127	12.75	9.10	10.90	179	6.75	11.70
11.50						
128	14.25	9.10	10.90	180	20.25	11.70
11.50						
129	12.00	7.80	10.90	181	6.75	19.50
7.55						
130	15.00	7.80	10.90	182	11.25	19.50
7.55						
131	12.75	6.50	10.90	183	15.75	19.50
7.55						
132	14.25	6.50	10.90	184	20.25	19.50
7.55						
133	8.25	16.90	6.80	185	4.50	15.60
7.55						
134	9.75	16.90	6.80	186	22.50	15.60
7.55						
135	17.25	16.90	6.80	187	6.75	11.70
7.55						
136	18.75	16.90	6.80	188	20.25	11.70
7.55						
137	7.50	15.60	6.80	189	9.00	7.80
7.55						
138	10.50	15.60	6.80	190	18.00	7.80
7.55						
139	16.50	15.60	6.80	191	11.25	3.90
7.55						
140	19.50	15.60	6.80	192	15.75	3.90
7.55						
141	8.25	14.30	6.80	193	6.75	19.50
3.70						
142	9.75	14.30	6.80	194	11.25	19.50
3.70						
143	17.25	14.30	6.80	195	15.75	19.50
3.70						
144	18.75	14.30	6.80	196	20.25	19.50
3.70						
145	12.75	9.10	6.80	197	4.50	15.60
3.70						
146	14.25	9.10	6.80	198	22.50	15.60
3.70						
147	12.00	7.80	6.80	199	6.75	11.70
3.70						
148	15.00	7.80	6.80	200	20.25	11.70
3.70						
149	12.75	6.50	6.80	201	9.00	7.80
3.70						
150	14.25	6.50	6.80	202	18.00	7.80
3.70						
151	8.25	16.90	2.70	203	11.25	3.90
3.70						
152	9.75	16.90	2.70	204	15.75	3.90
3.70						
153	17.25	16.90	2.70	205	9.00	22.10
8.30						
154	18.75	16.90	2.70	206	18.00	22.10
8.30						

---

PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 3  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16: 9

=====

-----COORDENADAS NODAIS (m)-----

NO	Coord X	Coord Y	Coord Z	NO	Coord X	Coord Y
207	3.38	18.85	8.30	215	18.00	20.80
4.20						
208	23.63	18.85	8.30	216	4.50	18.20
4.20						
209	3.38	12.35	8.30	217	22.50	18.20
4.20						
210	23.63	12.35	8.30	218	4.50	13.00
4.20						
211	7.88	4.55	8.30	219	22.50	13.00
4.20						
212	19.13	4.55	8.30	220	9.00	5.20
4.20						
213	13.50	1.30	8.30	221	18.00	5.20
4.20						
214	9.00	20.80	4.20	222	13.50	2.60
4.20						

-----TIPOS DE MATERIAIS(tf m) E DE SECOES TRANSVERSAIS(m) -----

TM	Mod Elast.(E)	Mod Trans.(G)
1	1479000.00	616250.00
2	2004000.00	835000.00

TG	Area(A)	Ix	Iy	Iz	Ay	Az	b	h
bf								
1	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.150	0.150
3	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
4	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

-----INCIDENCIAS DAS BARRAS (m)-----

Barra	NOi	NOf	Tipo	Gama	Compr.
1	1	2	M 1 G 1	0.00	4.0
2	2	3	M 1 G 1	0.00	2.7
3	3	4	M 1 G 1	0.00	1.5
4	4	5	M 1 G 1	0.00	2.6
5	5	6	M 1 G 1	0.00	1.5
6	6	7	M 1 G 1	0.00	2.6
7	7	8	M 1 G 1	0.00	1.5
8	8	9	M 1 G 1	0.00	2.6
9	9	10	M 1 G 1	0.00	1.5
10	10	11	M 1 G 1	0.00	1.5
11	12	13	M 1 G 1	0.00	1.2
12	13	14	M 1 G 1	0.00	1.5
13	14	15	M 1 G 1	0.00	1.5
14	15	16	M 1 G 1	0.00	2.6
15	16	17	M 1 G 1	0.00	1.5
16	17	18	M 1 G 1	0.00	2.6
17	18	19	M 1 G 1	0.00	1.5
18	20	21	M 1 G 1	0.00	2.5

19	21	22	M	1	G	1	0.00	2.7
20	22	23	M	1	G	1	0.00	1.5
21	23	24	M	1	G	1	0.00	2.6
22	24	25	M	1	G	1	0.00	1.5
23	25	26	M	1	G	1	0.00	2.6
24	26	27	M	1	G	1	0.00	1.5
25	28	29	M	2	G	2	0.00	4.5
26	29	30	M	2	G	2	0.00	4.5
27	30	31	M	2	G	2	0.00	4.5
28	31	32	M	2	G	2	0.00	4.5
29	33	34	M	2	G	2	0.00	4.5
30	34	35	M	2	G	2	0.00	4.5
31	35	36	M	2	G	2	0.00	4.5
32	36	37	M	2	G	2	0.00	4.5

```

-----
-----
PROJETO   :tese                      PASTA: C:\Tqs\Dé...          PAG.:      4
ESTRUTURA:decio                    ARQ.  : espacial          DATA: 30/
5/06
PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17          HORA:
16: 9
=====
=====

```

```

-----INCIDENCIAS DAS BARRAS (m)-----
-----
Barra   NOi   NOf      Tipo      Gama   Compr.
33      37    38      M 2 G 2    0.00    4.5
34      39    40      M 2 G 2    0.00    4.5
35      40    19      M 2 G 2    0.00    4.5
36      19    41      M 2 G 2    0.00    4.5
37      41    27      M 2 G 2    0.00    4.5
38      27    42      M 2 G 2    0.00    4.5
39      42    43      M 2 G 2    0.00    4.5
40      44    45      M 2 G 2    0.00    4.5
41      45    46      M 2 G 2    0.00    4.5
42      46    47      M 2 G 2    0.00    4.5
43      47    48      M 2 G 2    0.00    4.5
44      48    49      M 2 G 2    0.00    4.5
45      50    51      M 2 G 2    0.00    4.5
46      51     8      M 2 G 2    0.00    4.5
47       8    52      M 2 G 2    0.00    4.5
48      52    53      M 2 G 2    0.00    4.5
49      54    55      M 2 G 2    0.00    4.5
50      55    56      M 2 G 2    0.00    4.5
51      56    57      M 2 G 2    0.00    4.5
52      58    59      M 2 G 2    0.00    4.5
53      59    60      M 2 G 2    0.00    4.5
54      39    33      M 2 G 2    0.00    4.5
55      33    28      M 2 G 2    0.00    4.5
56      44    40      M 2 G 2    0.00    4.5
57      40    34      M 2 G 2    0.00    4.5
58      34    29      M 2 G 2    0.00    4.5
59      50    45      M 2 G 2    0.00    4.5
60      45    19      M 2 G 2    0.00    4.5
61      19    35      M 2 G 2    0.00    4.5
62      35    30      M 2 G 2    0.00    4.5
63      54    51      M 2 G 2    0.00    4.5
64      51    46      M 2 G 2    0.00    4.5
65      46    41      M 2 G 2    0.00    4.5

```

66	41	36	M	2	G	2	0.00	4.5
67	36	31	M	2	G	2	0.00	4.5
68	58	55	M	2	G	2	0.00	4.5
69	55	8	M	2	G	2	0.00	4.5
70	8	47	M	2	G	2	0.00	4.5
71	47	27	M	2	G	2	0.00	4.5
72	27	37	M	2	G	2	0.00	4.5
73	37	32	M	2	G	2	0.00	4.5
74	59	56	M	2	G	2	0.00	4.5
75	56	52	M	2	G	2	0.00	4.5
76	52	48	M	2	G	2	0.00	4.5
77	48	42	M	2	G	2	0.00	4.5
78	42	38	M	2	G	2	0.00	4.5
79	60	57	M	2	G	2	0.00	4.5
80	57	53	M	2	G	2	0.00	4.5
81	53	49	M	2	G	2	0.00	4.5
82	49	43	M	2	G	2	0.00	4.5
83	32	38	M	2	G	2	0.00	4.5
84	38	43	M	2	G	2	0.00	4.5

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 5  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16: 9  
 =====  
 =====

-----INCIDENCIAS DAS BARRAS (m)-----  
 -----

Barra	NOi	NOf	Tipo			Gama	Compr.	
85	31	37	M	2	G	2	0.00	4.5
86	37	42	M	2	G	2	0.00	4.5
87	42	49	M	2	G	2	0.00	4.5
88	30	36	M	2	G	2	0.00	4.5
89	36	27	M	2	G	2	0.00	4.5
90	27	48	M	2	G	2	0.00	4.5
91	48	53	M	2	G	2	0.00	4.5
92	29	35	M	2	G	2	0.00	4.5
93	35	41	M	2	G	2	0.00	4.5
94	41	47	M	2	G	2	0.00	4.5
95	47	52	M	2	G	2	0.00	4.5
96	52	57	M	2	G	2	0.00	4.5
97	28	34	M	2	G	2	0.00	4.5
98	34	19	M	2	G	2	0.00	4.5
99	19	46	M	2	G	2	0.00	4.5
100	46	8	M	2	G	2	0.00	4.5
101	8	56	M	2	G	2	0.00	4.5
102	56	60	M	2	G	2	0.00	4.5
103	33	40	M	2	G	2	0.00	4.5
104	40	45	M	2	G	2	0.00	4.5
105	45	51	M	2	G	2	0.00	4.5
106	51	55	M	2	G	2	0.00	4.5
107	55	59	M	2	G	2	0.00	4.5
108	39	44	M	2	G	2	0.00	4.5
109	44	50	M	2	G	2	0.00	4.5
110	50	54	M	2	G	2	0.00	4.5
111	54	58	M	2	G	2	0.00	4.5
112	61	205	M	2	G	3	0.00	3.8

113	62	63	M	2	G	3	0.00	1.5
114	63	206	M	2	G	3	0.00	3.8
115	65	66	M	2	G	3	0.00	4.5
116	66	67	M	2	G	3	0.00	4.5
117	67	68	M	2	G	3	0.00	4.5
118	69	70	M	2	G	3	0.00	3.0
119	70	17	M	2	G	3	0.00	4.5
120	17	71	M	2	G	3	0.00	4.5
121	71	25	M	2	G	3	0.00	4.5
122	25	72	M	2	G	3	0.00	4.5
123	72	73	M	2	G	3	0.00	3.0
124	74	75	M	2	G	3	0.00	4.5
125	75	76	M	2	G	3	0.00	4.5
126	76	77	M	2	G	3	0.00	4.5
127	80	81	M	2	G	3	0.00	3.0
128	81	6	M	2	G	3	0.00	4.5
129	6	82	M	2	G	3	0.00	4.5
130	82	83	M	2	G	3	0.00	3.0
131	84	85	M	2	G	3	0.00	4.5
132	86	213	M	2	G	3	0.00	3.8
133	69	207	M	2	G	3	0.00	3.8
134	70	65	M	2	G	3	0.00	4.5
135	78	74	M	2	G	3	0.00	3.0
136	74	17	M	2	G	3	0.00	4.5

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 6  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06

PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17  
 16: 9

HORA:

=====

-----INCIDENCIAS DAS BARRAS (m)-----

Barra	NOi	NOF	Tipo			Gama	Compr.	
137	17	66	M	2	G	3	0.00	4.5
138	66	62	M	2	G	3	0.00	3.0
139	81	75	M	2	G	3	0.00	4.5
140	75	71	M	2	G	3	0.00	4.5
141	71	67	M	2	G	3	0.00	4.5
142	86	84	M	2	G	3	0.00	3.0
143	84	6	M	2	G	3	0.00	4.5
144	6	76	M	2	G	3	0.00	4.5
145	76	25	M	2	G	3	0.00	4.5
146	25	68	M	2	G	3	0.00	4.5
147	68	64	M	2	G	3	0.00	3.0
148	85	82	M	2	G	3	0.00	4.5
149	82	77	M	2	G	3	0.00	4.5
150	77	72	M	2	G	3	0.00	4.5
151	87	212	M	2	G	3	0.00	3.8
152	83	79	M	2	G	3	0.00	1.5
153	79	210	M	2	G	3	0.00	3.8
154	64	208	M	2	G	3	0.00	3.8
155	68	72	M	2	G	3	0.00	4.5
156	63	67	M	2	G	3	0.00	3.0
157	67	25	M	2	G	3	0.00	4.5
158	25	77	M	2	G	3	0.00	4.5
159	77	79	M	2	G	3	0.00	3.0



160	66	71	M	2	G	3	0.00	4.5
161	71	76	M	2	G	3	0.00	4.5
162	76	82	M	2	G	3	0.00	4.5
163	61	65	M	2	G	3	0.00	3.0
164	65	17	M	2	G	3	0.00	4.5
165	17	75	M	2	G	3	0.00	4.5
166	75	6	M	2	G	3	0.00	4.5
167	6	85	M	2	G	3	0.00	4.5
168	85	87	M	2	G	3	0.00	3.0
169	70	74	M	2	G	3	0.00	4.5
170	74	81	M	2	G	3	0.00	4.5
171	81	84	M	2	G	3	0.00	4.5
172	69	209	M	2	G	3	0.00	3.8
173	78	80	M	2	G	3	0.00	1.5
174	80	211	M	2	G	3	0.00	3.8
175	88	214	M	2	G	4	0.00	3.0
176	89	90	M	2	G	4	0.00	3.0
177	90	215	M	2	G	4	0.00	3.0
178	92	93	M	2	G	4	0.00	4.5
179	93	94	M	2	G	4	0.00	4.5
180	94	95	M	2	G	4	0.00	4.5
181	96	97	M	2	G	4	0.00	1.5
182	97	15	M	2	G	4	0.00	4.5
183	15	98	M	2	G	4	0.00	4.5
184	98	23	M	2	G	4	0.00	4.5
185	23	99	M	2	G	4	0.00	4.5
186	99	100	M	2	G	4	0.00	1.5
187	101	102	M	2	G	4	0.00	4.5
188	102	103	M	2	G	4	0.00	4.5

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 7  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16: 9  
 =====  
 =====

-----INCIDENCIAS DAS BARRAS (m)-----  
 -----

Barra	NOi	NOF	Tipo			Gama	Compr.	
189	103	104	M	2	G	4	0.00	4.5
190	107	108	M	2	G	4	0.00	1.5
191	108	4	M	2	G	4	0.00	4.5
192	4	109	M	2	G	4	0.00	4.5
193	109	110	M	2	G	4	0.00	1.5
194	111	112	M	2	G	4	0.00	4.5
195	113	222	M	2	G	4	0.00	3.0
196	96	216	M	2	G	4	0.00	3.0
197	97	92	M	2	G	4	0.00	4.5
198	105	101	M	2	G	4	0.00	1.5
199	101	15	M	2	G	4	0.00	4.5
200	15	93	M	2	G	4	0.00	4.5
201	93	89	M	2	G	4	0.00	1.5
202	108	102	M	2	G	4	0.00	4.5
203	102	98	M	2	G	4	0.00	4.5
204	98	94	M	2	G	4	0.00	4.5
205	113	111	M	2	G	4	0.00	1.5
206	111	4	M	2	G	4	0.00	4.5

207	4	103	M	2	G	4	0.00	4.5
208	103	23	M	2	G	4	0.00	4.5
209	23	95	M	2	G	4	0.00	4.5
210	95	91	M	2	G	4	0.00	1.5
211	112	109	M	2	G	4	0.00	4.5
212	109	104	M	2	G	4	0.00	4.5
213	104	99	M	2	G	4	0.00	4.5
214	114	221	M	2	G	4	0.00	3.0
215	110	106	M	2	G	4	0.00	3.0
216	106	219	M	2	G	4	0.00	3.0
217	91	217	M	2	G	4	0.00	3.0
218	95	99	M	2	G	4	0.00	4.5
219	90	94	M	2	G	4	0.00	1.5
220	94	23	M	2	G	4	0.00	4.5
221	23	104	M	2	G	4	0.00	4.5
222	104	106	M	2	G	4	0.00	1.5
223	93	98	M	2	G	4	0.00	4.5
224	98	103	M	2	G	4	0.00	4.5
225	103	109	M	2	G	4	0.00	4.5
226	88	92	M	2	G	4	0.00	1.5
227	92	15	M	2	G	4	0.00	4.5
228	15	102	M	2	G	4	0.00	4.5
229	102	4	M	2	G	4	0.00	4.5
230	4	112	M	2	G	4	0.00	4.5
231	112	114	M	2	G	4	0.00	1.5
232	97	101	M	2	G	4	0.00	4.5
233	101	108	M	2	G	4	0.00	4.5
234	108	111	M	2	G	4	0.00	4.5
235	96	218	M	2	G	4	0.00	3.0
236	105	107	M	2	G	4	0.00	3.0
237	107	220	M	2	G	4	0.00	3.0
238	115	116	M	2	G	2	0.00	1.5
239	117	118	M	2	G	2	0.00	1.5
240	123	124	M	2	G	2	0.00	1.5

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 8  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16: 9  
 =====  
 =====

-----INCIDENCIAS DAS BARRAS (m)-----  
 -----

Barra	NOi	NOf	Tipo			Gama	Compr.	
241	125	126	M	2	G	2	0.00	1.5
242	127	128	M	2	G	2	0.00	1.5
243	131	132	M	2	G	2	0.00	1.5
244	119	115	M	2	G	2	0.00	1.5
245	124	120	M	2	G	2	0.00	1.5
246	129	127	M	2	G	2	0.00	1.5
247	121	117	M	2	G	2	0.00	1.5
248	132	130	M	2	G	2	0.00	1.5
249	126	122	M	2	G	2	0.00	1.5
250	118	122	M	2	G	2	0.00	1.5
251	121	125	M	2	G	2	0.00	1.5
252	116	120	M	2	G	2	0.00	1.5
253	128	130	M	2	G	2	0.00	1.5

254	119	123	M	2	G	2	0.00	1.5
255	129	131	M	2	G	2	0.00	1.5
256	133	134	M	2	G	3	0.00	1.5
257	135	136	M	2	G	3	0.00	1.5
258	141	142	M	2	G	3	0.00	1.5
259	143	144	M	2	G	3	0.00	1.5
260	145	146	M	2	G	3	0.00	1.5
261	149	150	M	2	G	3	0.00	1.5
262	136	140	M	2	G	3	0.00	1.5
263	139	143	M	2	G	3	0.00	1.5
264	134	138	M	2	G	3	0.00	1.5
265	146	148	M	2	G	3	0.00	1.5
266	137	141	M	2	G	3	0.00	1.5
267	147	149	M	2	G	3	0.00	1.5
268	137	133	M	2	G	3	0.00	1.5
269	142	138	M	2	G	3	0.00	1.5
270	147	145	M	2	G	3	0.00	1.5
271	139	135	M	2	G	3	0.00	1.5
272	150	148	M	2	G	3	0.00	1.5
273	144	140	M	2	G	3	0.00	1.5
274	151	152	M	2	G	4	0.00	1.5
275	153	154	M	2	G	4	0.00	1.5
276	159	160	M	2	G	4	0.00	1.5
277	161	162	M	2	G	4	0.00	1.5
278	163	164	M	2	G	4	0.00	1.5
279	167	168	M	2	G	4	0.00	1.5
280	155	151	M	2	G	4	0.00	1.5
281	160	156	M	2	G	4	0.00	1.5
282	165	163	M	2	G	4	0.00	1.5
283	157	153	M	2	G	4	0.00	1.5
284	168	166	M	2	G	4	0.00	1.5
285	162	158	M	2	G	4	0.00	1.5
286	154	158	M	2	G	4	0.00	1.5
287	157	161	M	2	G	4	0.00	1.5
288	152	156	M	2	G	4	0.00	1.5
289	164	166	M	2	G	4	0.00	1.5
290	155	159	M	2	G	4	0.00	1.5
291	165	167	M	2	G	4	0.00	1.5
292	115	19	M	2	G	2	0.00	2.1

-----  
 -----

PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 9  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16: 9

=====  
 =====

-----INCIDENCIAS DAS BARRAS (m)-----  
 -----

Barra	NOi	NOf	Tipo			Gama	Compr.
293	116	19	M	2	G	2	0.00 2.1
294	119	19	M	2	G	2	0.00 2.1
295	120	19	M	2	G	2	0.00 2.1
296	123	19	M	2	G	2	0.00 2.1
297	124	19	M	2	G	2	0.00 2.1
298	117	27	M	2	G	2	0.00 2.1
299	118	27	M	2	G	2	0.00 2.1
300	121	27	M	2	G	2	0.00 2.1

301	122	27	M	2	G	2	0.00	2.1
302	125	27	M	2	G	2	0.00	2.1
303	126	27	M	2	G	2	0.00	2.1
304	127	8	M	2	G	2	0.00	2.1
305	128	8	M	2	G	2	0.00	2.1
306	129	8	M	2	G	2	0.00	2.1
307	130	8	M	2	G	2	0.00	2.1
308	131	8	M	2	G	2	0.00	2.1
309	132	8	M	2	G	2	0.00	2.1
310	115	17	M	2	G	2	0.00	3.0
311	116	17	M	2	G	2	0.00	3.0
312	119	17	M	2	G	2	0.00	3.0
313	120	17	M	2	G	2	0.00	3.0
314	123	17	M	2	G	2	0.02	3.0
315	124	17	M	2	G	2	359.98	3.0
316	117	25	M	2	G	2	359.98	3.0
317	118	25	M	2	G	2	0.02	3.0
318	121	25	M	2	G	2	0.00	3.0
319	122	25	M	2	G	2	0.00	3.0
320	125	25	M	2	G	2	0.00	3.0
321	126	25	M	2	G	2	0.00	3.0
322	127	6	M	2	G	2	359.98	3.0
323	128	6	M	2	G	2	0.02	3.0
324	129	6	M	2	G	2	0.00	3.0
325	130	6	M	2	G	2	0.00	3.0
326	131	6	M	2	G	2	0.02	3.0
327	132	6	M	2	G	2	359.98	3.0
328	133	17	M	2	G	3	0.00	2.1
329	134	17	M	2	G	3	0.00	2.1
330	137	17	M	2	G	3	0.00	2.1
331	138	17	M	2	G	3	0.00	2.1
332	141	17	M	2	G	3	0.00	2.1
333	142	17	M	2	G	3	0.00	2.1
334	135	25	M	2	G	3	0.00	2.1
335	136	25	M	2	G	3	0.00	2.1
336	139	25	M	2	G	3	0.00	2.1
337	140	25	M	2	G	3	0.00	2.1
338	143	25	M	2	G	3	0.00	2.1
339	144	25	M	2	G	3	0.00	2.1
340	145	6	M	2	G	3	0.00	2.1
341	146	6	M	2	G	3	0.00	2.1
342	147	6	M	2	G	3	0.00	2.1
343	148	6	M	2	G	3	0.00	2.1
344	149	6	M	2	G	3	0.00	2.1

-----  
 -----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 10  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16: 9  
 =====  
 =====

-----INCIDENCIAS DAS BARRAS (m)-----  
 -----

Barra	NOi	NOf	Tipo			Gama	Compr.
345	150	6	M	2	G	3	0.00 2.1
346	133	15	M	2	G	3	0.00 3.0
347	134	15	M	2	G	3	0.00 3.0

348	137	15	M	2	G	3	0.00	3.0
349	138	15	M	2	G	3	0.00	3.0
350	141	15	M	2	G	3	0.00	3.0
351	142	15	M	2	G	3	0.00	3.0
352	135	23	M	2	G	3	0.00	3.0
353	136	23	M	2	G	3	0.00	3.0
354	139	23	M	2	G	3	0.00	3.0
355	140	23	M	2	G	3	0.00	3.0
356	143	23	M	2	G	3	0.00	3.0
357	144	23	M	2	G	3	0.00	3.0
358	145	4	M	2	G	3	0.00	3.0
359	146	4	M	2	G	3	0.00	3.0
360	147	4	M	2	G	3	0.00	3.0
361	148	4	M	2	G	3	0.00	3.0
362	149	4	M	2	G	3	0.00	3.0
363	150	4	M	2	G	3	0.00	3.0
364	151	15	M	2	G	4	0.00	2.1
365	152	15	M	2	G	4	0.00	2.1
366	155	15	M	2	G	4	0.00	2.1
367	156	15	M	2	G	4	0.00	2.1
368	159	15	M	2	G	4	0.00	2.1
369	160	15	M	2	G	4	0.00	2.1
370	153	23	M	2	G	4	0.00	2.1
371	154	23	M	2	G	4	0.00	2.1
372	157	23	M	2	G	4	0.00	2.1
373	158	23	M	2	G	4	0.00	2.1
374	161	23	M	2	G	4	0.00	2.1
375	162	23	M	2	G	4	0.00	2.1
376	163	4	M	2	G	4	0.00	2.1
377	164	4	M	2	G	4	0.00	2.1
378	165	4	M	2	G	4	0.00	2.1
379	166	4	M	2	G	4	0.00	2.1
380	167	4	M	2	G	4	0.00	2.1
381	168	4	M	2	G	4	0.00	2.1
382	151	13	M	2	G	4	0.00	2.1
383	152	13	M	2	G	4	0.00	2.1
384	155	13	M	2	G	4	0.00	2.1
385	156	13	M	2	G	4	0.00	2.1
386	159	13	M	2	G	4	0.00	2.1
387	160	13	M	2	G	4	0.00	2.1
388	153	21	M	2	G	4	0.00	3.1
389	154	21	M	2	G	4	0.00	3.1
390	157	21	M	2	G	4	0.00	3.1
391	158	21	M	2	G	4	0.00	3.1
392	161	21	M	2	G	4	0.02	3.1
393	162	21	M	2	G	4	359.98	3.1
394	163	2	M	2	G	4	359.98	3.1
395	164	2	M	2	G	4	0.02	3.1
396	165	2	M	2	G	4	0.00	3.1

---

-----

PROJETO :tese  
 ESTRUTURA:decio  
 5/06

PASTA: C:\Tqs\Dé...  
 ARQ. : espacial

PAG.: 11  
 DATA: 30/

PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17  
 16: 9

HORA:

=====  
 =====

-----INCIDENCIAS DAS BARRAS (m)-----

Barra	NOi	NOf	Tipo			Gama	Compr.
397	166	2	M	2	G 4	0.00	3.1
398	167	2	M	2	G 4	0.02	3.1
399	168	2	M	2	G 4	359.98	3.1
400	39	173	M	2	G 2	0.00	4.6
401	173	119	M	2	G 2	0.00	3.1
402	120	41	M	2	G 2	0.00	3.4
403	41	121	M	2	G 2	0.00	3.4
404	122	174	M	2	G 2	0.00	3.1
405	174	43	M	2	G 2	0.00	4.6
406	50	175	M	2	G 2	0.00	4.6
407	175	129	M	2	G 2	0.00	3.1
408	130	176	M	2	G 2	0.00	3.1
409	176	53	M	2	G 2	0.00	4.6
410	50	179	M	2	G 2	0.00	4.6
411	179	123	M	2	G 2	0.00	3.1
412	116	170	M	2	G 2	0.00	3.1
413	170	30	M	2	G 2	0.00	4.6
414	58	177	M	2	G 2	0.00	4.6
415	177	131	M	2	G 2	0.00	3.1
416	128	47	M	2	G 2	0.00	3.4
417	47	125	M	2	G 2	0.00	3.4
418	118	172	M	2	G 2	0.00	3.1
419	172	32	M	2	G 2	0.00	4.6
420	30	171	M	2	G 2	0.00	4.6
421	171	117	M	2	G 2	0.00	3.1
422	126	180	M	2	G 2	0.00	3.1
423	180	53	M	2	G 2	0.00	4.6
424	28	169	M	2	G 2	0.00	4.6
425	169	115	M	2	G 2	0.00	3.1
426	124	46	M	2	G 2	0.00	3.4
427	46	127	M	2	G 2	0.00	3.4
428	132	178	M	2	G 2	0.00	3.1
429	178	60	M	2	G 2	0.00	4.6
430	69	185	M	2	G 3	0.00	3.1
431	185	137	M	2	G 3	0.00	3.1
432	138	71	M	2	G 3	0.00	3.4
433	71	139	M	2	G 3	0.00	3.4
434	140	186	M	2	G 3	0.00	3.1
435	186	73	M	2	G 3	0.00	3.1
436	80	189	M	2	G 3	0.00	3.1
437	189	147	M	2	G 3	0.00	3.1
438	148	190	M	2	G 3	0.00	3.1
439	190	83	M	2	G 3	0.00	3.1
440	78	187	M	2	G 3	0.00	3.1
441	187	141	M	2	G 3	0.00	3.1
442	134	182	M	2	G 3	0.00	3.1
443	182	62	M	2	G 3	0.00	3.1
444	86	191	M	2	G 3	0.00	3.1
445	191	149	M	2	G 3	0.02	3.1
446	146	76	M	2	G 3	0.00	3.4



447	76	143	M	2	G	3	0.00	3.4
448	136	184	M	2	G	3	0.00	3.1

-----  
 -----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 12  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16: 9  
 =====  
 =====

-----INCIDENCIAS DAS BARRAS (m)-----  
 -----

Barra	NOi	NOf	Tipo			Gama	Compr.	
449	184	64	M	2	G	3	0.00	3.1
450	63	183	M	2	G	3	0.00	3.1
451	183	135	M	2	G	3	0.00	3.1
452	144	188	M	2	G	3	0.00	3.1
453	188	79	M	2	G	3	0.00	3.1
454	61	181	M	2	G	3	0.00	3.1
455	181	133	M	2	G	3	0.00	3.1
456	142	75	M	2	G	3	0.00	3.4
457	75	145	M	2	G	3	0.00	3.4
458	150	192	M	2	G	3	0.02	3.1
459	192	87	M	2	G	3	0.00	3.1
460	96	197	M	2	G	4	0.00	1.6
461	197	155	M	2	G	4	0.00	3.2
462	156	98	M	2	G	4	0.00	3.4
463	98	157	M	2	G	4	0.00	3.4
464	158	198	M	2	G	4	0.00	3.2
465	198	100	M	2	G	4	0.00	1.6
466	107	201	M	2	G	4	0.00	1.6
467	201	165	M	2	G	4	0.00	3.2
468	166	202	M	2	G	4	0.00	3.2
469	202	110	M	2	G	4	0.00	1.6
470	105	199	M	2	G	4	0.00	1.6
471	199	159	M	2	G	4	0.00	3.2
472	152	194	M	2	G	4	0.00	3.2
473	194	89	M	2	G	4	0.00	1.6
474	113	203	M	2	G	4	0.00	1.6
475	203	167	M	2	G	4	0.02	3.2
476	164	103	M	2	G	4	0.00	3.4
477	103	161	M	2	G	4	0.00	3.4
478	154	196	M	2	G	4	0.00	3.2
479	196	91	M	2	G	4	0.00	1.6
480	90	195	M	2	G	4	0.00	1.6
481	195	153	M	2	G	4	0.00	3.2
482	162	200	M	2	G	4	0.00	3.2
483	200	106	M	2	G	4	0.00	1.6
484	88	193	M	2	G	4	0.00	1.6
485	193	151	M	2	G	4	0.00	3.2
486	160	102	M	2	G	4	0.00	3.4
487	102	163	M	2	G	4	0.00	3.4
488	168	204	M	2	G	4	0.02	3.2
489	204	114	M	2	G	4	0.00	1.6
490	169	34	M	2	G	2	0.00	0.9
491	170	35	M	2	G	2	0.00	0.9
492	171	36	M	2	G	2	0.00	0.9
493	172	37	M	2	G	2	0.00	0.9

494	173	40	M	2	G	2	0.00	0.9
495	174	42	M	2	G	2	0.00	0.9
496	179	45	M	2	G	2	0.00	0.9
497	180	48	M	2	G	2	0.00	0.9
498	175	51	M	2	G	2	0.00	0.9
499	176	52	M	2	G	2	0.00	0.9
500	177	55	M	2	G	2	0.00	0.9

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 13  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06

PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17

HORA:

16: 9

=====  
 =====  
 -----INCIDENCIAS DAS BARRAS (m)-----  
 -----

Barra	NOi	NOF	Tipo			Gama	Compr.	
501	178	56	M	2	G	2	0.00	0.9
502	181	65	M	2	G	3	0.00	0.8
503	182	66	M	2	G	3	0.00	0.8
504	183	67	M	2	G	3	0.00	0.8
505	184	68	M	2	G	3	0.00	0.8
506	185	70	M	2	G	3	0.00	0.8
507	186	72	M	2	G	3	0.00	0.8
508	187	74	M	2	G	3	0.00	0.8
509	188	77	M	2	G	3	0.00	0.8
510	189	81	M	2	G	3	0.00	0.8
511	190	82	M	2	G	3	0.00	0.8
512	191	84	M	2	G	3	0.00	0.8
513	192	85	M	2	G	3	0.00	0.8
514	193	92	M	2	G	4	0.00	0.5
515	194	93	M	2	G	4	0.00	0.5
516	195	94	M	2	G	4	0.00	0.5
517	196	95	M	2	G	4	0.00	0.5
518	197	97	M	2	G	4	0.00	0.5
519	198	99	M	2	G	4	0.00	0.5
520	199	101	M	2	G	4	0.00	0.5
521	200	104	M	2	G	4	0.00	0.5
522	201	108	M	1	G	4	0.00	0.5
523	202	109	M	2	G	4	0.00	0.5
524	203	111	M	2	G	4	0.00	0.5
525	204	112	M	2	G	4	0.00	0.5
526	33	169	M	2	G	2	0.00	4.6
527	172	38	M	2	G	2	0.00	4.6
528	44	179	M	2	G	2	0.00	4.6
529	180	49	M	2	G	2	0.00	4.6
530	54	177	M	2	G	2	0.00	4.6
531	178	57	M	2	G	2	0.00	4.6
532	44	173	M	2	G	2	0.00	4.6
533	169	29	M	2	G	2	0.00	4.6
534	54	175	M	2	G	2	0.00	4.6
535	171	31	M	2	G	2	0.00	4.6
536	59	178	M	2	G	2	0.00	4.6
537	174	38	M	2	G	2	0.00	4.6
538	31	172	M	2	G	2	0.00	4.6
539	174	49	M	2	G	2	0.00	4.6
540	29	170	M	2	G	2	0.00	4.6





635	190	76	M	2	G	3	0.00	4.6
636	188	76	M	2	G	3	0.00	4.6
637	134	135	M	2	G	3	0.00	7.5
638	141	147	M	2	G	3	0.00	7.5
639	144	148	M	2	G	3	0.00	7.5
640	193	194	M	2	G	4	0.00	4.5
641	194	195	M	2	G	4	0.00	4.5
642	195	196	M	2	G	4	0.00	4.5
643	203	204	M	2	G	4	0.00	4.5
644	197	193	M	2	G	4	0.00	4.5
645	204	202	M	2	G	4	0.00	4.5
646	202	200	M	2	G	4	0.00	4.5
647	200	198	M	2	G	4	0.00	4.5
648	196	198	M	2	G	4	0.00	4.5
649	197	199	M	2	G	4	0.00	4.5
650	199	201	M	2	G	4	0.00	4.5
651	201	203	M	2	G	4	0.00	4.5
652	194	98	M	2	G	4	0.00	4.5
653	195	98	M	2	G	4	0.00	4.5
654	199	102	M	2	G	4	0.00	4.5
655	201	102	M	2	G	4	0.00	4.5
656	202	103	M	2	G	4	0.00	4.5

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 16  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16: 9  
 =====  
 =====

-----INCIDENCIAS DAS BARRAS (m)-----  
 -----

Barra	NOi	NOf	Tipo			Gama	Compr.
657	200	103	M	2	G	4	0.00 4.5
658	152	153	M	2	G	4	0.00 7.5
659	159	165	M	2	G	4	0.00 7.5
660	166	162	M	2	G	4	0.00 7.5

-----RESTRICOES NODAIS (tf m)-----  
 -----

No	DeslX	DeslY	DeslZ	Rot X	Rot Y	Rot Z	AngX	AngY
AngZ								
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00								
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00								
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00								

-----CARREGAMENTO NC. 1 = PESO PROPRIO-----  
 -----

-----CARREGAMENTO NOS ELEMS.(tf m)-----  
 -----

-----Forca uniformemente distribuida-----  
 -----

TP 1 q = 0.00 dir Z Barras: 1a660

-----Peso Proprio dos Elementos-----  
 -----

Fator = 1.000 Dir=Z

-----CARREGAMENTO NC. 2 = CARGAS PERMANENTES-----  
 -----

-----CARREGAMENTO NOS ELEMS.(tf m)-----  
 -----

```

-----Forca uniformemente distribuida-----
-----
TP 1 q = -0.07 dir Z Barras: 25a28 52a55 79a84 108a111
TP 2 q = -0.13 dir Z Barras: 29a51 56a78 85a107 116 119a122 124a126
128
129 136 137 139a141 143a146 149 157 158 160a162 164a167 170 182a185
187a189 191 192 199 200 202a204 206a209 220 221 223a225 227a230
TP 3 q = -0.09 dir Z Barras: 112a114 132 133 151a154 172a174 544a552
TP 4 q = -0.15 dir Z Barras: 115 117 127 130 131 134 135 138 148 150
155
156 159 169 171
TP 5 q = -0.17 dir Z Barras: 118 123 142 147 163 168
TP 6 q = -0.05 dir Z Barras: 175a177 195 196 214a217 235a237 571a579
TP 7 q = -0.12 dir Z Barras: 178a180 194 197 211a213 218 232a234
TP 8 q = -0.10 dir Z Barras: 181 186 190 193 198 201 205 210 219 222
226 231 -----CARREGAMENTO NC. 3 = SOBRECARGA-----
-----
-----CARREGAMENTO NOS ELEMS.(tf m)-----
-----Forca uniformemente distribuida-----
-----
TP 1 q = -0.13 dir Z Barras: 25a28 52a55 79a84 108a111
TP 2 q = -0.26 dir Z Barras: 29a51 56a78 85a107 116 119a122 124a126
128
129 136 137 139a141 143a146 149 157 158 160a162 164a167 170 182a185
187a189 191 192 199 200 202a204 206a209 220 221 223a225 227a230
TP 3 q = -0.17 dir Z Barras: 112a114 132 133 151a154 172a174 544a552
TP 4 q = -0.30 dir Z Barras: 115 117 127 130 131 134 135 138 148 150
155
156 159 169 171
TP 5 q = -0.35 dir Z Barras: 118 123 142 147 163 168
TP 6 q = -0.10 dir Z Barras: 175a177 195 196 214a217 235a237 571a579
TP 7 q = -0.23 dir Z Barras: 178a180 194 197 211a213 218 232a234
TP 8 q = -0.20 dir Z Barras: 181 186 190 193 198 201 205 210 219 222
226 231 -----COMBINACOES DE CARREG. P/ ANALISE LINEAR-----
----- COMB 1 NC1+NC2+NC3 NOME:CARGA TOTAL
-----
-----
-----
-----

```



## E. PROCESSAMENTO DA ESTRUTURA

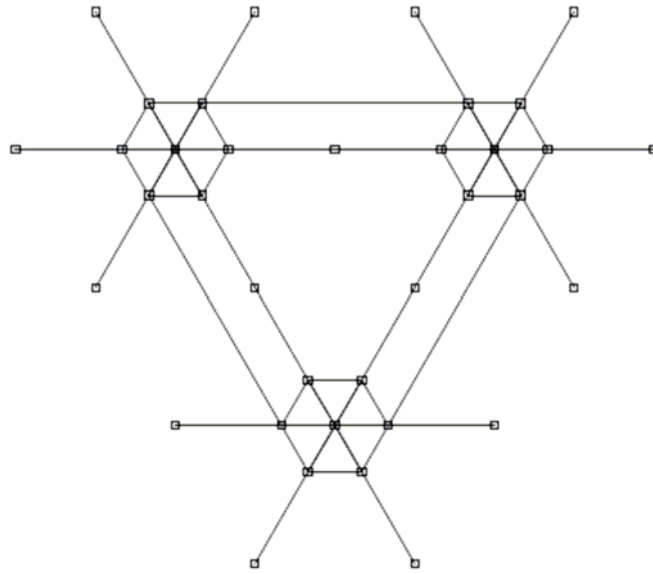
Durante os processamentos iniciais da estrutura, foram encontradas as seguintes dificuldades:

- A esbelteza exigida pelo projeto, levava a estrutura a grandes deformações. Além disso, encontravam-se grandes deformações nos nós intermediários do diamante, no plano horizontal.
- Após análise da estrutura, constatou-se que as forças aplicadas pelas barras no diamante eram desequilibradas. Assim, o diamante virava um “pião”, gerando grandes deformações na estrutura.
- Diante desses fatos, foram criadas novas barras para estabilização da estrutura.
- Com isso, conseguiu-se manter as deformações do piso dentro dos limites recomendados em norma (declividade máxima de  $L/150$ ), bem como, a estabilização do diamante.
- No processamento final e após os dimensionamentos necessários das peças estruturais, foram obtidos os seguintes resultados:
  - O dimensionamento das barras foi limitado pelas deformações do pavimento. A norma de dimensionamento de estruturas de madeira impõe como dimensões mínimas das peças estruturais a largura de 5 cm e a área mínima de 50 cm<sup>2</sup>.
  - Como as peças não possuem esforços de flexão significativos, optou-se por barra de seção quadrada.
  - Assim, para que os pisos se mantivessem com deformações dentro dos limites de Norma, foi necessário o aumento das seção das peças, conforme mostrado à seguir:
    - Níveis 12,4 e 8,3 : peças de 15 x 15 cm
    - Nível 4,2 : peças de 10 x 10 cm

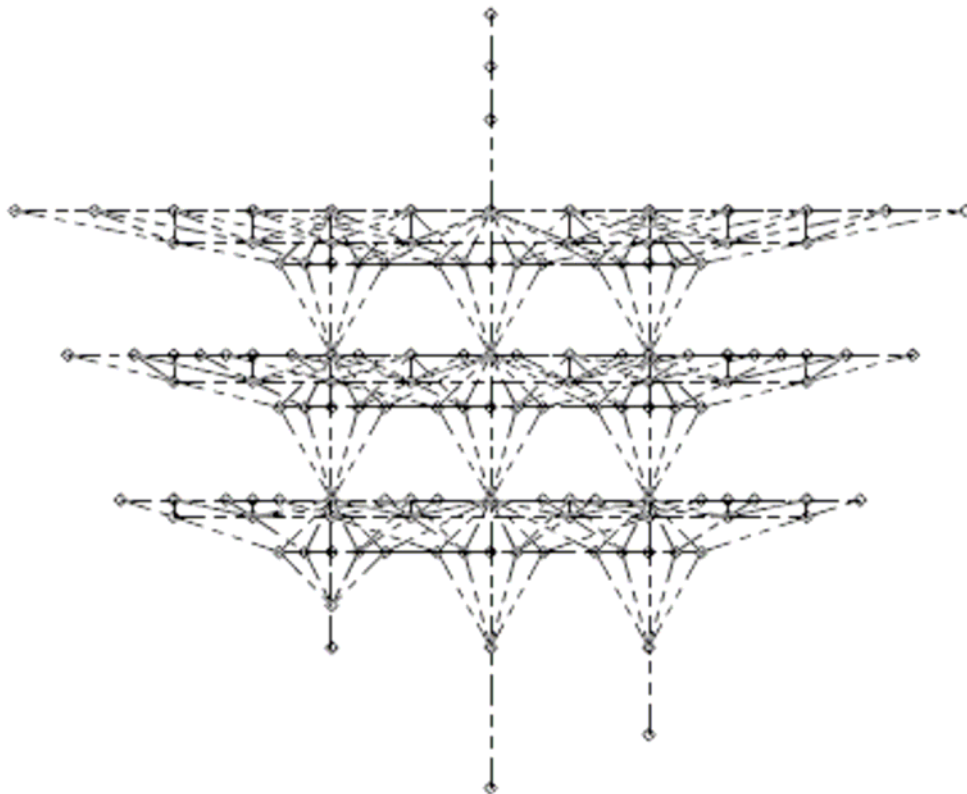
Nível (m)	$\delta$ máx (cm)	$\delta$ lim = $L/150$ (cm)
12,4	3,66	5,20
8,3	3,30	4,30
4,2	2,98	3,50

- Colunas: peças hexagonais com inércias equivalentes a um quadrado de 40 x 40 cm
- As deformações máximas obtidas e as limites foram as seguintes:

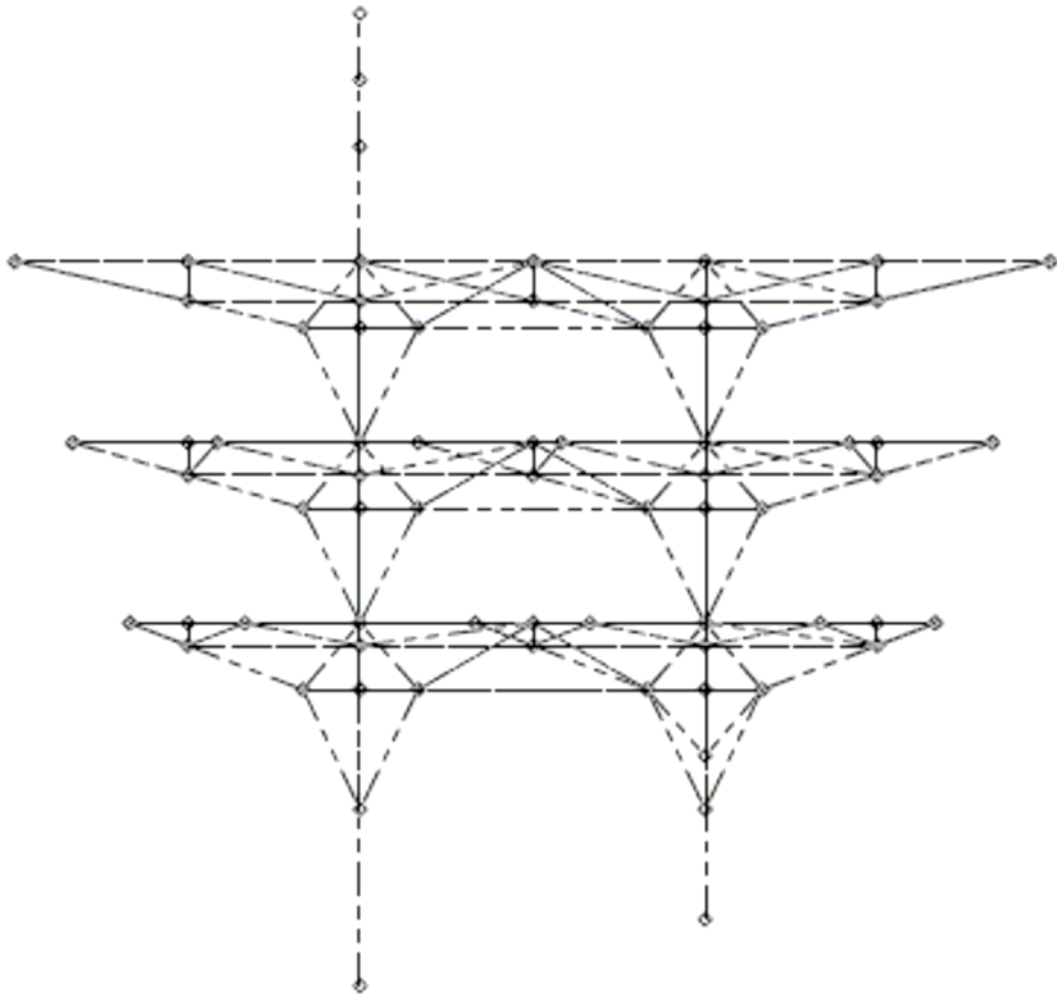
## F. NOVA CONFIGURAÇÃO GEOMÉTRICA DA ESTRUTURA



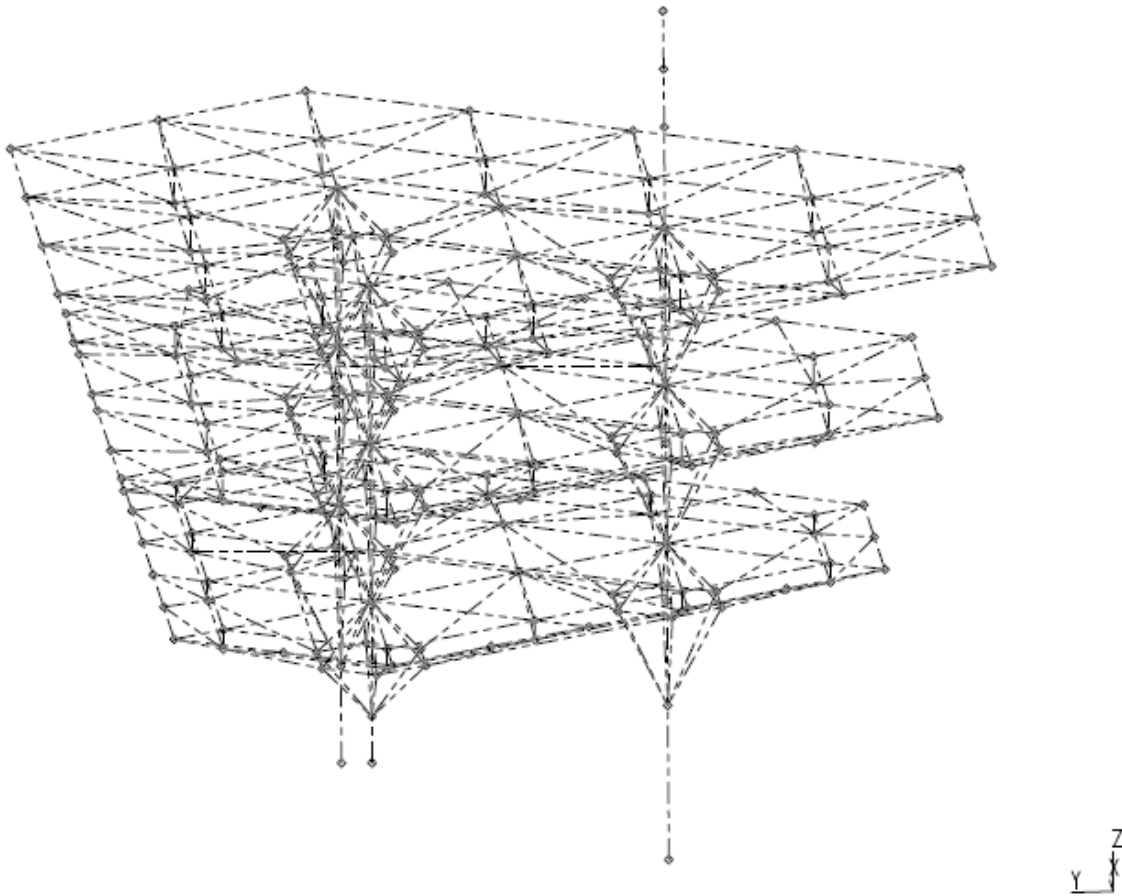
Travamentos Horizontais e diagonais – Níveis Intermediários



Vista Frontal da Nova Estrutura



Vista Lateral da Nova Estrutura



Visão Tridimensional da Nova Estrutura

## G. RESULTADOS DO PROCESSAMENTO

Os resultados finais dos processamentos das cargas verticais totais foram os seguintes:

```

PROJETO   :tese                               PASTA: C:\Tqs\Dé...       PAG.:      1
ESTRUTURA:decio                             ARQ.  : espacial        DATA: 30/
5/06
PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17      HORA:
16:45

```

```

=====
=====

```

Modulo Portico Espacial - Regiao de Interesse: 0

-----DESLOCAMENTOS NODAIS (cm) CB. 1 CARGA TOTAL-----

No	DeslX	DeslY	DeslZ	Rot X	Rot Y	Rot Z
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.01	0.02	-0.21	0.00	0.00	-0.00
3	0.00	-0.01	-0.28	0.00	0.00	-0.00
4	0.02	-0.03	-0.32	0.00	0.00	-0.00

5	0.04	-0.05	-0.36	0.00	0.00	-0.00
6	0.05	-0.06	-0.38	0.00	0.00	-0.00
7	0.08	-0.09	-0.37	0.00	0.00	-0.00
8	0.09	-0.17	-0.37	0.00	0.00	-0.00
9	0.12	-0.38	-0.37	0.00	0.00	-0.00
10	0.13	-0.50	-0.36	0.00	0.00	-0.00
11	0.15	-0.62	-0.36	0.00	0.00	-0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.01	-0.01	-0.06	0.00	0.00	-0.00
14	0.02	-0.03	-0.11	0.00	0.00	-0.00
15	0.04	-0.05	-0.16	0.00	0.00	-0.00
16	0.09	-0.11	-0.20	0.00	0.00	-0.00
17	0.11	-0.14	-0.22	0.00	0.00	-0.00
18	0.15	-0.18	-0.21	0.00	-0.00	-0.00
19	0.11	-0.17	-0.21	-0.00	-0.00	-0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	-0.01	-0.01	-0.13	0.00	-0.00	0.00
22	0.00	-0.04	-0.20	0.00	0.00	-0.00
23	0.01	-0.07	-0.24	0.00	0.00	-0.00
24	0.01	-0.12	-0.28	0.00	0.00	-0.00
25	0.02	-0.15	-0.30	0.00	0.00	-0.00
26	0.03	-0.19	-0.30	0.00	0.00	-0.00
27	0.10	-0.19	-0.29	-0.00	0.00	-0.00
28	0.02	-0.08	-2.77	0.01	0.00	0.00
29	0.04	-0.05	-2.90	0.00	-0.00	-0.00
30	0.11	-0.04	-2.46	0.00	0.00	-0.00
31	0.19	-0.06	-2.98	0.00	0.00	0.00
32	0.21	-0.11	-2.94	0.01	-0.00	-0.00
33	-0.00	-0.09	-3.22	0.00	0.00	-0.00
34	0.05	-0.11	-3.09	0.00	-0.00	0.00
35	0.08	-0.07	-1.51	-0.00	-0.00	0.00
36	0.14	-0.08	-1.55	-0.00	0.00	-0.00
37	0.17	-0.13	-3.21	0.00	0.00	-0.00
38	0.22	-0.13	-3.43	0.00	-0.00	-0.00
39	-0.02	-0.12	-2.84	0.00	0.01	-0.00
40	0.02	-0.14	-3.12	-0.00	0.00	-0.00
41	0.10	-0.09	-0.32	-0.00	0.00	-0.00
42	0.18	-0.16	-3.29	-0.00	0.00	0.00
43	0.22	-0.15	-3.10	0.00	-0.01	0.00
44	-0.04	-0.16	-3.01	-0.00	0.00	0.00
45	-0.00	-0.19	-1.58	0.00	-0.00	-0.00
46	0.03	-0.21	-0.36	0.00	-0.00	-0.00
47	0.17	-0.22	-0.41	0.00	0.00	-0.00
48	0.20	-0.21	-1.71	0.00	0.00	0.00
49	0.24	-0.19	-3.22	-0.00	-0.00	-0.00
50	-0.03	-0.23	-2.61	-0.00	0.00	-0.00
51	0.02	-0.24	-1.66	0.00	-0.00	0.00

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 2  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16:45  
 =====  
 =====

-----DESLOCAMENTOS NODAIS (cm) CB. 1 CARGA TOTAL-----  
 -----  
 No DeslX DeslY DeslZ Rot X Rot Y Rot Z

52	0.17	-0.26	-1.75	0.00	0.00	-0.00
53	0.21	-0.26	-2.78	-0.00	-0.00	-0.00
54	0.02	-0.29	-3.17	0.00	0.00	-0.00
55	0.07	-0.26	-3.36	0.00	0.00	0.00
56	0.10	-0.26	-3.41	0.00	-0.00	-0.00
57	0.16	-0.31	-3.30	0.00	-0.00	0.00
58	0.06	-0.29	-3.17	-0.00	0.00	0.00
59	0.08	-0.31	-3.62	-0.00	0.00	-0.00
60	0.11	-0.31	-3.25	-0.00	-0.00	-0.00
61	0.03	-0.07	-1.28	0.00	0.00	0.00
62	0.07	-0.01	-1.31	-0.00	-0.00	-0.00
63	0.08	-0.02	-1.32	-0.00	0.00	0.00
64	0.12	-0.09	-1.44	0.00	-0.00	-0.00
65	0.06	-0.09	-1.46	0.00	0.00	0.00
66	0.07	-0.05	-0.99	0.00	-0.00	0.00
67	0.07	-0.06	-1.03	0.00	0.00	-0.00
68	0.08	-0.11	-1.59	0.00	-0.00	-0.00
69	0.01	-0.07	-1.35	0.00	0.00	-0.00
70	0.05	-0.10	-1.50	-0.00	0.00	-0.00
71	0.06	-0.06	-0.30	-0.00	0.00	-0.00
72	0.08	-0.12	-1.67	-0.00	-0.00	0.00
73	0.12	-0.11	-1.57	0.00	-0.00	0.00
74	0.01	-0.13	-1.07	-0.00	0.00	-0.00
75	0.01	-0.14	-0.34	0.00	-0.00	-0.00
76	0.11	-0.15	-0.38	0.00	0.00	-0.00
77	0.11	-0.15	-1.19	-0.00	-0.00	0.00
78	-0.03	-0.15	-1.43	-0.00	-0.00	0.00
79	0.14	-0.17	-1.59	-0.00	0.00	-0.00
80	-0.03	-0.16	-1.46	0.00	-0.00	-0.00
81	0.00	-0.14	-1.15	-0.00	0.00	0.00
82	0.10	-0.15	-1.23	-0.00	-0.00	-0.00
83	0.14	-0.18	-1.60	0.00	0.00	0.00
84	0.04	-0.13	-1.75	-0.00	0.00	0.00
85	0.05	-0.13	-1.79	-0.00	-0.00	-0.00
86	0.04	-0.17	-1.64	-0.00	0.00	0.00
87	0.05	-0.18	-1.72	-0.00	-0.00	-0.00
88	0.02	-0.04	-0.25	0.00	0.00	0.00
89	0.03	-0.02	-0.38	0.00	-0.00	-0.00
90	0.04	-0.02	-0.44	0.00	0.00	0.00
91	0.04	-0.06	-0.39	0.00	-0.00	-0.00
92	0.03	-0.04	-0.49	0.00	0.00	0.00
93	0.03	-0.02	-0.52	0.00	0.00	0.00
94	0.03	-0.03	-0.58	0.00	0.00	-0.00
95	0.03	-0.06	-0.62	0.00	-0.00	-0.00
96	0.02	-0.03	-0.30	0.00	0.00	-0.00
97	0.02	-0.04	-0.53	0.00	0.00	-0.00
98	0.03	-0.02	-0.25	-0.00	0.00	-0.00
99	0.03	-0.06	-0.68	0.00	-0.00	0.00
100	0.03	-0.06	-0.47	0.00	-0.00	0.00
101	-0.00	-0.05	-0.59	-0.00	0.00	-0.00
102	-0.01	-0.07	-0.28	0.00	-0.00	-0.00
103	0.05	-0.07	-0.31	0.00	0.00	-0.00

---

-----



PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 3  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16:45

=====

-----DESLOCAMENTOS NODAIS (cm) CB. 1 CARGA TOTAL-----

No	DeslX	DeslY	DeslZ	Rot X	Rot Y	Rot Z
104	0.04	-0.07	-0.70	-0.00	-0.00	0.00
105	-0.01	-0.05	-0.48	-0.00	0.00	0.00
106	0.05	-0.07	-0.60	-0.00	-0.00	-0.00
107	-0.01	-0.06	-0.56	0.00	0.00	-0.00
108	-0.00	-0.06	-0.69	-0.00	0.00	0.00
109	0.04	-0.07	-0.74	-0.00	-0.00	-0.00
110	0.04	-0.08	-0.63	0.00	-0.00	0.00
111	0.01	-0.05	-0.77	-0.00	0.00	0.00
112	0.01	-0.06	-0.79	-0.00	-0.00	-0.00
113	0.01	-0.06	-0.57	-0.00	0.00	0.00
114	0.00	-0.07	-0.60	-0.00	-0.00	-0.00
115	0.18	-0.24	-0.25	-0.00	-0.00	-0.00
116	0.12	-0.28	-0.24	-0.00	0.00	-0.00
117	0.06	-0.29	-0.31	-0.00	-0.00	-0.00
118	-0.00	-0.25	-0.35	-0.00	0.00	0.00
119	0.21	-0.18	-0.26	0.00	-0.00	0.00
120	0.14	-0.21	-0.23	0.00	0.00	0.00
121	0.04	-0.22	-0.28	0.00	-0.00	-0.00
122	-0.04	-0.20	-0.38	0.00	0.00	-0.00
123	0.22	-0.11	-0.27	0.00	-0.00	-0.00
124	0.16	-0.16	-0.24	0.00	0.00	-0.00
125	0.01	-0.17	-0.31	0.00	0.00	0.00
126	-0.04	-0.12	-0.37	0.00	0.00	-0.00
127	0.11	-0.08	-0.35	0.00	-0.00	0.00
128	0.05	-0.08	-0.36	0.00	0.00	-0.00
129	0.18	-0.06	-0.40	0.00	-0.00	-0.00
130	-0.02	-0.06	-0.43	0.00	0.00	-0.00
131	0.11	-0.03	-0.45	0.00	-0.00	-0.00
132	0.04	-0.03	-0.47	0.00	0.00	0.00
133	0.11	-0.13	-0.18	-0.00	-0.00	-0.00
134	0.08	-0.16	-0.20	-0.00	0.00	0.00
135	0.02	-0.17	-0.27	-0.00	-0.00	-0.00
136	-0.00	-0.15	-0.28	-0.00	0.00	0.00
137	0.12	-0.11	-0.19	0.00	-0.00	0.00
138	0.10	-0.13	-0.23	0.00	0.00	0.00
139	0.00	-0.13	-0.28	0.00	-0.00	-0.00
140	-0.02	-0.12	-0.30	0.00	0.00	-0.00
141	0.13	-0.07	-0.23	0.00	-0.00	-0.00
142	0.11	-0.11	-0.24	0.00	0.00	-0.00
143	-0.01	-0.12	-0.31	0.00	-0.00	0.00
144	-0.03	-0.09	-0.33	0.00	0.00	0.00
145	0.05	-0.03	-0.35	0.00	0.00	0.00
146	0.03	-0.03	-0.36	0.00	0.00	-0.00
147	0.09	-0.03	-0.36	0.00	-0.00	0.00
148	-0.01	-0.03	-0.39	0.00	0.00	-0.00
149	0.05	-0.02	-0.38	0.00	-0.00	-0.00
150	0.02	-0.02	-0.39	0.00	0.00	0.00
151	0.02	-0.02	-0.09	-0.00	-0.00	-0.00
152	0.02	-0.03	-0.11	-0.00	0.00	0.00
153	0.01	-0.05	-0.18	-0.00	0.00	-0.00

154	0.01	-0.04	-0.18	-0.00	0.00	0.00
155	0.02	-0.03	-0.11	0.00	-0.00	-0.00

```

-----
-----
PROJETO :tese                                PASTA: C:\Tqs\Dé...          PAG.:      4
ESTRUTURA:decio                            ARQ. : espacial            DATA: 30/
5/06
PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17      HORA:
16:45
=====
=====

```

```

-----DESLOCAMENTOS NODAIS (cm) CB. 1  CARGA TOTAL-----
-----

```

No	DeslX	DeslY	DeslZ	Rot X	Rot Y	Rot Z
156	0.03	-0.03	-0.14	0.00	0.00	-0.00
157	-0.01	-0.05	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
158	0.01	-0.04	-0.20	0.00	0.00	-0.00
159	0.02	-0.03	-0.14	0.00	-0.00	-0.00
160	0.03	-0.04	-0.15	0.00	0.00	-0.00
161	-0.00	-0.05	-0.21	0.00	0.00	0.00
162	0.00	-0.04	-0.22	0.00	0.00	0.00
163	0.01	-0.00	-0.26	0.00	0.00	0.00
164	0.01	-0.01	-0.26	0.00	0.00	-0.00
165	0.01	-0.01	-0.27	0.00	-0.00	0.00
166	-0.00	-0.02	-0.29	0.00	0.00	-0.00
167	0.00	-0.02	-0.29	0.00	-0.00	-0.00
168	0.00	-0.03	-0.29	0.00	0.00	0.00
169	-0.03	0.04	-3.08	-0.00	-0.00	-0.00
170	0.13	-0.21	-1.50	-0.00	-0.00	-0.00
171	0.07	-0.22	-1.54	-0.00	0.00	0.00
172	0.23	0.02	-3.20	-0.00	0.00	0.00
173	-0.14	-0.14	-3.11	-0.00	-0.00	0.00
174	0.33	-0.16	-3.28	-0.00	0.00	-0.00
175	0.11	-0.11	-1.65	0.00	-0.00	-0.00
176	0.06	-0.12	-1.74	0.00	0.00	0.00
177	-0.03	-0.37	-3.35	0.00	-0.00	-0.00
178	0.18	-0.37	-3.40	0.00	0.00	0.00
179	0.15	-0.15	-1.57	0.00	-0.00	0.00
180	0.03	-0.17	-1.70	0.00	0.00	-0.00
181	-0.01	0.02	-1.46	-0.00	-0.00	0.00
182	0.08	-0.07	-0.98	-0.00	-0.00	-0.00
183	0.05	-0.08	-1.03	-0.00	0.00	0.00
184	0.14	-0.00	-1.59	-0.00	0.00	-0.00
185	-0.08	-0.08	-1.50	0.00	-0.00	-0.00
186	0.19	-0.11	-1.67	0.00	0.00	0.00
187	0.04	-0.12	-1.06	0.00	-0.00	0.00
188	0.07	-0.14	-1.19	0.00	0.00	-0.00
189	0.02	-0.10	-1.14	0.00	-0.00	-0.00
190	0.08	-0.11	-1.23	0.00	0.00	0.00
191	-0.02	-0.22	-1.74	0.00	-0.00	0.00
192	0.10	-0.23	-1.78	0.00	0.00	-0.00
193	-0.02	0.03	-0.49	0.00	0.00	0.00
194	0.04	0.04	-0.52	0.00	-0.00	-0.00
195	0.02	0.03	-0.58	0.00	0.00	0.00
196	0.08	0.01	-0.61	0.00	-0.00	-0.00
197	-0.06	-0.03	-0.52	0.00	0.00	-0.00
198	0.11	-0.05	-0.67	0.00	-0.00	0.00
199	-0.05	-0.08	-0.59	-0.00	0.00	0.00
200	0.08	-0.10	-0.70	-0.00	0.00	-0.00

201	-0.06	-0.07	-0.69	0.00	0.00	-0.00
202	0.08	-0.08	-0.74	0.00	-0.00	0.00
203	-0.03	-0.12	-0.77	-0.00	0.00	0.00
204	0.04	-0.12	-0.79	-0.00	-0.00	-0.00
205	0.03	0.43	-2.93	-0.01	-0.00	0.00
206	0.11	0.41	-3.02	-0.01	0.00	-0.00
207	-0.31	0.12	-2.74	-0.00	-0.00	-0.00

```

-----
PROJETO :tese                PASTA: C:\Tqs\Dé...        PAG.:      5
ESTRUTURA:decio            ARQ. : espacial          DATA: 30/
5/06
PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17        HORA:
16:45
=====
=====

```

```

-----DESLOCAMENTOS NODAIS (cm) CB. 1  CARGA TOTAL-----
-----

```

No	DeslX	DeslY	DeslZ	Rot X	Rot Y	Rot Z
208	0.45	0.09	-2.93	-0.00	0.00	-0.00
209	-0.42	-0.33	-3.03	0.00	-0.01	-0.00
210	0.54	-0.36	-3.22	0.00	0.01	0.00
211	-0.39	-0.41	-3.19	0.00	-0.01	0.00
212	0.49	-0.42	-3.30	0.00	0.01	-0.00
213	0.04	-0.56	-3.10	0.00	0.00	-0.00
214	0.02	0.04	-0.65	-0.00	0.00	0.00
215	0.05	0.03	-0.75	-0.00	-0.00	-0.00
216	-0.02	-0.01	-0.60	0.00	0.00	-0.00
217	0.08	-0.04	-0.75	0.00	0.00	-0.00
218	-0.06	-0.07	-0.72	0.00	-0.00	-0.00
219	0.11	-0.10	-0.87	0.00	0.00	0.00
220	-0.06	-0.10	-0.91	0.00	-0.00	0.00
221	0.08	-0.11	-0.95	0.00	0.00	-0.00
222	0.01	-0.11	-0.91	0.00	0.00	-0.00

```

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1  CARGA TOTAL-----
-----

```

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
	1	88.13	-0.06	-0.03	0.00	0.05	-0.11
	2	-88.57	0.06	0.03	-0.00	0.06	-0.14
	2	44.89	0.05	0.01	-0.00	-0.04	0.14
	3	-45.18	-0.05	-0.01	0.00	0.02	0.00
	3	45.18	0.05	0.01	-0.00	-0.02	-0.00
	4	-45.35	-0.05	-0.01	0.00	0.01	0.08
	4	23.41	-0.05	0.01	-0.00	-0.03	-0.10
	5	-23.70	0.05	-0.01	0.00	0.00	-0.02
	5	23.70	-0.05	0.01	-0.00	-0.00	0.02
	6	-23.86	0.05	-0.01	0.00	-0.01	-0.09
	6	-5.01	-0.21	-0.00	-0.00	0.00	-0.16
	7	4.73	0.21	0.00	0.00	-0.00	-0.39
	7	-4.73	-0.21	-0.00	-0.00	0.00	0.39
	8	4.56	0.21	0.00	0.00	0.00	-0.71
	8	-0.62	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	9	0.33	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	9	-0.33	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	10	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
	10	-0.17	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	11	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
	11	89.44	0.05	0.09	0.00	-0.18	0.18
	13	-89.57	-0.05	-0.09	-0.00	0.07	-0.12



35	40	-8.81	0.00	0.50	-0.00	0.11	0.00
	19	8.81	-0.00	1.14	0.00	1.31	0.01
36	19	0.83	-0.01	0.84	0.02	-0.68	-0.02
	41	-0.83	0.01	0.80	-0.02	0.57	-0.02
37	41	0.83	0.01	0.80	-0.02	-0.57	0.02
	27	-0.83	-0.01	0.84	0.02	0.68	0.02
38	27	-8.81	-0.00	1.14	0.00	-1.31	-0.01
	42	8.81	0.00	0.50	-0.00	-0.11	-0.00
39	42	-4.03	0.00	0.94	-0.01	-0.78	0.00
	43	4.03	-0.00	0.70	0.01	0.24	0.00
40	44	-4.15	0.00	0.69	-0.04	-0.25	0.01
	45	4.15	-0.00	0.95	0.04	0.83	0.00
41	45	-2.96	0.00	0.79	-0.01	-0.56	-0.00
	46	2.96	-0.00	0.85	0.01	0.71	0.00
42	46	-14.42	0.00	0.82	-0.00	-0.68	-0.00
	47	14.42	-0.00	0.82	0.00	0.68	0.00
43	47	-2.96	-0.00	0.85	0.01	-0.71	-0.00
	48	2.96	0.00	0.79	-0.01	0.56	0.00

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 7  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16:45  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
44	48	-4.15	-0.00	0.95	0.04	-0.83	-0.00
	49	4.15	0.00	0.69	-0.04	0.25	-0.01
45	50	-4.79	0.00	0.72	-0.04	-0.33	0.00
	51	4.79	-0.00	0.92	0.04	0.79	0.01
46	51	-7.32	-0.01	0.71	0.02	-0.40	-0.02
	8	7.32	0.01	0.93	-0.02	0.89	-0.02
47	8	-7.32	0.01	0.93	-0.02	-0.89	0.02
	52	7.32	-0.01	0.71	0.02	0.40	0.02
48	52	-4.79	-0.00	0.92	0.04	-0.79	-0.01
	53	4.79	0.00	0.72	-0.04	0.33	-0.00
49	54	-5.43	-0.01	0.75	0.00	-0.40	-0.01
	55	5.43	0.01	0.89	-0.00	0.74	-0.01
50	55	-3.26	-0.00	0.82	-0.00	-0.59	0.00
	56	3.26	0.00	0.82	0.00	0.59	-0.00
51	56	-5.43	0.01	0.89	-0.00	-0.74	0.01
	57	5.43	-0.01	0.75	0.00	0.40	0.01
52	58	-2.38	0.00	0.35	-0.01	-0.16	0.01
	59	2.38	-0.00	0.41	0.01	0.29	0.00
53	59	-2.38	-0.00	0.41	0.01	-0.29	-0.00
	60	2.38	0.00	0.35	-0.01	0.16	-0.01
54	39	-2.38	-0.00	0.35	0.01	-0.17	-0.01
	33	2.38	0.00	0.41	-0.01	0.29	-0.00
55	33	-2.38	0.00	0.41	-0.01	-0.30	0.00
	28	2.38	-0.00	0.35	0.01	0.16	0.01
56	44	-5.43	0.01	0.75	-0.00	-0.40	0.01
	40	5.43	-0.01	0.90	0.00	0.74	0.01
57	40	-3.26	-0.00	0.82	0.00	-0.60	-0.00
	34	3.26	0.00	0.82	-0.00	0.60	0.00
58	34	-5.43	-0.01	0.90	0.00	-0.74	-0.01

	29	5.43	0.01	0.75	-0.00	0.40	-0.01
59	50	-4.79	-0.00	0.72	0.04	-0.33	-0.00
	45	4.79	0.00	0.92	-0.04	0.79	-0.01
60	45	-7.32	0.01	0.71	-0.02	-0.40	0.02
	19	7.32	-0.01	0.93	0.02	0.89	0.02
61	19	-7.32	-0.01	0.93	0.02	-0.89	-0.02
	35	7.32	0.01	0.71	-0.02	0.40	-0.02
62	35	-4.79	0.00	0.92	-0.04	-0.79	0.01
	30	4.79	-0.00	0.72	0.04	0.33	0.00
63	54	-4.15	-0.00	0.69	0.04	-0.26	-0.01
	51	4.15	0.00	0.95	-0.04	0.83	-0.00
64	51	-2.96	-0.00	0.79	0.01	-0.56	0.00
	46	2.96	0.00	0.86	-0.01	0.71	-0.00
65	46	-14.43	-0.00	0.82	-0.00	-0.68	-0.00
	41	14.43	0.00	0.82	0.00	0.68	-0.00
66	41	-2.96	0.00	0.86	-0.01	-0.71	0.00
	36	2.96	-0.00	0.79	0.01	0.56	-0.00
67	36	-4.15	0.00	0.95	-0.04	-0.83	0.00
	31	4.15	-0.00	0.69	0.04	0.26	0.01
68	58	-4.03	0.00	0.70	-0.01	-0.24	0.00
	55	4.03	-0.00	0.94	0.01	0.78	0.00
69	55	-8.82	-0.00	0.51	0.00	0.11	-0.00
	8	8.82	0.00	1.14	-0.00	1.31	-0.01

-----  
-----

PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 8  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16:45

=====  
=====

-----ESFORÇOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
70	8	0.83	0.01	0.84	-0.02	-0.68	0.02
	47	-0.83	-0.01	0.80	0.02	0.58	0.02
71	47	0.82	-0.01	0.80	0.02	-0.58	-0.02
	27	-0.82	0.01	0.84	-0.02	0.68	-0.02
72	27	-8.82	0.00	1.14	-0.00	-1.31	0.01
	37	8.82	-0.00	0.51	0.00	-0.11	0.00
73	37	-4.03	-0.00	0.94	0.01	-0.78	-0.00
	32	4.03	0.00	0.70	-0.01	0.24	-0.00
74	59	-5.00	-0.00	0.73	-0.02	-0.32	-0.00
	56	5.00	0.00	0.92	0.02	0.75	-0.01
75	56	-3.50	0.00	0.68	-0.04	-0.29	0.01
	52	3.50	-0.00	0.96	0.04	0.92	0.00
76	52	-5.70	0.00	0.82	-0.00	-0.66	-0.00
	48	5.70	-0.00	0.82	0.00	0.66	0.00
77	48	-3.51	-0.00	0.96	0.04	-0.92	-0.00
	42	3.51	0.00	0.68	-0.04	0.29	-0.01
78	42	-5.01	0.00	0.92	0.02	-0.75	0.01
	38	5.01	-0.00	0.73	-0.02	0.32	0.00
79	60	-2.38	0.00	0.37	-0.03	-0.17	0.01
	57	2.38	-0.00	0.40	0.03	0.23	0.01
80	57	-7.27	0.00	0.38	-0.01	-0.31	0.01
	53	7.27	-0.00	0.39	0.01	0.34	0.01
81	53	-7.26	-0.00	0.39	0.01	-0.34	-0.01
	49	7.26	0.00	0.38	-0.01	0.31	-0.01



82	49	-2.38	-0.00	0.40	0.03	-0.23	-0.01
	43	2.38	0.00	0.37	-0.03	0.17	-0.01
83	32	-2.38	-0.00	0.35	0.01	-0.16	-0.01
	38	2.38	0.00	0.41	-0.01	0.30	-0.00
84	38	-2.38	0.00	0.41	-0.01	-0.29	0.00
	43	2.38	-0.00	0.35	0.01	0.17	0.01
85	31	-5.43	0.01	0.75	-0.00	-0.40	0.01
	37	5.43	-0.01	0.90	0.00	0.74	0.01
86	37	-3.26	0.00	0.82	-0.00	-0.60	-0.00
	42	3.26	-0.00	0.82	0.00	0.60	0.00
87	42	-5.43	-0.01	0.90	0.00	-0.74	-0.01
	49	5.43	0.01	0.75	-0.00	0.40	-0.01
88	30	-4.79	-0.00	0.72	0.04	-0.33	-0.00
	36	4.79	0.00	0.92	-0.04	0.79	-0.01
89	36	-7.33	0.01	0.71	-0.02	-0.40	0.02
	27	7.33	-0.01	0.93	0.02	0.89	0.02
90	27	-7.32	-0.01	0.93	0.02	-0.89	-0.02
	48	7.32	0.01	0.71	-0.02	0.40	-0.02
91	48	-4.79	0.00	0.92	-0.04	-0.79	0.01
	53	4.79	-0.00	0.72	0.04	0.33	0.00
92	29	-4.15	-0.00	0.69	0.04	-0.26	-0.01
	35	4.15	0.00	0.95	-0.04	0.83	-0.00
93	35	-2.96	-0.00	0.79	0.01	-0.56	0.00
	41	2.96	0.00	0.86	-0.01	0.71	-0.00
94	41	-14.43	0.00	0.82	0.00	-0.68	0.00
	47	14.43	-0.00	0.82	-0.00	0.68	0.00
95	47	-2.96	0.00	0.86	-0.01	-0.71	0.00
	52	2.96	-0.00	0.79	0.01	0.56	-0.00

-----  
-----

PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 9  
ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
5/06  
PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
16:45

=====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
96	52	-4.15	0.00	0.95	-0.04	-0.83	0.00
	57	4.15	-0.00	0.69	0.04	0.26	0.01
97	28	-4.03	0.00	0.70	-0.01	-0.24	0.00
	34	4.03	-0.00	0.94	0.01	0.78	0.00
98	34	-8.82	-0.00	0.51	0.00	0.11	-0.00
	19	8.82	0.00	1.14	-0.00	1.31	-0.01
99	19	0.82	0.01	0.84	-0.02	-0.68	0.02
	46	-0.82	-0.01	0.80	0.02	0.58	0.02
100	46	0.83	-0.01	0.80	0.02	-0.58	-0.02
	8	-0.83	0.01	0.84	-0.02	0.68	-0.02
101	8	-8.82	0.00	1.14	-0.00	-1.31	0.01
	56	8.82	-0.00	0.51	0.00	-0.11	0.00
102	56	-4.03	-0.00	0.94	0.01	-0.78	-0.00
	60	4.03	0.00	0.70	-0.01	0.24	-0.00
103	33	-5.01	-0.00	0.73	-0.02	-0.32	-0.00
	40	5.01	0.00	0.92	0.02	0.75	-0.01
104	40	-3.51	0.00	0.68	-0.04	-0.29	0.01
	45	3.51	-0.00	0.96	0.04	0.92	0.00
105	45	-5.70	-0.00	0.82	0.00	-0.66	-0.00

	51	5.70	0.00	0.82	-0.00	0.66	0.00
106	51	-3.50	-0.00	0.96	0.04	-0.92	-0.00
	55	3.50	0.00	0.68	-0.04	0.29	-0.01
107	55	-5.00	0.00	0.92	0.02	-0.75	0.01
	59	5.00	-0.00	0.73	-0.02	0.32	0.00
108	39	-2.38	0.00	0.37	-0.03	-0.17	0.01
	44	2.38	-0.00	0.40	0.03	0.23	0.01
109	44	-7.26	0.00	0.38	-0.01	-0.31	0.01
	50	7.26	-0.00	0.39	0.01	0.34	0.01
110	50	-7.27	-0.00	0.39	0.01	-0.34	-0.01
	54	7.27	0.00	0.38	-0.01	0.31	-0.01
111	54	-2.38	-0.00	0.40	0.03	-0.23	-0.01
	58	2.38	0.00	0.37	-0.03	0.17	-0.01
112	61	-0.93	-0.09	0.68	0.16	-0.66	-0.16
	205	0.93	0.09	0.20	-0.16	-0.22	-0.17
113	62	-3.92	0.00	0.18	0.00	-0.44	-0.06
	63	3.92	-0.00	0.18	-0.00	0.44	0.06
114	63	-3.90	-0.07	0.63	0.07	-0.55	-0.11
	206	3.90	0.07	0.25	-0.07	-0.15	-0.14
115	65	-0.88	-0.00	0.89	0.02	-0.52	-0.00
	66	0.88	0.00	1.05	-0.02	0.89	-0.00
116	66	-0.83	-0.00	0.82	0.00	-0.62	0.00
	67	0.83	0.00	0.82	-0.00	0.62	-0.00
117	67	-0.88	0.00	1.05	-0.02	-0.89	0.00
	68	0.88	-0.00	0.89	0.02	0.52	0.00
118	69	-5.77	-0.01	0.44	0.01	0.12	-0.01
	70	5.77	0.01	1.05	-0.01	0.80	-0.01
119	70	-6.44	0.00	0.61	-0.00	-0.09	0.00
	17	6.44	-0.00	1.03	0.00	1.05	0.01
120	17	4.83	-0.01	0.82	0.02	-0.62	-0.02
	71	-4.83	0.01	0.82	-0.02	0.61	-0.02
121	71	4.84	0.01	0.82	-0.02	-0.61	0.02
	25	-4.84	-0.01	0.82	0.02	0.62	0.02

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 10  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16:45  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
122	25	-6.44	-0.00	1.03	0.00	-1.05	-0.01
	72	6.44	0.00	0.61	-0.00	0.09	-0.00
123	72	-5.77	0.01	1.05	-0.01	-0.80	0.01
	73	5.77	-0.01	0.44	0.01	-0.12	0.01
124	74	-0.58	-0.00	0.75	-0.01	-0.42	-0.01
	75	0.58	0.00	0.89	0.01	0.74	-0.00
125	75	-9.61	-0.00	0.82	0.00	-0.66	-0.00
	76	9.61	0.00	0.82	-0.00	0.66	-0.00
126	76	-0.58	0.00	0.89	0.01	-0.74	0.00
	77	0.58	-0.00	0.75	-0.01	0.42	0.01
127	80	-4.96	-0.03	0.49	0.09	-0.11	-0.07
	81	4.96	0.03	0.80	-0.09	0.58	-0.03
128	81	-4.97	-0.01	0.71	-0.00	-0.36	-0.01
	6	4.97	0.01	0.93	0.00	0.84	-0.02

129	6	-4.98	0.01	0.93	0.00	-0.84	0.02
	82	4.98	-0.01	0.71	-0.00	0.36	0.01
130	82	-4.96	0.03	0.80	-0.09	-0.58	0.03
	83	4.96	-0.03	0.49	0.09	0.11	0.07
131	84	-0.63	-0.00	0.97	0.00	-0.67	0.00
	85	0.63	0.00	0.97	-0.00	0.67	-0.00
132	86	-0.93	0.08	0.66	-0.13	-0.66	0.15
	213	0.93	-0.08	0.22	0.13	-0.17	0.15
133	69	-0.94	-0.08	0.66	0.13	-0.66	-0.15
	207	0.94	0.08	0.22	-0.13	-0.17	-0.15
134	70	-0.63	-0.00	0.97	0.00	-0.67	-0.00
	65	0.63	0.00	0.97	-0.00	0.67	0.00
135	78	-4.96	0.03	0.49	-0.09	-0.11	0.07
	74	4.96	-0.03	0.80	0.09	0.59	0.03
136	74	-4.97	0.01	0.71	0.00	-0.36	0.01
	17	4.97	-0.01	0.93	-0.00	0.84	0.02
137	17	-4.98	-0.01	0.93	-0.00	-0.84	-0.02
	66	4.98	0.01	0.71	0.00	0.36	-0.01
138	66	-4.96	-0.03	0.80	0.09	-0.59	-0.03
	62	4.96	0.03	0.49	-0.09	0.11	-0.07
139	81	-0.58	0.00	0.75	0.01	-0.42	0.01
	75	0.58	-0.00	0.89	-0.01	0.75	0.00
140	75	-9.62	-0.00	0.82	-0.00	-0.66	-0.00
	71	9.62	0.00	0.82	0.00	0.66	-0.00
141	71	-0.58	-0.00	0.89	-0.01	-0.75	-0.00
	67	0.58	0.00	0.75	0.01	0.42	-0.01
142	86	-5.78	0.01	0.44	-0.01	0.12	0.01
	84	5.78	-0.01	1.05	0.01	0.80	0.01
143	84	-6.44	-0.00	0.61	0.00	-0.09	-0.00
	6	6.44	0.00	1.03	-0.00	1.05	-0.01
144	6	4.83	0.01	0.82	-0.02	-0.62	0.02
	76	-4.83	-0.01	0.82	0.02	0.61	0.02
145	76	4.83	-0.01	0.82	0.02	-0.61	-0.02
	25	-4.83	0.01	0.82	-0.02	0.62	-0.02
146	25	-6.44	0.00	1.03	-0.00	-1.05	0.01
	68	6.44	-0.00	0.61	0.00	0.09	0.00
147	68	-5.78	-0.01	1.05	0.01	-0.80	-0.01
	64	5.78	0.01	0.44	-0.01	-0.12	-0.01

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 11  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16:45  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
148	85	-0.88	0.00	0.89	-0.02	-0.52	0.00
	82	0.88	-0.00	1.05	0.02	0.89	0.00
149	82	-0.83	-0.00	0.82	-0.00	-0.62	-0.00
	77	0.83	0.00	0.82	0.00	0.62	0.00
150	77	-0.88	-0.00	1.05	0.02	-0.89	-0.00
	72	0.88	0.00	0.89	-0.02	0.52	-0.00
151	87	-0.93	0.09	0.68	-0.16	-0.66	0.16
	212	0.93	-0.09	0.20	0.16	-0.22	0.17
152	83	-3.92	-0.00	0.18	-0.00	-0.44	0.06

	79	3.92	0.00	0.18	0.00	0.44	-0.06
153	79	-3.90	0.07	0.63	-0.07	-0.55	0.11
	210	3.90	-0.07	0.25	0.07	-0.15	0.14
154	64	-0.93	-0.08	0.66	0.13	-0.66	-0.15
	208	0.93	0.08	0.22	-0.13	-0.17	-0.15
155	68	-0.63	0.00	0.97	-0.00	-0.67	-0.00
	72	0.63	-0.00	0.97	0.00	0.67	0.00
156	63	-4.96	0.03	0.49	-0.09	-0.11	0.07
	67	4.96	-0.03	0.80	0.09	0.59	0.03
157	67	-4.97	0.01	0.71	0.00	-0.36	0.01
	25	4.97	-0.01	0.93	-0.00	0.84	0.02
158	25	-4.97	-0.01	0.93	-0.00	-0.84	-0.02
	77	4.97	0.01	0.71	0.00	0.36	-0.01
159	77	-4.96	-0.03	0.81	0.09	-0.59	-0.03
	79	4.96	0.03	0.49	-0.09	0.11	-0.07
160	66	-0.58	0.00	0.75	0.01	-0.42	0.01
	71	0.58	-0.00	0.89	-0.01	0.75	0.00
161	71	-9.61	0.00	0.82	0.00	-0.66	0.00
	76	9.61	-0.00	0.82	-0.00	0.66	0.00
162	76	-0.58	-0.00	0.89	-0.01	-0.75	-0.00
	82	0.58	0.00	0.75	0.01	0.42	-0.01
163	61	-5.78	0.01	0.44	-0.01	0.12	0.01
	65	5.78	-0.01	1.05	0.01	0.80	0.01
164	65	-6.44	-0.00	0.61	0.00	-0.09	-0.00
	17	6.44	0.00	1.03	-0.00	1.05	-0.01
165	17	4.83	0.01	0.82	-0.02	-0.62	0.02
	75	-4.83	-0.01	0.82	0.02	0.61	0.02
166	75	4.84	-0.01	0.82	0.02	-0.61	-0.02
	6	-4.84	0.01	0.82	-0.02	0.62	-0.02
167	6	-6.44	0.00	1.03	-0.00	-1.05	0.01
	85	6.44	-0.00	0.61	0.00	0.09	0.00
168	85	-5.78	-0.01	1.05	0.01	-0.80	-0.01
	87	5.78	0.01	0.44	-0.01	-0.12	-0.01
169	70	-0.88	0.00	0.89	-0.02	-0.52	0.00
	74	0.88	-0.00	1.05	0.02	0.89	0.00
170	74	-0.82	0.00	0.82	0.00	-0.62	-0.00
	81	0.82	-0.00	0.82	-0.00	0.62	0.00
171	81	-0.88	-0.00	1.05	0.02	-0.89	-0.00
	84	0.88	0.00	0.89	-0.02	0.52	-0.00
172	69	-0.94	0.09	0.68	-0.16	-0.66	0.16
	209	0.94	-0.09	0.20	0.16	-0.22	0.17
173	78	-3.92	0.00	0.18	0.00	-0.44	0.06
	80	3.92	-0.00	0.18	-0.00	0.44	-0.06

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 12  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16:45  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
174	80	-3.90	0.07	0.63	-0.07	-0.55	0.11
	211	3.90	-0.07	0.25	0.07	-0.15	0.14
175	88	0.46	-0.02	0.27	0.04	-0.19	-0.04
	214	-0.46	0.02	0.10	-0.04	-0.05	-0.04

176	89	-1.42	0.00	0.19	0.00	-0.14	-0.00
	90	1.42	-0.00	0.18	-0.00	0.12	0.01
177	90	-1.40	-0.02	0.26	0.02	-0.18	-0.02
	215	1.40	0.02	0.11	-0.02	-0.04	-0.03
178	92	-0.03	-0.00	0.69	0.00	-0.44	-0.00
	93	0.03	0.00	0.75	-0.00	0.59	0.00
179	93	-0.47	0.00	0.72	0.00	-0.55	0.00
	94	0.47	-0.00	0.72	-0.00	0.54	-0.00
180	94	0.01	0.00	0.75	-0.00	-0.59	0.00
	95	-0.01	-0.00	0.69	0.00	0.44	0.00
181	96	-1.92	-0.00	-0.14	0.00	0.15	-0.00
	97	1.92	0.00	0.55	-0.00	0.37	-0.00
182	97	-1.69	0.00	0.71	-0.00	-0.31	-0.00
	15	1.69	-0.00	0.93	0.00	0.82	0.00
183	15	1.52	-0.00	0.82	0.01	-0.62	-0.01
	98	-1.52	0.00	0.82	-0.01	0.60	-0.01
184	98	1.54	0.00	0.82	-0.01	-0.61	0.01
	23	-1.54	-0.00	0.82	0.01	0.62	0.01
185	23	-1.71	-0.00	0.93	0.00	-0.82	-0.00
	99	1.71	0.00	0.71	-0.00	0.31	0.00
186	99	-1.91	0.00	0.55	-0.00	-0.37	0.00
	100	1.91	-0.00	-0.14	0.00	-0.15	0.00
187	101	0.78	-0.00	0.76	-0.02	-0.42	-0.00
	102	-0.78	0.00	0.88	0.02	0.71	-0.00
188	102	-6.04	0.00	0.82	0.00	-0.64	0.00
	103	6.04	-0.00	0.82	-0.00	0.64	0.00
189	103	0.79	0.00	0.89	0.02	-0.72	0.00
	104	-0.79	-0.00	0.75	-0.02	0.42	0.00
190	107	-1.54	-0.03	-0.05	0.06	0.08	-0.03
	108	1.54	0.03	0.46	-0.06	0.31	-0.01
191	108	-1.97	-0.00	0.73	-0.01	-0.37	-0.00
	4	1.97	0.00	0.91	0.01	0.79	-0.01
192	4	-2.01	0.00	0.91	0.01	-0.78	0.01
	109	2.01	-0.00	0.73	-0.01	0.38	0.00
193	109	-1.58	0.03	0.44	-0.05	-0.28	0.01
	110	1.58	-0.03	-0.02	0.05	-0.06	0.03
194	111	0.13	-0.00	0.72	0.00	-0.49	0.00
	112	-0.13	0.00	0.72	-0.00	0.49	-0.00
195	113	0.45	0.02	0.27	-0.03	-0.19	0.03
	222	-0.45	-0.02	0.11	0.03	-0.05	0.03
196	96	0.46	-0.02	0.27	0.03	-0.19	-0.03
	216	-0.46	0.02	0.11	-0.03	-0.05	-0.03
197	97	0.10	-0.00	0.72	0.00	-0.49	-0.00
	92	-0.10	0.00	0.72	-0.00	0.49	0.00
198	105	-1.62	0.03	-0.02	-0.05	0.06	0.03
	101	1.62	-0.03	0.43	0.05	0.28	0.01
199	101	-2.04	0.00	0.73	0.01	-0.38	0.00
	15	2.04	-0.00	0.91	-0.01	0.78	0.01

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 13  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16:45  
 =====  
 =====  
 -----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
-------	----	----	----	----	----	----	----

200	15	-2.03	-0.00	0.91	-0.01	-0.79	-0.01
	93	2.03	0.00	0.73	0.01	0.38	-0.00
201	93	-1.61	-0.03	0.43	0.05	-0.28	-0.01
	89	1.61	0.03	-0.02	-0.05	-0.06	-0.03
202	108	0.78	0.00	0.75	0.02	-0.41	0.00
	102	-0.78	-0.00	0.89	-0.02	0.72	0.00
203	102	-6.05	0.00	0.82	0.00	-0.64	0.00
	98	6.05	-0.00	0.82	-0.00	0.64	-0.00
204	98	0.77	-0.00	0.89	-0.02	-0.72	-0.00
	94	-0.77	0.00	0.76	0.02	0.42	-0.00
205	113	-1.91	0.00	-0.14	-0.00	0.15	0.00
	111	1.91	-0.00	0.55	0.00	0.37	0.00
206	111	-1.73	-0.00	0.71	-0.00	-0.31	-0.00
	4	1.73	0.00	0.93	0.00	0.82	-0.00
207	4	1.55	0.00	0.82	-0.01	-0.62	0.01
	103	-1.55	-0.00	0.82	0.01	0.61	0.01
208	103	1.52	-0.00	0.82	0.01	-0.61	-0.01
	23	-1.52	0.00	0.82	-0.01	0.62	-0.01
209	23	-1.72	0.00	0.93	0.00	-0.82	0.00
	95	1.72	-0.00	0.71	-0.00	0.31	0.00
210	95	-1.91	-0.00	0.55	0.00	-0.37	-0.00
	91	1.91	0.00	-0.14	-0.00	-0.15	-0.00
211	112	0.00	0.00	0.69	-0.00	-0.44	0.00
	109	-0.00	-0.00	0.75	0.00	0.59	0.00
212	109	-0.49	-0.00	0.72	0.00	-0.54	-0.00
	104	0.49	0.00	0.72	-0.00	0.54	0.00
213	104	-0.00	-0.00	0.75	0.00	-0.59	-0.00
	99	0.00	0.00	0.69	-0.00	0.44	-0.00
214	114	0.44	0.03	0.27	-0.04	-0.19	0.04
	221	-0.44	-0.03	0.10	0.04	-0.06	0.04
215	110	-1.44	0.00	0.19	0.00	-0.13	0.01
	106	1.44	-0.00	0.19	-0.00	0.13	-0.01
216	106	-1.43	0.02	0.26	-0.02	-0.19	0.02
	219	1.43	-0.02	0.11	0.02	-0.04	0.03
217	91	0.45	-0.02	0.27	0.03	-0.19	-0.03
	217	-0.45	0.02	0.11	-0.03	-0.05	-0.03
218	95	0.13	0.00	0.72	-0.00	-0.49	-0.00
	99	-0.13	-0.00	0.72	0.00	0.49	0.00
219	90	-1.55	0.03	-0.02	-0.05	0.06	0.03
	94	1.55	-0.03	0.44	0.05	0.28	0.01
220	94	-1.97	0.00	0.73	0.01	-0.38	0.00
	23	1.97	-0.00	0.91	-0.01	0.79	0.01
221	23	-2.01	-0.00	0.91	-0.01	-0.78	-0.01
	104	2.01	0.00	0.73	0.01	0.38	-0.00
222	104	-1.58	-0.03	0.44	0.05	-0.28	-0.01
	106	1.58	0.03	-0.02	-0.05	-0.06	-0.03
223	93	0.77	0.00	0.76	0.02	-0.42	0.00
	98	-0.77	-0.00	0.89	-0.02	0.71	0.00
224	98	-6.05	-0.00	0.82	-0.00	-0.64	-0.00
	103	6.05	0.00	0.82	0.00	0.65	-0.00
225	103	0.79	-0.00	0.89	-0.02	-0.72	-0.00
	109	-0.79	0.00	0.76	0.02	0.42	-0.00

-----  
-----



PROJETO :tese  
 ESTRUTURA:decio  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17  
 16:45

PASTA: C:\Tqs\Dé...  
 ARQ. : espacial

PAG.: 14  
 DATA: 30/  
 HORA:

=====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
226	88	-1.92	0.00	-0.14	-0.00	0.15	0.00
	92	1.92	-0.00	0.55	0.00	0.37	0.00
227	92	-1.69	-0.00	0.71	-0.00	-0.31	0.00
	15	1.69	0.00	0.93	0.00	0.82	-0.00
228	15	1.48	0.00	0.82	-0.01	-0.62	0.01
	102	-1.48	-0.00	0.82	0.01	0.61	0.01
229	102	1.56	-0.00	0.82	0.01	-0.61	-0.01
	4	-1.56	0.00	0.82	-0.01	0.62	-0.01
230	4	-1.72	0.00	0.93	0.00	-0.82	0.00
	112	1.72	-0.00	0.71	-0.00	0.31	-0.00
231	112	-1.91	-0.00	0.55	0.00	-0.37	-0.00
	114	1.91	0.00	-0.14	-0.00	-0.15	-0.00
232	97	-0.03	0.00	0.69	-0.00	-0.44	0.00
	101	0.03	-0.00	0.75	0.00	0.59	-0.00
233	101	-0.48	0.00	0.72	0.00	-0.55	-0.00
	108	0.48	-0.00	0.72	-0.00	0.53	0.00
234	108	0.02	-0.00	0.75	0.00	-0.59	0.00
	111	-0.02	0.00	0.69	-0.00	0.44	-0.00
235	96	0.46	0.02	0.27	-0.04	-0.19	0.04
	218	-0.46	-0.02	0.10	0.04	-0.05	0.04
236	105	-1.43	-0.00	0.19	-0.00	-0.14	0.00
	107	1.43	0.00	0.18	0.00	0.12	-0.01
237	107	-1.41	0.02	0.27	-0.02	-0.19	0.02
	220	1.41	-0.02	0.11	0.02	-0.05	0.03
238	115	18.89	0.09	0.19	-0.06	-0.27	0.06
	116	-18.89	-0.09	-0.23	0.06	-0.04	0.07
239	117	18.89	-0.09	-0.23	0.06	0.04	-0.07
	118	-18.89	0.09	0.19	-0.06	0.27	-0.06
240	123	15.15	0.12	0.10	0.03	-0.14	0.10
	124	-15.15	-0.12	-0.13	-0.03	-0.03	0.08
241	125	15.15	-0.12	-0.13	-0.03	0.03	-0.08
	126	-15.15	0.12	0.10	0.03	0.14	-0.10
242	127	15.22	0.00	-0.02	-0.00	-0.02	0.02
	128	-15.22	-0.00	-0.02	0.00	0.02	-0.02
243	131	19.02	-0.00	-0.02	0.00	-0.19	-0.01
	132	-19.02	0.00	-0.02	-0.00	0.19	0.01
244	119	18.98	-0.00	-0.02	-0.00	-0.19	0.01
	115	-18.98	0.00	-0.02	0.00	0.19	-0.01
245	124	15.17	-0.00	-0.02	-0.00	-0.02	-0.02
	120	-15.17	0.00	-0.02	0.00	0.02	0.02
246	129	15.22	-0.12	0.10	-0.03	-0.14	-0.10
	127	-15.22	0.12	-0.13	0.03	-0.03	-0.08
247	121	15.16	0.12	-0.13	0.03	0.03	0.08
	117	-15.16	-0.12	0.10	-0.03	0.14	0.10
248	132	18.96	-0.09	0.19	0.06	-0.27	-0.06
	130	-18.96	0.09	-0.23	-0.06	-0.04	-0.07
249	126	18.90	0.09	-0.23	-0.06	0.04	0.07
	122	-18.90	-0.09	0.19	0.06	0.27	0.06
250	118	18.98	0.00	-0.02	0.00	-0.19	0.01
	122	-18.98	-0.00	-0.02	-0.00	0.19	-0.01

251	121	15.17	0.00	-0.02	0.00	-0.02	-0.02
	125	-15.17	-0.00	-0.02	-0.00	0.02	0.02

```

-----
-----
PROJETO :tese                PASTA: C:\Tqs\Dé...      PAG.:      15
ESTRUTURA:decio            ARQ. : espacial        DATA: 30/
5/06
PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17      HORA:
16:45
=====
=====

```

```

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1  CARGA TOTAL-----
-----
Barra  No      fx      fy      fz      mx      my      mz
252  116     15.16    -0.12     0.10    -0.03    -0.14    -0.10
      120    -15.16     0.12    -0.13     0.03    -0.03    -0.08
253  128     15.22     0.12    -0.13     0.03     0.03     0.08
      130    -15.22    -0.12     0.10    -0.03     0.14     0.10
254  119     18.90    -0.09     0.19     0.06    -0.27    -0.06
      123    -18.90     0.09    -0.23    -0.06    -0.04    -0.07
255  129     18.96     0.09    -0.23    -0.06     0.04     0.07
      131    -18.96    -0.09     0.19     0.06     0.27     0.06
256  133      8.81     0.06     0.09    -0.02    -0.12     0.04
      134     -8.81    -0.06    -0.13     0.02    -0.04     0.05
257  135      8.81    -0.06    -0.13     0.02     0.04    -0.05
      136     -8.81     0.06     0.09    -0.02     0.12    -0.04
258  141      5.48     0.08     0.07     0.02    -0.09     0.06
      142     -5.48    -0.08    -0.11    -0.02    -0.04     0.05
259  143      5.47    -0.08    -0.11    -0.02     0.04    -0.05
      144     -5.47     0.08     0.07     0.02     0.09    -0.06
260  145      5.54    -0.00    -0.02     0.00    -0.00     0.01
      146     -5.54     0.00    -0.02    -0.00     0.00    -0.01
261  149      8.91     0.00    -0.02    -0.00    -0.09    -0.01
      150     -8.91    -0.00    -0.02     0.00     0.09     0.01
262  136      8.86    -0.00    -0.02     0.00    -0.09     0.01
      140     -8.86     0.00    -0.02    -0.00     0.09    -0.01
263  139      5.48     0.00    -0.02    -0.00    -0.00    -0.01
      143     -5.48    -0.00    -0.02     0.00     0.00     0.01
264  134      5.48    -0.08     0.07    -0.02    -0.09    -0.06
      138     -5.48     0.08    -0.11     0.02    -0.04    -0.05
265  146      5.53     0.08    -0.11     0.02     0.04     0.05
      148     -5.53    -0.08     0.07    -0.02     0.09     0.06
266  137      8.82    -0.06     0.09     0.02    -0.12    -0.04
      141     -8.82     0.06    -0.13    -0.02    -0.04    -0.05
267  147      8.87     0.06    -0.13    -0.02     0.04     0.05
      149     -8.87    -0.06     0.09     0.02     0.12     0.04
268  137      8.86    -0.00    -0.02    -0.00    -0.09     0.01
      133     -8.86     0.00    -0.02     0.00     0.09    -0.01
269  142      5.49    -0.00    -0.02     0.00    -0.00    -0.01
      138     -5.49     0.00    -0.02    -0.00     0.00     0.01
270  147      5.53    -0.08     0.07    -0.02    -0.09    -0.06
      145     -5.53     0.08    -0.11     0.02    -0.04    -0.05
271  139      5.48     0.08    -0.11     0.02     0.04     0.05
      135     -5.48    -0.08     0.07    -0.02     0.09     0.06
272  150      8.87    -0.06     0.09     0.02    -0.12    -0.04
      148     -8.87     0.06    -0.13    -0.02    -0.04    -0.05
273  144      8.81     0.06    -0.13    -0.02     0.04     0.05
      140     -8.81    -0.06     0.09     0.02     0.12     0.04
274  151     -0.89     0.02     0.03    -0.00    -0.05     0.01

```

	152	0.89	-0.02	-0.07	0.00	-0.03	0.02
275	153	-0.38	-0.03	-0.07	0.00	0.03	-0.03
	154	0.38	0.03	0.04	-0.00	0.05	-0.02
276	159	-1.82	0.02	0.04	0.01	-0.07	0.01
	160	1.82	-0.02	-0.08	-0.01	-0.03	0.01
277	161	-1.30	-0.03	-0.08	-0.01	0.03	-0.02
	162	1.30	0.03	0.04	0.01	0.06	-0.02

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 16  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16:45  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----  
 -----  

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
278	163	-1.24	-0.00	-0.02	-0.00	0.00	0.00
	164	1.24	0.00	-0.02	0.00	-0.00	-0.00
279	167	-0.31	0.00	-0.02	0.00	-0.03	-0.00
	168	0.31	-0.00	-0.02	-0.00	0.03	0.01
280	155	-0.88	0.00	-0.02	-0.00	-0.03	0.00
	151	0.88	-0.00	-0.02	0.00	0.03	-0.00
281	160	-1.81	-0.00	-0.02	0.00	-0.00	-0.00
	156	1.81	0.00	-0.02	-0.00	-0.00	0.00
282	165	-1.25	-0.02	0.04	-0.01	-0.06	-0.02
	163	1.25	0.02	-0.08	0.01	-0.03	-0.02
283	157	-1.29	0.02	-0.08	0.01	0.03	0.02
	153	1.29	-0.02	0.04	-0.01	0.06	0.02
284	168	-0.33	-0.03	0.04	0.00	-0.05	-0.02
	166	0.33	0.03	-0.07	-0.00	-0.03	-0.03
285	162	-0.37	0.03	-0.07	-0.00	0.03	0.03
	158	0.37	-0.03	0.03	0.00	0.05	0.02
286	154	-0.36	-0.00	-0.02	-0.00	-0.03	0.00
	158	0.36	0.00	-0.02	0.00	0.03	-0.01
287	157	-1.29	0.00	-0.02	-0.00	0.00	-0.00
	161	1.29	-0.00	-0.02	0.00	-0.00	0.00
288	152	-1.81	-0.02	0.04	-0.01	-0.07	-0.01
	156	1.81	0.02	-0.08	0.01	-0.02	-0.02
289	164	-1.26	0.02	-0.08	0.01	0.03	0.02
	166	1.26	-0.02	0.04	-0.01	0.06	0.02
290	155	-0.90	-0.02	0.03	0.00	-0.05	-0.01
	159	0.90	0.02	-0.07	-0.00	-0.02	-0.02
291	165	-0.33	0.03	-0.08	-0.00	0.03	0.03
	167	0.33	-0.03	0.04	0.00	0.05	0.02
292	115	6.70	-0.00	0.29	-0.01	-0.43	0.01
	19	-6.73	0.00	-0.32	0.01	-0.22	-0.01
293	116	7.27	0.00	0.04	-0.01	-0.11	0.01
	19	-7.31	-0.00	-0.08	0.01	-0.01	-0.00
294	119	6.70	-0.00	0.29	0.01	-0.43	-0.01
	19	-6.74	0.00	-0.32	-0.01	-0.22	0.01
295	120	-7.42	0.03	-0.04	-0.00	-0.01	0.05
	19	7.38	-0.03	-0.00	0.00	0.04	0.03
296	123	7.26	-0.00	0.04	0.01	-0.11	-0.01
	19	-7.30	0.00	-0.08	-0.01	-0.01	0.00
297	124	-7.42	-0.03	-0.04	0.00	-0.01	-0.05
	19	7.38	0.03	-0.00	-0.00	0.04	-0.03

298	117	7.27	-0.00	0.04	0.01	-0.11	-0.01
	27	-7.31	0.00	-0.08	-0.01	-0.01	0.00
299	118	6.70	-0.00	0.29	0.01	-0.43	-0.01
	27	-6.73	0.00	-0.32	-0.01	-0.22	0.01
300	121	-7.42	-0.03	-0.04	0.00	-0.01	-0.05
	27	7.38	0.03	-0.00	-0.00	0.04	-0.03
301	122	6.70	0.00	0.29	-0.01	-0.43	0.01
	27	-6.74	-0.00	-0.32	0.01	-0.22	-0.01
302	125	-7.42	0.03	-0.04	-0.00	-0.01	0.05
	27	7.38	-0.03	-0.00	0.00	0.04	0.03
303	126	7.26	0.00	0.04	-0.01	-0.11	0.01
	27	-7.30	-0.00	-0.08	0.01	-0.01	-0.00

-----  
-----

PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 17  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16:45

=====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
304	127	-7.47	0.03	-0.04	-0.00	-0.00	0.05
	8	7.43	-0.03	-0.00	0.00	0.04	0.03
305	128	-7.47	-0.03	-0.04	0.00	-0.00	-0.05
	8	7.44	0.03	-0.00	-0.00	0.04	-0.03
306	129	7.22	0.00	0.04	-0.01	-0.11	0.01
	8	-7.26	-0.00	-0.08	0.01	-0.01	-0.00
307	130	7.22	-0.00	0.04	0.01	-0.11	-0.01
	8	-7.26	0.00	-0.08	-0.01	-0.01	0.00
308	131	6.65	0.00	0.28	-0.01	-0.43	0.01
	8	-6.68	-0.00	-0.32	0.01	-0.22	-0.01
309	132	6.64	0.00	0.28	0.01	-0.43	-0.01
	8	-6.68	-0.00	-0.32	-0.01	-0.22	0.01
310	115	13.90	-0.00	0.18	0.00	-0.39	-0.01
	17	-13.83	0.00	-0.22	-0.00	-0.22	-0.00
311	116	12.16	0.03	0.09	0.00	-0.19	0.05
	17	-12.09	-0.03	-0.13	-0.00	-0.13	0.03
312	119	13.90	0.00	0.18	-0.00	-0.39	0.01
	17	-13.84	-0.00	-0.22	0.00	-0.22	0.00
313	120	-0.90	0.02	-0.01	-0.00	-0.01	0.04
	17	0.96	-0.02	-0.03	0.00	-0.02	0.03
314	123	12.15	-0.03	0.09	-0.00	-0.19	-0.05
	17	-12.09	0.03	-0.13	0.00	-0.13	-0.03
315	124	-0.90	-0.02	-0.01	0.00	-0.01	-0.04
	17	0.96	0.02	-0.03	-0.00	-0.02	-0.03
316	117	12.16	-0.03	0.09	-0.00	-0.19	-0.05
	25	-12.09	0.03	-0.13	0.00	-0.13	-0.03
317	118	13.90	0.00	0.18	-0.00	-0.39	0.01
	25	-13.83	-0.00	-0.22	0.00	-0.22	0.00
318	121	-0.90	-0.02	-0.01	0.00	-0.01	-0.04
	25	0.96	0.02	-0.03	-0.00	-0.02	-0.03
319	122	13.90	-0.00	0.18	0.00	-0.39	-0.01
	25	-13.84	0.00	-0.22	-0.00	-0.22	-0.00
320	125	-0.90	0.02	-0.01	-0.00	-0.01	0.04
	25	0.96	-0.02	-0.03	0.00	-0.02	0.03
321	126	12.15	0.03	0.09	0.00	-0.19	0.05

	25	-12.08	-0.03	-0.13	-0.00	-0.13	0.03
322	127	-0.94	0.02	-0.01	-0.00	-0.01	0.04
	6	1.01	-0.02	-0.03	0.00	-0.02	0.03
323	128	-0.94	-0.02	-0.01	0.00	-0.01	-0.04
	6	1.01	0.02	-0.03	-0.00	-0.02	-0.03
324	129	12.12	0.03	0.09	0.00	-0.19	0.05
	6	-12.06	-0.03	-0.13	-0.00	-0.13	0.03
325	130	12.12	-0.03	0.09	-0.00	-0.19	-0.05
	6	-12.05	0.03	-0.13	0.00	-0.13	-0.03
326	131	13.86	-0.00	0.18	0.00	-0.39	-0.01
	6	-13.79	0.00	-0.22	-0.00	-0.22	-0.00
327	132	13.86	0.00	0.18	-0.00	-0.39	0.01
	6	-13.79	-0.00	-0.22	0.00	-0.22	0.00
328	133	5.46	0.00	0.12	-0.00	-0.20	0.00
	17	-5.49	-0.00	-0.16	0.00	-0.10	0.00
329	134	7.69	-0.00	0.03	0.00	-0.07	-0.01
	17	-7.73	0.00	-0.07	-0.00	-0.03	0.00

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 18  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16:45  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
330	137	5.46	-0.00	0.12	0.00	-0.20	-0.00
	17	-5.50	0.00	-0.16	-0.00	-0.10	-0.00
331	138	0.29	0.02	0.01	0.00	-0.03	0.03
	17	-0.33	-0.02	-0.05	-0.00	-0.03	0.02
332	141	7.69	0.00	0.03	-0.00	-0.07	0.01
	17	-7.73	-0.00	-0.07	0.00	-0.03	-0.00
333	142	0.29	-0.02	0.01	-0.00	-0.03	-0.03
	17	-0.33	0.02	-0.05	0.00	-0.03	-0.02
334	135	7.69	0.00	0.03	-0.00	-0.07	0.01
	25	-7.73	-0.00	-0.07	0.00	-0.03	-0.00
335	136	5.46	-0.00	0.12	0.00	-0.20	-0.00
	25	-5.50	0.00	-0.16	-0.00	-0.10	-0.00
336	139	0.29	-0.02	0.01	-0.00	-0.03	-0.03
	25	-0.32	0.02	-0.05	0.00	-0.03	-0.02
337	140	5.46	0.00	0.12	-0.00	-0.20	0.00
	25	-5.50	-0.00	-0.16	0.00	-0.10	0.00
338	143	0.29	0.02	0.01	0.00	-0.03	0.03
	25	-0.33	-0.02	-0.05	-0.00	-0.03	0.02
339	144	7.69	-0.00	0.03	0.00	-0.07	-0.01
	25	-7.73	0.00	-0.07	-0.00	-0.03	0.00
340	145	0.23	0.03	0.01	0.00	-0.03	0.03
	6	-0.27	-0.03	-0.05	-0.00	-0.03	0.02
341	146	0.24	-0.02	0.01	-0.00	-0.03	-0.03
	6	-0.28	0.02	-0.05	0.00	-0.03	-0.02
342	147	7.64	-0.00	0.03	0.00	-0.07	-0.01
	6	-7.68	0.00	-0.07	-0.00	-0.03	0.00
343	148	7.64	0.00	0.03	-0.00	-0.07	0.01
	6	-7.68	-0.00	-0.07	0.00	-0.03	-0.00
344	149	5.41	0.00	0.12	-0.00	-0.20	0.00
	6	-5.44	-0.00	-0.16	0.00	-0.10	0.00

345	150	5.41	-0.00	0.12	0.00	-0.20	-0.00
	6	-5.45	0.00	-0.16	-0.00	-0.10	-0.00
346	133	10.13	-0.00	0.07	0.00	-0.16	-0.01
	15	-10.06	0.00	-0.10	-0.00	-0.10	-0.00
347	134	11.06	0.02	0.03	0.00	-0.08	0.04
	15	-10.99	-0.02	-0.07	-0.00	-0.06	0.03
348	137	10.13	0.00	0.07	-0.00	-0.16	0.01
	15	-10.07	-0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.00
349	138	4.58	0.01	-0.03	-0.00	0.02	0.02
	15	-4.51	-0.01	-0.01	0.00	0.01	0.02
350	141	11.05	-0.02	0.03	-0.00	-0.08	-0.04
	15	-10.99	0.02	-0.07	0.00	-0.06	-0.03
351	142	4.58	-0.01	-0.03	0.00	0.02	-0.02
	15	-4.51	0.01	-0.01	-0.00	0.01	-0.02
352	135	11.05	-0.02	0.03	-0.00	-0.08	-0.04
	23	-10.99	0.02	-0.07	0.00	-0.06	-0.03
353	136	10.13	0.00	0.07	-0.00	-0.16	0.01
	23	-10.07	-0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.00
354	139	4.57	-0.01	-0.03	0.00	0.02	-0.02
	23	-4.50	0.01	-0.01	-0.00	0.01	-0.02
355	140	10.14	-0.00	0.07	0.00	-0.16	-0.01
	23	-10.07	0.00	-0.10	-0.00	-0.10	-0.00

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 19  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16:45  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
356	143	4.57	0.01	-0.03	-0.00	0.02	0.02
	23	-4.51	-0.01	-0.01	0.00	0.01	0.02
357	144	11.06	0.02	0.03	0.00	-0.08	0.04
	23	-10.99	-0.02	-0.07	-0.00	-0.06	0.03
358	145	4.53	0.01	-0.03	-0.00	0.02	0.02
	4	-4.46	-0.01	-0.01	0.00	0.01	0.02
359	146	4.54	-0.01	-0.03	0.00	0.02	-0.02
	4	-4.47	0.01	-0.01	-0.00	0.01	-0.02
360	147	11.01	0.02	0.03	0.00	-0.08	0.04
	4	-10.95	-0.02	-0.07	-0.00	-0.06	0.03
361	148	11.02	-0.02	0.03	-0.00	-0.08	-0.04
	4	-10.95	0.02	-0.07	0.00	-0.06	-0.03
362	149	10.09	-0.00	0.07	0.00	-0.16	-0.01
	4	-10.02	0.00	-0.11	-0.00	-0.10	-0.00
363	150	10.09	0.00	0.07	-0.00	-0.16	0.01
	4	-10.02	-0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.00
364	151	4.16	0.00	0.07	-0.00	-0.11	0.00
	15	-4.20	-0.00	-0.11	0.00	-0.08	0.00
365	152	5.39	-0.01	0.05	0.00	-0.08	-0.02
	15	-5.43	0.01	-0.09	-0.00	-0.06	-0.01
366	155	4.17	-0.00	0.07	0.00	-0.11	-0.00
	15	-4.20	0.00	-0.11	-0.00	-0.08	-0.00
367	156	3.70	0.01	0.03	0.00	-0.05	0.01
	15	-3.74	-0.01	-0.07	-0.00	-0.06	0.01
368	159	5.41	0.01	0.05	-0.00	-0.08	0.02





392	161	7.97	-0.00	-0.03	-0.00	0.03	-0.00
	21	-7.90	0.00	-0.01	0.00	0.01	-0.00
393	162	9.48	0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.02
	21	-9.41	-0.01	-0.03	-0.00	-0.01	0.01
394	163	7.84	0.00	-0.03	-0.00	0.02	0.00
	2	-7.78	-0.00	-0.01	0.00	-0.00	0.00
395	164	7.89	0.00	-0.03	0.00	0.02	0.00
	2	-7.82	-0.00	-0.01	-0.00	0.00	0.01
396	165	9.36	0.01	-0.01	0.00	-0.02	0.02
	2	-9.30	-0.01	-0.03	-0.00	-0.02	0.00
397	166	9.43	-0.01	-0.01	-0.00	-0.01	-0.02
	2	-9.37	0.01	-0.03	0.00	-0.01	-0.00
398	167	7.97	-0.01	-0.01	0.00	-0.03	-0.01
	2	-7.90	0.01	-0.03	-0.00	-0.01	-0.01
399	168	7.96	0.01	-0.01	-0.00	-0.02	0.01
	2	-7.89	-0.01	-0.03	0.00	-0.01	0.01
400	39	6.55	0.00	-0.14	0.01	0.36	0.00
	173	-6.53	-0.00	0.03	-0.01	0.01	0.00
401	173	31.26	0.02	-0.81	-0.01	1.25	0.03
	119	-31.24	-0.02	0.73	0.01	1.10	0.04
402	120	10.47	0.01	-0.04	0.03	0.02	-0.00
	41	-10.50	-0.01	-0.04	-0.03	-0.03	0.03
403	41	10.50	-0.01	-0.04	-0.03	0.03	-0.03
	121	-10.47	0.01	-0.04	0.03	-0.02	0.00
404	122	31.24	-0.02	0.73	0.01	-1.10	-0.04
	174	-31.26	0.02	-0.81	-0.01	-1.25	-0.03
405	174	6.53	-0.00	0.03	-0.01	-0.01	-0.00
	43	-6.55	0.00	-0.14	0.01	-0.36	-0.00
406	50	4.93	-0.01	-0.14	-0.04	0.30	-0.03
	175	-4.90	0.01	0.03	0.04	0.10	-0.02
407	175	27.20	0.00	-0.30	0.03	0.40	0.01
	129	-27.18	-0.00	0.22	-0.03	0.39	-0.00

-----  
 -----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 21  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16:45  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
408	130	27.18	-0.00	0.22	-0.03	-0.39	0.00
	176	-27.20	0.00	-0.30	0.03	-0.40	-0.01
409	176	4.90	0.01	0.03	0.04	-0.10	0.02
	53	-4.93	-0.01	-0.14	-0.04	-0.30	0.03
410	50	4.92	0.01	-0.14	0.04	0.30	0.03
	179	-4.89	-0.01	0.03	-0.04	0.10	0.02
411	179	27.19	-0.00	-0.30	-0.03	0.40	-0.01
	123	-27.18	0.00	0.22	0.03	0.39	0.00
412	116	27.19	0.00	0.22	0.03	-0.39	-0.00
	170	-27.20	-0.00	-0.30	-0.03	-0.40	0.01
413	170	4.90	-0.01	0.03	-0.04	-0.10	-0.02
	30	-4.92	0.01	-0.14	0.04	-0.30	-0.03
414	58	6.55	-0.00	-0.14	-0.01	0.36	-0.00
	177	-6.53	0.00	0.03	0.01	0.01	-0.00
415	177	31.27	-0.02	-0.81	0.01	1.25	-0.03

	131	-31.26	0.02	0.73	-0.01	1.10	-0.04
416	128	10.47	-0.01	-0.04	-0.03	0.02	0.00
	47	-10.50	0.01	-0.04	0.03	-0.03	-0.03
417	47	10.51	0.01	-0.04	0.03	0.03	0.03
	125	-10.47	-0.01	-0.04	-0.03	-0.02	-0.00
418	118	31.25	0.02	0.73	-0.01	-1.10	0.04
	172	-31.27	-0.02	-0.81	0.01	-1.25	0.03
419	172	6.53	0.00	0.03	0.01	-0.01	0.00
	32	-6.55	-0.00	-0.14	-0.01	-0.36	0.00
420	30	4.92	0.01	-0.14	0.04	0.30	0.03
	171	-4.90	-0.01	0.03	-0.04	0.10	0.02
421	171	27.20	-0.00	-0.30	-0.03	0.40	-0.01
	117	-27.19	0.00	0.22	0.03	0.39	0.00
422	126	27.18	0.00	0.22	0.03	-0.39	-0.00
	180	-27.19	-0.00	-0.30	-0.03	-0.40	0.01
423	180	4.89	-0.01	0.03	-0.04	-0.10	-0.02
	53	-4.92	0.01	-0.14	0.04	-0.30	-0.03
424	28	6.55	-0.00	-0.14	-0.01	0.36	-0.00
	169	-6.53	0.00	0.03	0.01	0.01	-0.00
425	169	31.27	-0.02	-0.81	0.01	1.25	-0.03
	115	-31.25	0.02	0.73	-0.01	1.10	-0.04
426	124	10.47	-0.01	-0.04	-0.03	0.02	0.00
	46	-10.51	0.01	-0.04	0.03	-0.03	-0.03
427	46	10.51	0.01	-0.04	0.03	0.03	0.03
	127	-10.47	-0.01	-0.04	-0.03	-0.02	-0.00
428	132	31.26	0.02	0.73	-0.01	-1.10	0.04
	178	-31.27	-0.02	-0.81	0.01	-1.25	0.03
429	178	6.53	0.00	0.03	0.01	-0.01	0.00
	60	-6.55	-0.00	-0.14	-0.01	-0.36	0.00
430	69	6.80	0.00	-0.13	0.01	0.30	0.00
	185	-6.78	-0.00	0.06	-0.01	-0.00	-0.00
431	185	18.31	0.01	-0.37	-0.00	0.55	0.02
	137	-18.29	-0.01	0.30	0.00	0.49	0.03
432	138	8.79	0.00	-0.04	0.02	0.03	-0.00
	71	-8.83	-0.00	-0.04	-0.02	-0.02	0.02
433	71	8.81	-0.00	-0.04	-0.02	0.02	-0.02
	139	-8.77	0.00	-0.04	0.02	-0.03	0.00

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 22  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16:45  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
434	140	18.29	-0.01	0.30	0.00	-0.49	-0.03
	186	-18.31	0.01	-0.37	-0.00	-0.55	-0.02
435	186	6.78	-0.00	0.06	-0.01	0.00	0.00
	73	-6.80	0.00	-0.13	0.01	-0.30	-0.00
436	80	5.06	0.02	-0.07	0.05	0.10	0.03
	189	-5.04	-0.02	-0.01	-0.05	-0.01	0.02
437	189	17.13	-0.01	-0.19	0.03	0.23	-0.01
	147	-17.11	0.01	0.11	-0.03	0.24	-0.01
438	148	17.11	0.01	0.11	-0.03	-0.24	0.01
	190	-17.13	-0.01	-0.19	0.03	-0.23	0.01

439	190	5.04	-0.02	-0.01	-0.05	0.01	-0.02
	83	-5.06	0.02	-0.07	0.05	-0.10	-0.03
440	78	5.06	-0.02	-0.07	-0.05	0.10	-0.03
	187	-5.04	0.02	-0.01	0.05	-0.01	-0.02
441	187	17.13	0.01	-0.19	-0.03	0.23	0.01
	141	-17.11	-0.01	0.11	0.03	0.24	0.01
442	134	17.12	-0.01	0.11	0.03	-0.24	-0.01
	182	-17.14	0.01	-0.19	-0.03	-0.23	-0.01
443	182	5.04	0.02	-0.01	0.05	0.01	0.02
	62	-5.06	-0.02	-0.07	-0.05	-0.10	0.03
444	86	6.80	-0.00	-0.13	-0.01	0.30	-0.00
	191	-6.78	0.00	0.06	0.01	-0.00	0.00
445	191	18.32	-0.01	-0.37	0.00	0.55	-0.02
	149	-18.30	0.01	0.30	-0.00	0.49	-0.03
446	146	8.79	-0.00	-0.04	-0.02	0.03	0.00
	76	-8.82	0.00	-0.04	0.02	-0.02	-0.02
447	76	8.82	0.00	-0.04	0.02	0.02	0.02
	143	-8.78	-0.00	-0.04	-0.02	-0.03	-0.00
448	136	18.30	0.01	0.30	-0.00	-0.49	0.03
	184	-18.32	-0.01	-0.37	0.00	-0.55	0.02
449	184	6.78	0.00	0.06	0.01	0.00	-0.00
	64	-6.80	-0.00	-0.13	-0.01	-0.30	0.00
450	63	5.06	-0.02	-0.07	-0.05	0.10	-0.03
	183	-5.04	0.02	-0.01	0.05	-0.01	-0.02
451	183	17.13	0.01	-0.19	-0.03	0.23	0.01
	135	-17.11	-0.01	0.11	0.03	0.24	0.01
452	144	17.11	-0.01	0.11	0.03	-0.24	-0.01
	188	-17.13	0.01	-0.19	-0.03	-0.23	-0.01
453	188	5.04	0.02	-0.01	0.05	0.01	0.02
	79	-5.06	-0.02	-0.07	-0.05	-0.10	0.03
454	61	6.80	-0.00	-0.13	-0.01	0.30	-0.00
	181	-6.78	0.00	0.06	0.01	-0.00	0.00
455	181	18.32	-0.01	-0.37	0.00	0.55	-0.02
	133	-18.30	0.01	0.30	-0.00	0.49	-0.03
456	142	8.79	-0.00	-0.04	-0.02	0.03	0.00
	75	-8.83	0.00	-0.04	0.02	-0.02	-0.02
457	75	8.82	0.00	-0.04	0.02	0.02	0.02
	145	-8.78	-0.00	-0.04	-0.02	-0.03	-0.00
458	150	18.30	0.01	0.30	-0.00	-0.49	0.03
	192	-18.32	-0.01	-0.37	0.00	-0.55	0.02
459	192	6.78	0.00	0.06	0.01	0.00	-0.00
	87	-6.80	-0.00	-0.13	-0.01	-0.30	0.00

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 23  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16:45  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----  
 -----  

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
460	96	1.47	-0.00	0.07	0.00	-0.02	-0.00
	197	-1.46	0.00	-0.11	-0.00	-0.13	-0.00
461	197	8.14	0.00	-0.19	0.00	0.29	0.01
	155	-8.12	-0.00	0.11	-0.00	0.19	0.01
462	156	7.13	0.01	-0.03	0.01	0.01	-0.00

	98	-7.16	-0.01	-0.05	-0.01	-0.04	0.02
463	98	7.13	-0.00	-0.05	-0.01	0.05	-0.02
	157	-7.09	0.00	-0.02	0.01	-0.00	0.00
464	158	8.12	-0.00	0.12	-0.00	-0.19	-0.01
	198	-8.14	0.00	-0.19	0.00	-0.30	-0.01
465	198	1.47	0.00	-0.11	-0.00	0.13	0.00
	100	-1.48	-0.00	0.07	0.00	0.02	0.00
466	107	1.56	0.03	0.10	0.00	-0.06	0.02
	201	-1.55	-0.03	-0.14	-0.00	-0.14	0.03
467	201	9.15	-0.01	-0.17	0.00	0.24	-0.01
	165	-9.13	0.01	0.09	-0.00	0.17	-0.01
468	166	9.18	0.01	0.10	-0.00	-0.18	0.01
	202	-9.20	-0.01	-0.17	0.00	-0.25	0.01
469	202	1.60	-0.03	-0.12	-0.00	0.12	-0.03
	110	-1.61	0.03	0.09	0.00	0.05	-0.02
470	105	1.66	-0.03	0.09	-0.00	-0.05	-0.02
	199	-1.64	0.03	-0.13	0.00	-0.12	-0.02
471	199	9.26	0.01	-0.17	-0.00	0.25	0.01
	159	-9.24	-0.01	0.09	0.00	0.17	0.01
472	152	9.23	-0.01	0.09	0.00	-0.17	-0.01
	194	-9.25	0.01	-0.17	-0.00	-0.25	-0.01
473	194	1.64	0.03	-0.13	0.00	0.12	0.02
	89	-1.65	-0.03	0.09	-0.00	0.05	0.02
474	113	1.48	0.00	0.07	-0.00	-0.02	0.00
	203	-1.47	-0.00	-0.11	0.00	-0.13	0.00
475	203	8.16	-0.01	-0.19	-0.00	0.30	-0.01
	167	-8.13	0.01	0.12	0.00	0.19	-0.01
476	164	7.10	-0.01	-0.03	-0.01	0.00	-0.00
	103	-7.14	0.01	-0.05	0.01	-0.04	-0.02
477	103	7.18	0.01	-0.05	0.01	0.04	0.02
	161	-7.14	-0.01	-0.03	-0.01	-0.00	0.00
478	154	8.13	0.01	0.12	0.00	-0.19	0.01
	196	-8.16	-0.01	-0.19	-0.00	-0.30	0.01
479	196	1.47	-0.00	-0.11	0.00	0.13	-0.00
	91	-1.48	0.00	0.07	-0.00	0.02	-0.00
480	90	1.58	-0.03	0.08	-0.01	-0.05	-0.02
	195	-1.57	0.03	-0.12	0.01	-0.12	-0.03
481	195	9.16	0.01	-0.17	-0.00	0.25	0.01
	153	-9.13	-0.01	0.10	0.00	0.18	0.01
482	162	9.19	-0.01	0.10	0.00	-0.18	-0.01
	200	-9.21	0.01	-0.17	-0.00	-0.25	-0.01
483	200	1.60	0.03	-0.12	0.00	0.12	0.03
	106	-1.62	-0.03	0.09	-0.00	0.05	0.02
484	88	1.47	0.00	0.07	-0.00	-0.02	0.00
	193	-1.46	-0.00	-0.11	0.00	-0.13	0.00
485	193	8.15	-0.00	-0.19	-0.00	0.29	-0.01
	151	-8.12	0.00	0.11	0.00	0.19	-0.01

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 24  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16:45  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----  
 -----  
 Barra No fx fy fz mx my mz

486	160	7.17	-0.01	-0.03	-0.01	0.01	-0.00
	102	-7.21	0.01	-0.05	0.01	-0.04	-0.02
487	102	7.10	0.01	-0.05	0.01	0.05	0.02
	163	-7.06	-0.01	-0.02	-0.01	-0.00	-0.00
488	168	8.12	0.00	0.12	0.00	-0.19	0.01
	204	-8.15	-0.00	-0.19	-0.00	-0.30	0.01
489	204	1.47	-0.00	-0.11	0.00	0.13	-0.00
	114	-1.48	0.00	0.07	-0.00	0.02	-0.00
490	169	4.73	2.26	1.97	-0.01	-0.95	1.13
	34	-4.76	-2.26	-1.97	0.01	-0.83	0.91
491	170	5.13	1.17	0.35	-0.02	-0.13	0.56
	35	-5.15	-1.17	-0.35	0.02	-0.19	0.50
492	171	5.13	1.17	-0.35	0.02	0.13	0.56
	36	-5.15	-1.17	0.35	-0.02	0.19	0.50
493	172	4.73	2.26	-1.97	0.01	0.95	1.13
	37	-4.76	-2.26	1.97	-0.01	0.83	0.91
494	173	4.73	0.58	2.95	0.01	-1.45	0.26
	40	-4.76	-0.58	-2.95	-0.01	-1.20	0.26
495	174	4.73	0.58	-2.95	-0.01	1.45	0.26
	42	-4.76	-0.58	2.95	0.01	1.20	0.26
496	179	5.13	-0.29	1.19	0.02	-0.55	-0.17
	45	-5.15	0.29	-1.19	-0.02	-0.52	-0.09
497	180	5.13	-0.29	-1.19	-0.02	0.55	-0.17
	48	-5.15	0.29	1.19	0.02	0.52	-0.09
498	175	5.13	-0.88	0.84	-0.02	-0.42	-0.39
	51	-5.15	0.88	-0.84	0.02	-0.34	-0.41
499	176	5.13	-0.88	-0.84	0.02	0.42	-0.39
	52	-5.15	0.88	0.84	-0.02	0.34	-0.41
500	177	4.73	-2.84	0.97	-0.01	-0.50	-1.39
	55	-4.76	2.84	-0.97	0.01	-0.37	-1.17
501	178	4.73	-2.84	-0.97	0.01	0.50	-1.39
	56	-4.76	2.84	0.97	-0.01	0.37	-1.17
502	181	3.49	1.11	0.91	0.00	-0.52	0.78
	65	-3.51	-1.11	-0.91	-0.00	-0.16	0.06
503	182	4.12	0.51	0.20	-0.03	-0.14	0.52
	66	-4.14	-0.51	-0.20	0.03	-0.01	-0.14
504	183	4.12	0.51	-0.20	0.03	0.14	0.52
	67	-4.14	-0.51	0.20	-0.03	0.01	-0.14
505	184	3.49	1.11	-0.91	-0.00	0.52	0.78
	68	-3.51	-1.11	0.91	0.00	0.16	0.06
506	185	3.49	0.23	1.42	-0.00	-0.93	0.06
	70	-3.51	-0.23	-1.42	0.00	-0.13	0.11
507	186	3.49	0.23	-1.42	0.00	0.93	0.06
	72	-3.51	-0.23	1.42	-0.00	0.13	0.11
508	187	4.12	-0.08	0.54	0.03	-0.52	-0.14
	74	-4.14	0.08	-0.54	-0.03	0.11	0.08
509	188	4.12	-0.08	-0.54	-0.03	0.52	-0.14
	77	-4.14	0.08	0.54	0.03	-0.11	0.08
510	189	4.12	-0.43	0.34	-0.03	-0.38	-0.38
	81	-4.14	0.43	-0.34	0.03	0.13	0.06
511	190	4.12	-0.43	-0.34	0.03	0.38	-0.38
	82	-4.14	0.43	0.34	-0.03	-0.13	0.06

-----  
-----



PROJETO :tese  
 ESTRUTURA:decio  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17  
 16:45

PASTA: C:\Tqs\Dé...  
 ARQ. : espacial

PAG.: 25  
 DATA: 30/  
 HORA:

=====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
512	191	3.49	-1.34	0.51	0.00	-0.41	-0.84
	84	-3.51	1.34	-0.51	-0.00	0.03	-0.17
513	192	3.49	-1.34	-0.51	-0.00	0.41	-0.84
	85	-3.51	1.34	0.51	0.00	-0.03	-0.17
514	193	2.65	-0.29	-0.03	0.00	-0.15	0.23
	92	-2.66	0.29	0.03	-0.00	0.17	-0.37
515	194	3.38	-0.32	-0.18	-0.01	-0.00	0.25
	93	-3.39	0.32	0.18	0.01	0.09	-0.41
516	195	3.38	-0.32	0.13	0.01	0.01	0.25
	94	-3.39	0.32	-0.13	-0.01	-0.08	-0.41
517	196	2.65	-0.28	0.04	-0.00	0.15	0.23
	95	-2.66	0.28	-0.04	0.00	-0.17	-0.37
518	197	2.65	0.12	-0.26	-0.00	-0.27	0.02
	97	-2.66	-0.12	0.26	0.00	0.40	0.04
519	198	2.65	0.12	0.26	0.00	0.27	0.02
	99	-2.66	-0.12	-0.26	-0.00	-0.40	0.04
520	199	3.38	0.01	-0.37	0.01	-0.22	-0.12
	101	-3.40	-0.01	0.37	-0.01	0.40	0.13
521	200	3.38	0.04	0.36	-0.01	0.22	-0.12
	104	-3.39	-0.04	-0.36	0.01	-0.40	0.14
522	201	3.40	0.27	-0.20	-0.01	-0.17	-0.11
	108	-3.41	-0.27	0.20	0.01	0.27	0.24
523	202	3.38	0.29	0.21	0.01	0.21	-0.13
	109	-3.39	-0.29	-0.21	-0.01	-0.32	0.27
524	203	2.65	0.17	-0.22	0.00	-0.13	-0.24
	111	-2.66	-0.17	0.22	-0.00	0.24	0.33
525	204	2.65	0.16	0.23	-0.00	0.12	-0.25
	112	-2.66	-0.16	-0.23	0.00	-0.24	0.33
526	33	5.12	-0.01	-0.13	0.04	0.31	-0.01
	169	-5.10	0.01	0.02	-0.04	0.04	-0.04
527	172	5.10	0.01	0.02	-0.04	-0.04	0.04
	38	-5.12	-0.01	-0.13	0.04	-0.31	0.01
528	44	9.24	-0.00	-0.18	-0.05	0.39	-0.02
	179	-9.21	0.00	0.06	0.05	0.16	0.00
529	180	9.21	0.00	0.06	0.05	-0.16	-0.00
	49	-9.24	-0.00	-0.18	-0.05	-0.39	0.02
530	54	0.58	0.01	-0.11	-0.01	0.23	0.03
	177	-0.56	-0.01	-0.00	0.01	0.02	0.03
531	178	0.56	-0.01	-0.00	0.01	-0.02	-0.03
	57	-0.58	0.01	-0.11	-0.01	-0.23	-0.03
532	44	0.58	-0.01	-0.11	0.01	0.23	-0.03
	173	-0.56	0.01	-0.00	-0.01	0.02	-0.03
533	169	0.56	0.01	-0.00	-0.01	-0.02	0.03
	29	-0.58	-0.01	-0.11	0.01	-0.23	0.03
534	54	9.25	0.00	-0.18	0.05	0.39	0.02
	175	-9.22	-0.00	0.06	-0.05	0.16	-0.00
535	171	9.22	-0.00	0.06	-0.05	-0.16	0.00
	31	-9.24	0.00	-0.18	0.05	-0.39	-0.02
536	59	5.13	0.01	-0.13	-0.04	0.31	0.01
	178	-5.10	-0.01	0.02	0.04	0.04	0.04

537	174	5.11	-0.01	0.02	0.04	-0.04	-0.04
	38	-5.13	0.01	-0.13	-0.04	-0.31	-0.01

```

-----
-----
PROJETO :tese                PASTA: C:\Tqs\Dé...        PAG.:      26
ESTRUTURA:decio            ARQ. : espacial          DATA: 30/
5/06
PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17        HORA:
16:45
=====
=====

```

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
538	31	0.58	-0.01	-0.11	0.01	0.23	-0.03
	172	-0.56	0.01	-0.00	-0.01	0.02	-0.03
539	174	0.56	0.01	-0.00	-0.01	-0.02	0.03
	49	-0.58	-0.01	-0.11	0.01	-0.23	0.03
540	29	9.24	0.00	-0.18	0.05	0.39	0.02
	170	-9.22	-0.00	0.06	-0.05	0.16	-0.00
541	176	9.22	-0.00	0.06	-0.05	-0.16	0.00
	57	-9.25	0.00	-0.18	0.05	-0.39	-0.02
542	33	5.13	0.01	-0.13	-0.04	0.31	0.01
	173	-5.11	-0.01	0.02	0.04	0.04	0.04
543	177	5.10	-0.01	0.02	0.04	-0.04	-0.04
	59	-5.13	0.01	-0.13	-0.04	-0.31	-0.01
544	205	-3.90	0.07	0.25	-0.07	0.15	0.14
	62	3.90	-0.07	0.63	0.07	0.55	0.11
545	206	-0.93	0.09	0.20	-0.16	0.22	0.17
	64	0.93	-0.09	0.68	0.16	0.66	0.16
546	213	-0.93	-0.08	0.22	0.13	0.17	-0.15
	87	0.93	0.08	0.66	-0.13	0.66	-0.15
547	208	-0.94	0.08	0.22	-0.13	0.17	0.15
	73	0.94	-0.08	0.66	0.13	0.66	0.15
548	209	-3.90	-0.07	0.25	0.07	0.15	-0.14
	78	3.90	0.07	0.63	-0.07	0.55	-0.11
549	211	-0.93	-0.09	0.20	0.16	0.22	-0.17
	86	0.93	0.09	0.68	-0.16	0.66	-0.16
550	207	-0.93	0.08	0.22	-0.13	0.17	0.15
	61	0.93	-0.08	0.66	0.13	0.66	0.15
551	212	-3.90	-0.07	0.25	0.07	0.15	-0.14
	83	3.90	0.07	0.63	-0.07	0.55	-0.11
552	210	-0.94	-0.09	0.20	0.16	0.22	-0.17
	73	0.94	0.09	0.68	-0.16	0.66	-0.16
553	181	-2.18	-0.00	0.09	0.06	-0.32	-0.03
	205	2.16	0.00	-0.18	-0.06	-0.15	0.01
554	205	2.48	0.02	-0.22	-0.06	0.26	0.02
	182	-2.46	-0.02	0.13	0.06	0.36	0.04
555	183	2.46	-0.02	0.13	0.06	-0.36	-0.04
	206	-2.47	0.02	-0.22	-0.06	-0.26	-0.02
556	206	-2.16	0.00	-0.18	-0.06	0.15	-0.01
	184	2.18	-0.00	0.09	0.06	0.32	0.03
557	207	0.15	0.01	-0.19	-0.04	0.20	-0.00
	181	-0.13	-0.01	0.10	0.04	0.31	0.02
558	185	0.14	-0.01	0.10	0.04	-0.31	-0.02
	207	-0.16	0.01	-0.19	-0.04	-0.20	0.00
559	184	0.13	-0.01	0.10	0.04	-0.31	-0.02
	208	-0.15	0.01	-0.19	-0.04	-0.20	0.00
560	208	0.16	0.01	-0.19	-0.04	0.20	-0.00

	186	-0.14	-0.01	0.10	0.04	0.31	0.02
561	209	-2.16	0.00	-0.18	-0.06	0.15	-0.01
	185	2.18	-0.00	0.09	0.06	0.32	0.03
562	187	2.45	-0.02	0.13	0.06	-0.36	-0.04
	209	-2.47	0.02	-0.22	-0.06	-0.26	-0.02
563	186	-2.18	-0.00	0.09	0.06	-0.32	-0.03
	210	2.16	0.00	-0.18	-0.06	-0.15	0.01

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 27  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06

PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17

HORA:

16:45

=====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
564	210	2.47	0.02	-0.22	-0.06	0.26	0.02
	188	-2.45	-0.02	0.13	0.06	0.36	0.04
565	211	2.48	0.02	-0.22	-0.06	0.26	0.02
	189	-2.46	-0.02	0.13	0.06	0.36	0.04
566	191	-2.18	-0.00	0.09	0.06	-0.32	-0.03
	211	2.16	0.00	-0.18	-0.06	-0.15	0.01
567	190	2.46	-0.02	0.13	0.06	-0.36	-0.04
	212	-2.48	0.02	-0.22	-0.06	-0.26	-0.02
568	212	-2.16	0.00	-0.18	-0.06	0.15	-0.01
	192	2.18	-0.00	0.09	0.06	0.32	0.03
569	213	0.15	0.01	-0.19	-0.04	0.20	-0.00
	191	-0.13	-0.01	0.10	0.04	0.31	0.02
570	192	0.13	-0.01	0.10	0.04	-0.31	-0.02
	213	-0.15	0.01	-0.19	-0.04	-0.20	0.00
571	214	-1.41	0.02	0.11	-0.02	0.05	0.03
	89	1.41	-0.02	0.27	0.02	0.19	0.02
572	215	0.44	0.03	0.10	-0.04	0.06	0.04
	91	-0.44	-0.03	0.27	0.04	0.19	0.04
573	222	0.45	-0.02	0.11	0.03	0.05	-0.03
	114	-0.45	0.02	0.27	-0.03	0.19	-0.03
574	216	0.47	0.02	0.11	-0.03	0.05	0.03
	88	-0.47	-0.02	0.27	0.03	0.19	0.03
575	221	-1.43	-0.02	0.11	0.02	0.04	-0.03
	110	1.43	0.02	0.26	-0.02	0.19	-0.02
576	219	0.44	-0.03	0.10	0.04	0.06	-0.04
	100	-0.44	0.03	0.27	-0.04	0.19	-0.04
577	217	0.44	0.02	0.11	-0.03	0.05	0.03
	100	-0.44	-0.02	0.27	0.03	0.19	0.03
578	218	-1.42	-0.02	0.11	0.02	0.05	-0.03
	105	1.42	0.02	0.27	-0.02	0.19	-0.02
579	220	0.44	-0.03	0.10	0.04	0.06	-0.04
	113	-0.44	0.03	0.27	-0.04	0.20	-0.04
580	193	-1.06	0.00	0.03	0.02	-0.07	-0.00
	214	1.05	-0.00	-0.09	-0.02	-0.09	0.01
581	214	1.16	-0.00	-0.10	-0.02	0.10	-0.00
	194	-1.14	0.00	0.03	0.02	0.07	-0.00
582	195	1.13	0.00	0.03	0.02	-0.07	0.00
	215	-1.14	-0.00	-0.10	-0.02	-0.11	0.00
583	215	-1.03	-0.00	-0.09	-0.02	0.09	-0.01
	196	1.04	0.00	0.03	0.02	0.08	0.00

584	216	0.05	-0.01	-0.10	-0.02	0.10	-0.02
	193	-0.03	0.01	0.03	0.02	0.08	-0.00
585	197	0.04	0.01	0.03	0.02	-0.08	0.00
	216	-0.05	-0.01	-0.10	-0.02	-0.10	0.02
586	196	0.03	0.01	0.03	0.02	-0.08	0.00
	217	-0.05	-0.01	-0.10	-0.02	-0.10	0.02
587	217	0.05	-0.01	-0.10	-0.02	0.10	-0.02
	198	-0.04	0.01	0.03	0.02	0.08	-0.00
588	218	-1.05	-0.00	-0.09	-0.02	0.09	-0.01
	197	1.06	0.00	0.03	0.02	0.07	0.00
589	199	1.15	0.00	0.03	0.02	-0.07	0.00
	218	-1.16	-0.00	-0.10	-0.02	-0.10	0.00

-----  
-----  
PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 28  
ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
5/06  
PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
16:45  
=====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----  
-----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
590	198	-1.06	0.00	0.03	0.02	-0.07	-0.00
	219	1.04	-0.00	-0.09	-0.02	-0.09	0.01
591	219	1.16	-0.00	-0.10	-0.02	0.11	-0.00
	200	-1.14	0.00	0.03	0.02	0.07	-0.00
592	220	1.15	-0.00	-0.10	-0.02	0.11	-0.00
	201	-1.13	0.00	0.03	0.02	0.07	-0.00
593	203	-1.05	0.00	0.03	0.02	-0.08	-0.00
	220	1.03	-0.00	-0.10	-0.02	-0.09	0.01
594	202	1.15	0.00	0.03	0.02	-0.07	0.00
	221	-1.16	-0.00	-0.10	-0.02	-0.11	0.00
595	221	-1.05	-0.00	-0.09	-0.02	0.09	-0.01
	204	1.06	0.00	0.03	0.02	0.07	0.00
596	204	0.04	0.01	0.03	0.02	-0.08	0.00
	222	-0.05	-0.01	-0.10	-0.02	-0.10	0.02
597	222	0.05	-0.01	-0.10	-0.02	0.10	-0.02
	203	-0.03	0.01	0.03	0.02	0.08	-0.00
598	169	-15.77	0.02	-0.19	0.03	0.33	0.05
	170	15.77	-0.02	0.07	-0.03	0.26	0.04
599	170	5.72	-0.00	-0.06	-0.00	0.01	-0.01
	171	-5.72	0.00	-0.06	0.00	-0.01	0.01
600	171	-15.77	-0.02	0.07	-0.03	-0.26	-0.04
	172	15.77	0.02	-0.19	0.03	-0.33	-0.05
601	177	-20.91	-0.00	-0.06	-0.00	0.04	-0.00
	178	20.91	0.00	-0.06	0.00	-0.04	0.00
602	173	-20.92	0.00	-0.06	0.00	0.04	0.00
	169	20.92	-0.00	-0.06	-0.00	-0.04	-0.00
603	178	-15.78	-0.02	-0.19	-0.03	0.33	-0.05
	176	15.78	0.02	0.07	0.03	0.26	-0.04
604	176	5.72	-0.00	-0.06	-0.00	0.01	0.01
	180	-5.72	0.00	-0.06	0.00	-0.01	-0.01
605	180	-15.77	0.02	0.07	0.03	-0.26	0.04
	174	15.77	-0.02	-0.19	-0.03	-0.33	0.05
606	172	-20.92	-0.00	-0.06	-0.00	0.04	0.00
	174	20.92	0.00	-0.06	0.00	-0.04	-0.00
607	173	-15.77	-0.02	-0.19	-0.03	0.33	-0.05

	179	15.77	0.02	0.07	0.03	0.26	-0.04
608	179	5.72	0.00	-0.06	0.00	0.01	0.01
	175	-5.72	-0.00	-0.06	-0.00	-0.01	-0.01
609	175	-15.78	0.02	0.07	0.03	-0.26	0.04
	177	15.78	-0.02	-0.19	-0.03	-0.33	0.05
610	170	-11.71	-0.00	-0.08	0.00	0.08	-0.00
	41	11.69	0.00	-0.03	-0.00	0.04	0.00
611	171	-11.71	0.00	-0.08	-0.00	0.08	0.00
	41	11.69	-0.00	-0.03	0.00	0.04	-0.00
612	179	-11.71	0.00	-0.08	-0.00	0.08	0.00
	46	11.68	-0.00	-0.03	0.00	0.04	-0.00
613	175	-11.71	-0.00	-0.08	0.00	0.08	-0.00
	46	11.69	0.00	-0.03	-0.00	0.04	0.00
614	176	-11.71	0.00	-0.08	-0.00	0.08	0.00
	47	11.69	-0.00	-0.03	0.00	0.04	-0.00
615	180	-11.71	-0.00	-0.08	0.00	0.08	-0.00
	47	11.68	0.00	-0.03	-0.00	0.04	0.00

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 29  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 30/  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 16:45  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
616	116	3.73	-0.00	-0.10	-0.00	0.13	-0.00
	117	-3.73	0.00	-0.10	0.00	-0.13	0.00
617	123	3.73	-0.00	-0.10	-0.00	0.13	0.00
	129	-3.73	0.00	-0.10	0.00	-0.13	-0.00
618	126	3.73	0.00	-0.10	0.00	0.13	-0.00
	130	-3.73	-0.00	-0.10	-0.00	-0.13	0.00
619	181	-9.00	0.01	-0.09	0.02	0.11	0.02
	182	9.00	-0.01	-0.03	-0.02	0.02	0.01
620	182	3.14	0.00	-0.06	0.00	0.02	-0.01
	183	-3.14	-0.00	-0.06	-0.00	-0.02	0.01
621	183	-9.00	-0.01	-0.03	-0.02	-0.02	-0.01
	184	9.00	0.01	-0.09	0.02	-0.11	-0.02
622	191	-11.74	-0.00	-0.06	0.00	0.02	0.00
	192	11.74	0.00	-0.06	-0.00	-0.02	-0.00
623	185	-11.74	-0.00	-0.06	0.00	0.02	-0.00
	181	11.74	0.00	-0.06	-0.00	-0.02	0.00
624	192	-9.00	-0.01	-0.09	-0.02	0.11	-0.02
	190	9.00	0.01	-0.03	0.02	0.02	-0.01
625	190	3.15	-0.00	-0.06	-0.00	0.02	0.01
	188	-3.15	0.00	-0.06	0.00	-0.02	-0.01
626	188	-9.00	0.01	-0.03	0.02	-0.02	0.01
	186	9.00	-0.01	-0.09	-0.02	-0.11	0.02
627	184	-11.74	0.00	-0.06	-0.00	0.02	-0.00
	186	11.74	-0.00	-0.06	0.00	-0.02	0.00
628	185	-9.00	-0.01	-0.09	-0.02	0.11	-0.02
	187	9.00	0.01	-0.03	0.02	0.02	-0.01
629	187	3.15	0.00	-0.06	0.00	0.02	0.01
	189	-3.15	-0.00	-0.06	-0.00	-0.02	-0.01
630	189	-9.00	0.01	-0.03	0.02	-0.02	0.01
	191	9.00	-0.01	-0.09	-0.02	-0.11	0.02

631	182	-9.17	-0.00	-0.06	0.00	0.02	-0.01
	71	9.15	0.00	-0.06	-0.00	-0.02	0.00
632	183	-9.17	0.00	-0.06	-0.00	0.02	0.01
	71	9.15	-0.00	-0.06	0.00	-0.02	-0.00
633	187	-9.17	0.00	-0.06	-0.00	0.02	0.01
	75	9.15	-0.00	-0.06	0.00	-0.02	-0.00
634	189	-9.17	-0.00	-0.06	0.00	0.02	-0.01
	75	9.15	0.00	-0.06	-0.00	-0.02	0.00
635	190	-9.17	0.00	-0.06	-0.00	0.02	0.01
	76	9.15	-0.00	-0.06	0.00	-0.02	-0.00
636	188	-9.17	-0.00	-0.06	0.00	0.02	-0.01
	76	9.15	0.00	-0.06	-0.00	-0.02	0.00
637	134	3.31	0.00	-0.10	-0.00	0.12	0.00
	135	-3.31	-0.00	-0.10	0.00	-0.12	-0.00
638	141	3.31	-0.00	-0.10	-0.00	0.12	-0.00
	147	-3.31	0.00	-0.10	0.00	-0.12	0.00
639	144	3.31	0.00	-0.10	0.00	0.12	0.00
	148	-3.31	-0.00	-0.10	-0.00	-0.12	-0.00
640	193	-5.81	-0.00	-0.06	0.01	0.07	0.00
	194	5.81	0.00	-0.05	-0.01	-0.05	-0.00
641	194	1.98	0.00	-0.05	0.00	0.02	0.00
	195	-1.98	-0.00	-0.06	-0.00	-0.04	0.00

-----  
 -----  
 PROJETO :tese  
 ESTRUTURA:decio  
 5/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17  
 16:45  
 =====  
 =====

-----ESFORÇOS NAS BARRAS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
642	195	-5.83	0.00	-0.05	-0.01	0.05	0.00
	196	5.83	-0.00	-0.06	0.01	-0.07	-0.00
643	203	-7.17	0.00	-0.06	0.00	0.05	0.00
	204	7.17	-0.00	-0.06	-0.00	-0.05	-0.00
644	197	-7.20	0.00	-0.06	0.00	0.05	-0.00
	193	7.20	-0.00	-0.06	-0.00	-0.05	0.00
645	204	-5.79	0.00	-0.06	-0.01	0.07	-0.00
	202	5.79	-0.00	-0.05	0.01	-0.05	0.00
646	202	2.04	0.00	-0.06	0.00	0.03	0.00
	200	-2.04	-0.00	-0.06	-0.00	-0.03	-0.00
647	200	-5.79	-0.00	-0.05	0.01	0.05	-0.00
	198	5.79	0.00	-0.06	-0.01	-0.07	0.00
648	196	-7.18	-0.00	-0.06	-0.00	0.05	-0.00
	198	7.18	0.00	-0.06	0.00	-0.05	0.00
649	197	-5.81	0.00	-0.06	-0.01	0.07	-0.00
	199	5.81	-0.00	-0.05	0.01	-0.05	0.00
650	199	2.00	-0.00	-0.06	-0.00	0.02	-0.00
	201	-2.00	0.00	-0.06	0.00	-0.03	-0.00
651	201	-5.83	-0.00	-0.05	0.01	0.05	-0.00
	203	5.83	0.00	-0.06	-0.01	-0.06	0.00
652	194	-6.88	0.00	-0.07	0.01	0.10	0.00
	98	6.87	-0.00	-0.04	-0.01	-0.02	0.01
653	195	-6.86	-0.00	-0.08	-0.01	0.10	-0.00
	98	6.85	0.00	-0.04	0.01	-0.01	-0.01
654	199	-6.88	-0.00	-0.07	-0.01	0.10	-0.00



	102	6.87	0.00	-0.04	0.01	-0.02	-0.01
655	201	-6.86	0.00	-0.07	0.01	0.09	0.00
	102	6.85	-0.00	-0.04	-0.01	-0.02	0.01
656	202	-6.88	-0.00	-0.08	-0.01	0.10	-0.00
	103	6.87	0.00	-0.04	0.01	-0.01	-0.01
657	200	-6.88	0.00	-0.08	0.01	0.10	0.00
	103	6.87	-0.00	-0.04	-0.01	-0.01	0.01
658	152	0.90	0.00	-0.10	0.00	0.12	0.00
	153	-0.90	-0.00	-0.10	-0.00	-0.12	0.00
659	159	0.91	-0.00	-0.10	-0.00	0.12	-0.00
	165	-0.91	0.00	-0.10	0.00	-0.12	-0.00
660	166	0.93	0.00	-0.10	0.00	0.12	-0.00
	162	-0.93	-0.00	-0.10	-0.00	-0.12	0.00

-----REACOES DOS APOIOS(tf m) CB. 1 CARGA TOTAL-----

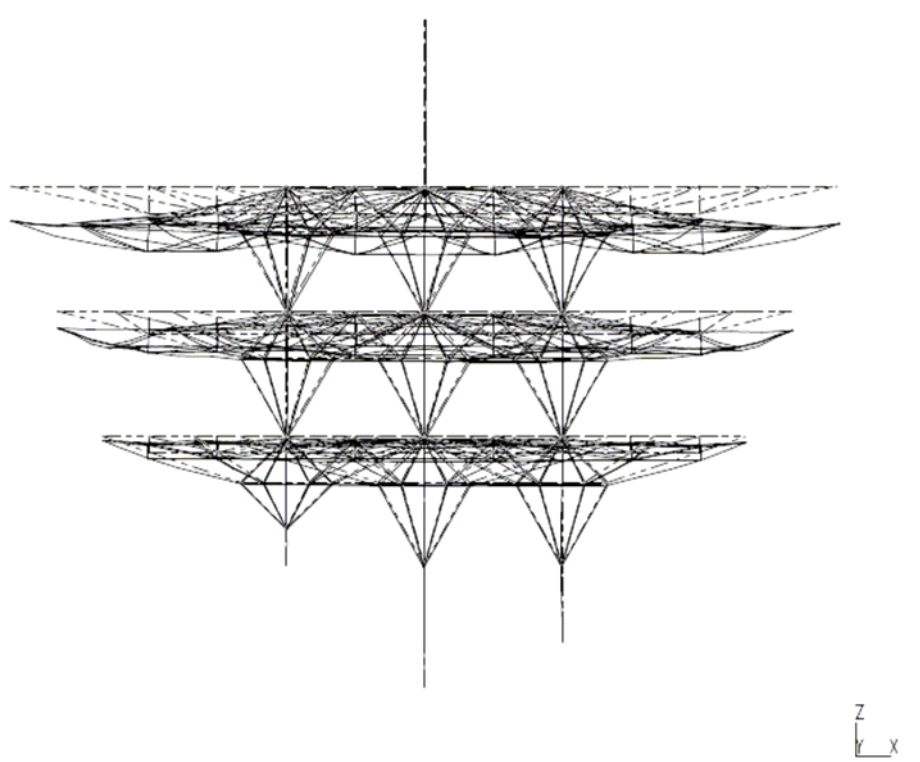
-----

No	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	0.03	-0.06	88.13	0.11	0.05	0.00
12	-0.09	0.05	89.44	-0.18	-0.18	0.00
20	0.06	0.01	88.94	-0.07	0.09	-0.00

SOMA REACOES FX= 0.00 FY= 0.00 FZ= 266.51  
 SOMA F. EXTERNAS FX= -0.00 FY= -0.00 FZ= -266.51

-----

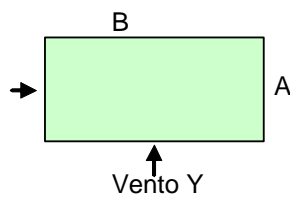
## H. DEFORMADA DA ESTRUTURA



## I. ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL

Para análise da estabilidade global da estrutura, foi considerado um carregamento horizontal acidental devido ao vento com as seguintes características:

### A. Características Geométricas da Edificação



#### Dimensões da edificação

A= 23,40 m  
B= 27,00 m  
H= 16,50 m

	Vento X	Vento Y
I1/I2	0,87	1,15
h/I1	0,71	0,61

Coefficiente de arrasto **0,84** **0,87**

\*\*\* (Obter valores em ábacos da nova norma NB-599)

pg 27 - Vento de baixa turbulência

pg 32 - Vento de alta turbulência

### B. Dados para cálculo da velocidade característica do vento

#### B.1 - Velocidade básica do vento ( $V_o$ ) - (conforme isopletas de velocidades básicas - pg.9)

São Paulo: adotar  $V_o = 35$  m/s

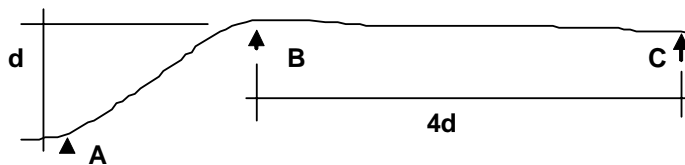
**$V_o = 38,00$  m/s**

#### B.2 - Fator Topográfico ( $S_1$ )

- Terreno plano ou fracamente acidentado  $S_1 = 1,0$

- Vales profundos, protegidos de vento  $S_1 = 0,9$

**$S_1 = 1,00$**



- ponto A e ponto C:  $S_1 = 1,0$   
- pontos entre A e C: ver formulação na pág.10

#### B.3 - Fator $S_2$ : fatores condicionantes

- Rugosidade do terreno

**Categ. 2**

- Categ. 1: superfícies lisas com mais de 5km de extensão

- Categ.2: terrenos com poucos obstáculos, baixos e isolados

- Categ.3: terrenos com obstáculos com cota média de topo igual a 3m

- Categ.4: terrenos com obstáculos numerosos com cota média igual a 10m

- Categ.5: terrenos com obstáculos altos e pouco espaçados (c.m.topo=25m)

- Classe da edificação

**- Classe B**

- Altura sobre o terreno (z): **variável.** (obter valores de  $S_2$  na tabela da pg,14)

#### B.4 - Fator Estatístico $S_3$

- Edificações para atendimento de pessoas em emergências (hospitais, quartéis, etc)

$S_3 = 1,1$

- Hotéis, residências, comércio e indústrias de alta ocupação

$S_3 = 1,0$

- Indústrias com baixo fator de ocupação

$S_3 = 0,95$

- Vedações

$S_3 = 0,88$

- Edificações temporárias ou edificações durante a construção

$S_3 = 0,83$

**- Fator  $S_3 = 1,0$**

#### B.5 - Pressões de vento sobre a edificação

Vento X

**$q_x = 62,47 \times (S_2^2)$  (kgf/m<sup>2</sup>)**

Vento Y

**$q_y = 67,01 \times (S_2^2)$  (kgf/m<sup>2</sup>)**

A estrutura foi processada para o vento que conduz à situação mais crítica para os pilares da estrutura – Vento aplicado a -90°.

Esse novo carregamento introduz os seguintes esforços na estrutura:

Nós	FY (tf)
4	-0,523
15 / 23	-0,286
6	-1,16
17 / 25	-0,634
8	-2,035
19 / 27	-1,112

O carregamento devido ao vento trouxe os seguintes resultados:

PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 1  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11

=====

Modulo Portico Espacial - Regiao de Interesse: 0

-----DESLOCAMENTOS NODAIS (cm) NC. 4 VENTO -90o-----

-----

No	DeslX	DeslY	DeslZ	Rot X	Rot Y	Rot Z
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.35	-0.72	-0.02	0.00	-0.00	-0.00
3	-0.49	-0.76	-0.03	-0.00	-0.00	-0.00
4	-0.51	-0.73	-0.03	0.00	-0.00	-0.00
5	-0.52	-0.84	-0.04	0.00	0.00	-0.00
6	-0.52	-0.92	-0.04	0.00	0.00	-0.00
7	-0.52	-1.01	-0.04	0.00	-0.00	-0.00
8	-0.52	-1.05	-0.04	0.00	-0.00	-0.00
9	-0.52	-1.11	-0.04	0.00	-0.00	-0.00
10	-0.53	-1.15	-0.04	0.00	-0.00	-0.00
11	-0.53	-1.19	-0.04	0.00	-0.00	-0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.02	-0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	-0.31	0.01	0.00	-0.00	-0.00
15	-0.04	-0.46	0.01	0.00	-0.00	-0.00
16	-0.06	-0.61	0.01	0.00	0.00	-0.00
17	-0.06	-0.65	0.01	0.00	0.00	-0.00
18	-0.06	-0.74	0.01	0.00	-0.00	-0.00
19	-0.06	-0.78	0.01	0.00	-0.00	-0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	-0.16	-0.52	0.01	0.00	-0.00	-0.00
22	-0.12	-0.90	0.01	0.00	0.00	-0.00
23	-0.06	-1.01	0.01	0.00	0.00	-0.00
24	-0.04	-1.14	0.01	0.00	-0.00	-0.00
25	-0.05	-1.19	0.01	0.00	-0.00	-0.00
26	-0.06	-1.28	0.01	0.00	0.00	-0.00
27	-0.05	-1.32	0.01	0.00	0.00	-0.00
28	0.41	-0.51	0.22	0.00	-0.00	-0.00
29	0.41	-0.78	0.22	0.00	-0.00	-0.00

30	0.41	-1.05	0.23	0.00	-0.00	-0.00
31	0.41	-1.32	0.23	0.00	-0.00	-0.00
32	0.41	-1.58	0.23	0.00	0.00	-0.00
33	0.18	-0.37	0.10	0.00	-0.00	-0.00
34	0.18	-0.64	0.11	0.00	-0.00	-0.00
35	0.18	-0.91	0.10	0.00	-0.00	-0.00
36	0.18	-1.18	0.11	0.00	-0.00	-0.00
37	0.18	-1.45	0.12	0.00	-0.00	-0.00
38	0.18	-1.72	0.11	0.00	0.00	-0.00
39	-0.06	-0.24	-0.02	0.00	-0.00	-0.00
40	-0.06	-0.51	0.01	0.00	-0.00	-0.00
41	-0.06	-1.04	0.00	0.00	-0.00	-0.00
42	-0.05	-1.58	0.02	0.00	0.00	-0.00
43	-0.05	-1.85	-0.00	0.00	0.00	-0.00
44	-0.29	-0.37	-0.10	0.00	-0.00	-0.00
45	-0.29	-0.64	-0.06	0.00	-0.00	-0.00
46	-0.29	-0.90	-0.01	0.00	-0.00	-0.00
47	-0.28	-1.17	-0.01	0.00	0.00	-0.00
48	-0.28	-1.45	-0.05	0.00	0.00	-0.00
49	-0.28	-1.71	-0.09	0.00	0.00	-0.00
50	-0.53	-0.50	-0.12	0.00	-0.00	-0.00
51	-0.52	-0.77	-0.07	0.00	-0.00	-0.00

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 2  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11  
 =====  
 =====

-----DESLOCAMENTOS NODAIS (cm) NC. 4 VENTO -90o-----  
 -----  

No	DeslX	DeslY	DeslZ	Rot X	Rot Y	Rot Z
52	-0.52	-1.31	-0.07	0.00	0.00	-0.00
53	-0.52	-1.58	-0.11	0.00	0.00	-0.00
54	-0.76	-0.64	-0.15	0.00	-0.00	-0.00
55	-0.76	-0.91	-0.14	0.00	-0.00	-0.00
56	-0.75	-1.18	-0.14	0.00	0.00	-0.00
57	-0.75	-1.44	-0.14	0.00	0.00	-0.00
58	-0.99	-0.77	-0.23	0.00	0.00	-0.00
59	-0.99	-1.04	-0.23	0.00	-0.00	-0.00
60	-0.99	-1.31	-0.22	0.00	-0.00	-0.00
61	0.33	-0.43	0.28	0.00	-0.00	-0.00
62	0.33	-0.87	0.28	0.00	0.00	-0.00
63	0.33	-0.96	0.27	0.00	0.00	-0.00
64	0.34	-1.41	0.28	0.00	-0.00	-0.00
65	0.18	-0.52	0.16	0.00	-0.00	-0.00
66	0.18	-0.78	0.15	0.00	-0.00	-0.00
67	0.18	-1.05	0.15	0.00	0.00	-0.00
68	0.18	-1.32	0.17	0.00	-0.00	-0.00
69	-0.06	-0.20	-0.04	0.00	-0.00	-0.00
70	-0.06	-0.38	-0.01	0.00	-0.00	-0.00
71	-0.05	-0.91	0.01	0.00	-0.00	-0.00
72	-0.05	-1.45	0.00	0.00	0.00	-0.00
73	-0.05	-1.63	-0.02	0.00	0.00	-0.00
74	-0.29	-0.51	-0.12	0.00	-0.00	-0.00
75	-0.29	-0.76	-0.01	-0.00	-0.00	-0.00
76	-0.28	-1.03	-0.00	-0.00	0.00	-0.00

77	-0.28	-1.32	-0.11	0.00	0.00	-0.00
78	-0.44	-0.42	-0.22	-0.00	-0.00	-0.00
79	-0.45	-1.41	-0.20	-0.00	0.00	-0.00
80	-0.52	-0.47	-0.09	-0.00	-0.00	-0.00
81	-0.52	-0.64	-0.06	0.00	-0.00	-0.00
82	-0.52	-1.18	-0.05	0.00	-0.00	-0.00
83	-0.52	-1.37	-0.07	-0.00	0.00	-0.00
84	-0.76	-0.78	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
85	-0.75	-1.05	-0.19	0.00	0.00	-0.00
86	-0.91	-0.69	-0.29	0.00	0.00	-0.00
87	-0.91	-1.14	-0.28	0.00	-0.00	-0.00
88	0.25	-0.29	0.51	0.00	-0.00	-0.00
89	0.26	-0.63	0.64	0.00	-0.00	-0.00
90	0.26	-0.81	0.63	0.00	0.00	-0.00
91	0.26	-1.18	0.49	0.00	0.00	-0.00
92	0.18	-0.33	0.38	0.00	-0.00	-0.00
93	0.18	-0.59	0.49	0.00	-0.00	-0.00
94	0.18	-0.86	0.47	0.00	0.00	-0.00
95	0.18	-1.13	0.36	0.00	0.00	-0.00
96	-0.05	-0.12	-0.18	0.00	-0.00	-0.00
97	-0.05	-0.19	-0.13	0.00	-0.00	-0.00
98	-0.05	-0.71	0.12	0.00	-0.00	-0.00
99	-0.05	-1.26	-0.15	0.00	0.00	-0.00
100	-0.05	-1.36	-0.21	0.00	0.00	-0.00
101	-0.28	-0.32	-0.48	0.00	-0.00	-0.00
102	-0.28	-0.57	-0.24	0.00	-0.00	-0.00
103	-0.27	-0.83	-0.13	-0.00	0.00	-0.00

-----

PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 3  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11

=====

-----DESLOCAMENTOS NODAIS (cm) NC. 4 VENTO -90o-----

No	DeslX	DeslY	DeslZ	Rot X	Rot Y	Rot Z
104	-0.27	-1.12	-0.44	0.00	0.00	-0.00
105	-0.35	-0.28	-0.60	0.00	-0.00	-0.00
106	-0.37	-1.17	-0.56	-0.00	0.00	-0.00
107	-0.51	-0.37	-0.22	-0.00	-0.00	-0.00
108	-0.51	-0.45	-0.19	-0.00	-0.00	-0.00
109	-0.51	-0.98	0.13	-0.00	-0.00	-0.00
110	-0.51	-1.09	0.19	-0.00	-0.00	-0.00
111	-0.75	-0.59	-0.11	0.00	-0.00	-0.00
112	-0.74	-0.85	0.07	-0.00	-0.00	-0.00
113	-0.82	-0.54	-0.15	0.00	-0.00	-0.00
114	-0.83	-0.90	0.10	0.00	-0.00	-0.00
115	0.02	-0.69	0.05	0.00	-0.00	-0.00
116	0.02	-0.78	0.05	0.00	0.00	-0.00
117	0.02	-1.23	0.05	0.00	-0.00	-0.00
118	0.02	-1.32	0.05	0.00	0.00	-0.00
119	-0.05	-0.65	0.01	0.00	0.00	-0.00
120	-0.06	-0.83	0.01	0.00	0.00	-0.00
121	-0.05	-1.19	0.01	0.00	-0.00	-0.00
122	-0.06	-1.37	0.01	0.00	-0.00	-0.00
123	-0.13	-0.70	-0.03	0.00	-0.00	-0.00

124	-0.13	-0.79	-0.02	0.00	-0.00	-0.00
125	-0.14	-1.24	-0.02	0.00	0.00	-0.00
126	-0.14	-1.32	-0.03	0.00	0.00	-0.00
127	-0.44	-0.97	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
128	-0.44	-1.06	-0.00	0.00	0.00	-0.00
129	-0.52	-0.92	-0.04	0.00	-0.00	-0.00
130	-0.52	-1.10	-0.04	0.00	0.00	-0.00
131	-0.60	-0.97	-0.08	0.00	0.00	-0.00
132	-0.60	-1.05	-0.08	0.00	-0.00	-0.00
133	0.02	-0.55	0.07	0.00	-0.00	-0.00
134	0.03	-0.63	0.07	0.00	0.00	-0.00
135	0.02	-1.08	0.07	0.00	-0.00	-0.00
136	0.02	-1.17	0.07	0.00	0.00	-0.00
137	-0.05	-0.51	0.00	0.00	-0.00	-0.00
138	-0.05	-0.68	0.01	0.00	0.00	-0.00
139	-0.05	-1.04	0.01	0.00	-0.00	-0.00
140	-0.06	-1.22	0.01	0.00	-0.00	-0.00
141	-0.12	-0.55	-0.05	0.00	-0.00	-0.00
142	-0.12	-0.65	-0.04	0.00	-0.00	-0.00
143	-0.14	-1.10	-0.03	0.00	0.00	-0.00
144	-0.14	-1.17	-0.05	0.00	0.00	-0.00
145	-0.44	-0.83	0.01	0.00	-0.00	-0.00
146	-0.44	-0.92	0.02	0.00	0.00	-0.00
147	-0.52	-0.78	-0.04	0.00	-0.00	-0.00
148	-0.52	-0.96	-0.03	0.00	0.00	-0.00
149	-0.59	-0.82	-0.10	0.00	-0.00	-0.00
150	-0.60	-0.91	-0.09	0.00	-0.00	-0.00
151	-0.00	-0.29	0.14	0.00	-0.00	-0.00
152	0.00	-0.30	0.17	0.00	-0.00	-0.00
153	0.02	-0.77	0.18	0.00	0.00	-0.00
154	0.03	-0.91	0.14	0.00	0.00	-0.00
155	-0.00	-0.30	-0.03	0.00	-0.00	-0.00

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 4  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11  
 =====  
 =====

-----DESLOCAMENTOS NODAIS (cm) NC. 4 VENTO -90o-----  
 -----  

No	DeslX	DeslY	DeslZ	Rot X	Rot Y	Rot Z
156	-0.01	-0.30	0.04	0.00	-0.00	-0.00
157	-0.09	-0.71	0.04	0.00	0.00	-0.00
158	-0.11	-1.00	-0.03	0.00	0.00	-0.00
159	-0.00	-0.30	-0.16	0.00	-0.00	-0.00
160	-0.00	-0.31	-0.12	0.00	-0.00	-0.00
161	-0.24	-0.79	-0.11	0.00	0.00	-0.00
162	-0.24	-0.93	-0.15	0.00	0.00	-0.00
163	-0.36	-0.68	-0.06	-0.00	-0.00	-0.00
164	-0.36	-0.80	-0.01	-0.00	-0.00	-0.00
165	-0.47	-0.61	-0.08	-0.00	-0.00	-0.00
166	-0.45	-0.84	0.03	-0.00	-0.00	-0.00
167	-0.56	-0.67	-0.06	-0.00	-0.00	-0.00
168	-0.55	-0.78	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
169	0.18	-0.62	0.11	0.00	-0.00	-0.00
170	0.18	-0.89	0.10	0.00	-0.00	-0.00



171	0.18	-1.15	0.11	0.00	-0.00	-0.00
172	0.18	-1.42	0.12	0.00	-0.00	-0.00
173	-0.05	-0.49	0.01	0.00	-0.00	-0.00
174	-0.06	-1.56	0.02	0.00	0.00	-0.00
175	-0.52	-0.76	-0.07	0.00	-0.00	-0.00
176	-0.52	-1.29	-0.07	0.00	0.00	-0.00
177	-0.75	-0.89	-0.14	0.00	-0.00	-0.00
178	-0.75	-1.16	-0.14	0.00	0.00	-0.00
179	-0.29	-0.62	-0.06	0.00	-0.00	-0.00
180	-0.29	-1.42	-0.05	0.00	0.00	-0.00
181	0.18	-0.48	0.16	0.00	-0.00	-0.00
182	0.18	-0.75	0.15	0.00	-0.00	-0.00
183	0.18	-1.02	0.15	0.00	-0.00	-0.00
184	0.18	-1.29	0.17	0.00	-0.00	-0.00
185	-0.05	-0.35	-0.01	0.00	-0.00	-0.00
186	-0.06	-1.43	0.00	0.00	0.00	-0.00
187	-0.27	-0.48	-0.12	0.00	-0.00	-0.00
188	-0.30	-1.29	-0.11	0.00	0.00	-0.00
189	-0.52	-0.62	-0.06	0.00	-0.00	-0.00
190	-0.52	-1.16	-0.05	0.00	-0.00	-0.00
191	-0.75	-0.75	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
192	-0.75	-1.02	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
193	0.19	-0.27	0.38	0.00	-0.00	-0.00
194	0.18	-0.53	0.49	0.00	-0.00	-0.00
195	0.17	-0.80	0.47	0.00	0.00	-0.00
196	0.17	-1.08	0.36	0.00	0.00	-0.00
197	-0.03	-0.15	-0.13	0.00	-0.00	-0.00
198	-0.07	-1.22	-0.15	0.00	0.00	-0.00
199	-0.25	-0.29	-0.48	0.00	-0.00	-0.00
200	-0.31	-1.09	-0.44	0.00	0.00	-0.00
201	-0.50	-0.45	-0.19	-0.00	-0.00	-0.00
202	-0.49	-0.99	0.13	-0.00	-0.00	-0.00
203	-0.73	-0.58	-0.11	0.00	-0.00	-0.00
204	-0.73	-0.86	0.07	-0.00	-0.00	-0.00
205	0.33	-0.65	0.28	0.00	0.00	-0.00
206	0.33	-1.19	0.27	0.00	-0.00	-0.00
207	0.14	-0.32	0.12	0.00	-0.00	-0.00

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 5  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11

-----DESLOCAMENTOS NODAIS (cm) NC. 4 VENTO -90o-----

No	DeslX	DeslY	DeslZ	Rot X	Rot Y	Rot Z
208	0.14	-1.52	0.13	0.00	0.00	-0.00
209	-0.26	-0.32	-0.20	0.00	-0.00	-0.00
210	-0.23	-1.53	-0.18	0.00	0.00	-0.00
211	-0.70	-0.57	-0.12	0.00	0.00	-0.00
212	-0.73	-1.24	-0.10	0.00	-0.00	-0.00
213	-0.91	-0.92	-0.30	0.00	-0.00	-0.00
214	0.25	-0.46	0.59	0.00	-0.00	-0.00
215	0.26	-0.99	0.56	0.00	0.00	-0.00
216	0.10	-0.20	0.17	0.00	-0.00	-0.00
217	0.11	-1.27	0.14	0.00	0.00	-0.00

218	-0.21	-0.21	-0.45	0.00	-0.00	-0.00
219	-0.19	-1.28	-0.48	0.00	0.00	-0.00
220	-0.65	-0.44	-0.16	-0.00	-0.00	-0.00
221	-0.69	-0.98	0.22	-0.00	-0.00	-0.00
222	-0.83	-0.72	-0.03	0.00	-0.00	-0.00

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
1	1	9.98	1.40	-0.53	0.01	1.38	3.27
	2	-9.98	-1.40	0.53	-0.01	0.73	2.35
2	2	4.04	-0.62	0.11	-0.00	-0.48	-1.73
	3	-4.04	0.62	-0.11	0.00	0.19	0.05
3	3	4.04	-0.62	0.11	-0.00	-0.19	-0.05
	4	-4.04	0.62	-0.11	0.00	0.03	-0.88
4	4	1.51	0.25	0.06	-0.00	-0.18	0.66
	5	-1.51	-0.25	-0.06	0.00	0.03	-0.03
5	5	1.51	0.25	0.06	-0.00	-0.03	0.03
	6	-1.51	-0.25	-0.06	0.00	-0.06	0.34
6	6	-0.00	-0.04	-0.01	-0.00	0.02	-0.18
	7	0.00	0.04	0.01	0.00	-0.00	0.06
7	7	-0.00	-0.04	-0.01	-0.00	0.00	-0.06
	8	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	-0.01
8	8	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	9	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
9	9	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	10	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	11	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	12	-4.63	3.65	1.76	-0.00	-1.21	4.02
	13	4.63	-3.65	-1.76	0.00	-0.90	0.36
12	13	-1.97	0.06	-0.35	0.01	0.70	-0.21
	14	1.97	-0.06	0.35	-0.01	-0.18	0.30
13	14	-1.97	0.06	-0.35	0.01	0.18	-0.30
	15	1.97	-0.06	0.35	-0.01	0.34	0.38
14	15	-0.78	-0.13	0.08	0.00	-0.26	-0.46
	16	0.78	0.13	-0.08	-0.00	0.04	0.12
15	16	-0.78	-0.13	0.08	0.00	-0.04	-0.12
	17	0.78	0.13	-0.08	-0.00	-0.08	-0.08
16	17	0.01	0.01	-0.01	0.00	0.02	-0.00
	18	-0.01	-0.01	0.01	-0.00	-0.01	0.02
17	18	0.01	0.01	-0.01	0.00	0.01	-0.02
	19	-0.01	-0.01	0.01	-0.00	0.00	0.03

-----

PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 6  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11

=====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
18	20	-5.35	2.73	-1.24	0.02	1.81	4.86
	21	5.35	-2.73	1.24	-0.02	1.28	1.96
19	21	-1.71	-0.35	0.33	-0.00	-0.95	-1.36
	22	1.71	0.35	-0.33	0.00	0.05	0.42

20	22	-1.71	-0.35	0.33	-0.00	-0.05	-0.42
	23	1.71	0.35	-0.33	0.00	-0.45	-0.11
21	23	-0.78	-0.05	-0.11	-0.00	0.33	-0.21
	24	0.78	0.05	0.11	0.00	-0.05	0.08
22	24	-0.78	-0.05	-0.11	-0.00	0.05	-0.08
	25	0.78	0.05	0.11	0.00	0.11	0.01
23	25	0.01	-0.00	0.01	-0.00	-0.03	-0.03
	26	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.01	0.03
24	26	0.01	-0.00	0.01	-0.00	-0.01	-0.03
	27	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.00	0.02
25	28	0.06	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	29	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	29	0.03	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	30	-0.03	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	30	0.03	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	31	-0.03	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
28	31	0.06	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
	32	-0.06	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
29	33	-0.06	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	34	0.06	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
30	34	0.09	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	35	-0.09	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
31	35	-0.24	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
	36	0.24	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
32	36	0.10	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	37	-0.10	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
33	37	-0.06	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
	38	0.06	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
34	39	-0.05	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	40	0.05	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
35	40	-0.08	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	19	0.08	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
36	19	-0.21	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	41	0.21	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
37	41	-0.21	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	27	0.21	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38	27	-0.08	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	42	0.08	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
39	42	-0.05	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	43	0.05	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
40	44	-0.04	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
	45	0.04	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
41	45	-0.05	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	46	0.05	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
42	46	-0.87	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	47	0.87	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
43	47	-0.05	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	48	0.05	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 7  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
44	48	-0.04	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	49	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
45	50	-0.36	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	51	0.36	-0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
46	51	-0.06	0.00	-0.00	-0.00	0.01	0.00
	8	0.06	-0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
47	8	-0.05	-0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.00
	52	0.05	0.00	-0.00	-0.00	-0.01	-0.00
48	52	-0.36	-0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.00
	53	0.36	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
49	54	0.01	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	55	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
50	55	-0.27	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	56	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51	56	0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	57	-0.01	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
52	58	-0.16	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
	59	0.16	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
53	59	-0.16	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	60	0.16	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
54	39	0.05	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	33	-0.05	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
55	33	0.06	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	28	-0.06	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
56	44	0.05	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	40	-0.05	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
57	40	0.10	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	34	-0.10	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
58	34	-0.05	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	29	0.05	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
59	50	0.37	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	45	-0.37	-0.00	-0.00	0.00	-0.01	0.00
60	45	0.43	0.00	0.01	-0.00	-0.01	0.00
	19	-0.43	-0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
61	19	-0.36	-0.00	0.00	-0.00	-0.01	-0.00
	35	0.36	0.00	-0.00	0.00	-0.01	-0.00
62	35	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	30	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
63	54	-0.02	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	51	0.02	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
64	51	-0.36	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
	46	0.36	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
65	46	0.43	0.00	0.00	-0.00	-0.01	0.00
	41	-0.43	-0.00	-0.00	0.00	-0.01	0.00
66	41	0.39	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	36	-0.39	-0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
67	36	0.05	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	31	-0.05	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
68	58	0.16	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	55	-0.16	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
69	55	0.45	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	8	-0.45	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

---

PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 8  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11

=====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
70	8	-1.60	-0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.00
	47	1.60	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
71	47	1.52	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	27	-1.52	-0.00	-0.00	0.00	-0.01	0.00
72	27	-0.23	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	37	0.23	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
73	37	-0.07	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	32	0.07	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
74	59	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	56	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
75	56	-0.28	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	52	0.28	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
76	52	0.08	0.00	0.01	-0.00	-0.01	0.00
	48	-0.08	-0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
77	48	0.10	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	42	-0.10	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
78	42	0.06	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
	38	-0.06	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
79	60	-0.16	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
	57	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
80	57	-0.16	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	53	0.16	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
81	53	0.12	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
	49	-0.12	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
82	49	0.05	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	43	-0.05	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
83	32	0.06	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	38	-0.06	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
84	38	0.05	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	43	-0.05	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
85	31	-0.05	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	37	0.05	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
86	37	0.10	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	42	-0.10	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
87	42	0.05	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	49	-0.05	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
88	30	-0.01	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
	36	0.01	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
89	36	-0.36	0.00	-0.00	0.00	0.01	0.00
	27	0.36	-0.00	0.00	-0.00	0.01	0.00
90	27	0.43	-0.00	-0.00	0.00	0.01	-0.00
	48	-0.43	0.00	0.00	-0.00	0.01	-0.00
91	48	0.37	-0.00	-0.00	0.00	0.01	-0.00
	53	-0.37	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
92	29	0.05	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	35	-0.05	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
93	35	0.39	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
	41	-0.39	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
94	41	0.42	-0.00	-0.00	0.00	0.01	-0.00
	47	-0.42	0.00	0.00	-0.00	0.01	-0.00

95	47	-0.36	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	52	0.36	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00

-----  
-----

PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 9  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11

=====  
=====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
96	52	-0.02	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	57	0.02	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
97	28	-0.07	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	34	0.07	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
98	34	-0.23	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	19	0.23	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
99	19	1.51	-0.00	-0.00	0.00	0.01	-0.00
	46	-1.51	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
100	46	-1.60	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
	8	1.60	-0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
101	8	0.45	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	56	-0.45	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
102	56	0.16	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	60	-0.16	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
103	33	0.06	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	40	-0.06	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
104	40	0.10	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
	45	-0.10	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
105	45	0.08	-0.00	-0.01	0.00	0.01	-0.00
	51	-0.08	0.00	0.01	-0.00	0.01	-0.00
106	51	-0.28	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
	55	0.28	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
107	55	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
	59	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
108	39	0.05	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	44	-0.05	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
109	44	0.11	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	50	-0.11	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
110	50	-0.17	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	54	0.17	0.00	0.00	-0.00	0.01	-0.00
111	54	-0.16	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	58	0.16	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
112	61	-0.02	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	205	0.02	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
113	62	-0.05	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	63	0.05	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
114	63	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	206	0.05	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
115	65	0.22	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	66	-0.22	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
116	66	-0.35	-0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	67	0.35	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
117	67	0.21	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	68	-0.21	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
118	69	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00



	70	0.01	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
119	70	-0.24	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
	17	0.24	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
120	17	-0.18	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	71	0.18	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
121	71	-0.16	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	25	0.16	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00

```

-----
PROJETO :tese                PASTA: C:\Tqs\Dé...      PAG.:      10
ESTRUTURA:decio            ARQ. : espacial        DATA:  4/
7/06
PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17      HORA:
6:11
=====
=====

```

```

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4   VENTO -90o-----
-----

```

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
122	25	-0.22	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	72	0.22	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
123	72	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	73	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
124	74	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	75	0.01	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
125	75	-1.28	-0.00	-0.00	0.00	-0.01	-0.00
	76	1.28	0.00	0.00	-0.00	0.01	0.00
126	76	0.01	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	77	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
127	80	-0.56	-0.00	0.01	-0.01	-0.02	-0.00
	81	0.56	0.00	-0.01	0.01	-0.00	-0.00
128	81	0.04	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	6	-0.04	-0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
129	6	-0.01	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	82	0.01	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
130	82	-0.57	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.00
	83	0.57	-0.00	0.01	-0.01	0.02	0.00
131	84	-0.47	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	85	0.47	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
132	86	0.01	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	213	-0.01	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
133	69	-0.01	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	207	0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
134	70	0.21	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	65	-0.21	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
135	78	0.57	-0.00	-0.01	-0.01	0.02	-0.00
	74	-0.57	0.00	0.01	0.01	0.00	-0.00
136	74	0.61	0.00	0.00	-0.00	-0.01	0.00
	17	-0.61	-0.00	-0.00	0.00	-0.01	0.00
137	17	-0.63	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	66	0.63	-0.00	-0.00	0.00	-0.01	-0.00
138	66	-0.02	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	62	0.02	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
139	81	-0.60	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	75	0.60	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
140	75	0.61	0.00	0.01	-0.00	-0.01	0.00
	71	-0.61	-0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
141	71	0.57	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	67	-0.57	-0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00

142	86	0.01	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	84	-0.01	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
143	84	0.52	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	6	-0.52	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
144	6	-2.56	-0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.00
	76	2.56	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
145	76	2.44	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
	25	-2.44	-0.00	-0.00	0.00	-0.02	0.00
146	25	-0.19	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	68	0.19	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
147	68	0.02	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	64	-0.02	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00

-----  
-----

PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 11  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11

=====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
148	85	-0.52	-0.00	-0.00	0.00	0.01	-0.00
	82	0.52	0.00	0.00	-0.00	0.01	-0.00
149	82	0.13	0.00	0.01	-0.00	-0.03	0.00
	77	-0.13	-0.00	-0.01	0.00	-0.03	-0.00
150	77	0.24	-0.00	-0.00	0.00	0.01	-0.00
	72	-0.24	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
151	87	0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.01	-0.00
	212	-0.01	0.00	0.00	-0.00	0.01	-0.00
152	83	-0.02	-0.03	0.13	-0.02	-0.10	-0.03
	79	0.02	0.03	-0.13	0.02	-0.10	-0.02
153	79	0.02	0.00	-0.01	-0.00	0.05	0.01
	210	-0.02	-0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
154	64	-0.03	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	208	0.03	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
155	68	0.20	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	72	-0.20	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
156	63	0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	67	-0.01	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
157	67	-0.59	0.00	-0.00	0.00	0.01	0.00
	25	0.59	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
158	25	0.61	-0.00	-0.00	0.00	0.01	-0.00
	77	-0.61	0.00	0.00	-0.00	0.01	-0.00
159	77	0.58	0.00	0.01	0.01	-0.00	0.00
	79	-0.58	-0.00	-0.01	-0.01	-0.02	0.00
160	66	0.59	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
	71	-0.59	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
161	71	0.66	-0.00	-0.01	0.00	0.02	-0.00
	76	-0.66	0.00	0.01	-0.00	0.01	-0.00
162	76	-0.57	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	82	0.57	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
163	61	0.02	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	65	-0.02	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
164	65	-0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17	0.20	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
165	17	2.50	-0.00	-0.00	0.00	0.01	-0.00

	75	-2.50	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
166	75	-2.48	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
	6	2.48	-0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
167	6	0.52	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	85	-0.52	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
168	85	0.01	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	87	-0.01	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
169	70	0.25	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	74	-0.25	-0.00	-0.00	0.00	-0.01	0.00
170	74	0.16	-0.00	-0.01	0.00	0.03	0.00
	81	-0.16	0.00	0.01	-0.00	0.03	-0.00
171	81	-0.53	0.00	0.00	-0.00	-0.01	0.00
	84	0.53	-0.00	-0.00	0.00	-0.01	0.00
172	69	-0.01	0.00	0.00	-0.00	-0.01	0.00
	209	0.01	-0.00	-0.00	0.00	-0.01	0.00
173	78	-0.00	0.03	-0.12	0.02	0.09	0.02
	80	0.00	-0.03	0.12	-0.02	0.09	0.03

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 12  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
174	80	-0.04	-0.00	0.01	0.00	-0.05	-0.00
	211	0.04	0.00	-0.01	-0.00	-0.00	-0.01
175	88	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	214	-0.04	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
176	89	-0.58	0.00	0.00	-0.00	-0.01	0.00
	90	0.58	-0.00	-0.00	0.00	0.01	0.00
177	90	-0.58	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	215	0.58	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
178	92	0.26	-0.00	-0.00	0.00	0.01	-0.00
	93	-0.26	0.00	0.00	-0.00	0.01	-0.00
179	93	-0.37	0.00	0.00	-0.00	-0.01	0.00
	94	0.37	-0.00	-0.00	0.00	0.01	0.00
180	94	0.47	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00
	95	-0.47	-0.00	-0.00	-0.00	-0.01	0.00
181	96	-0.07	-0.02	-0.00	0.01	0.00	-0.01
	97	0.07	0.02	0.00	-0.01	0.00	-0.02
182	97	-0.56	0.01	-0.00	0.00	-0.00	0.01
	15	0.56	-0.01	0.00	-0.00	0.00	0.02
183	15	0.91	0.00	-0.01	-0.00	0.01	0.01
	98	-0.91	-0.00	0.01	0.00	0.02	0.00
184	98	0.72	-0.00	0.01	0.01	-0.02	-0.00
	23	-0.72	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
185	23	-0.85	-0.01	0.00	-0.00	-0.00	-0.02
	99	0.85	0.01	-0.00	0.00	0.00	-0.01
186	99	-0.12	0.03	0.01	-0.01	-0.01	0.02
	100	0.12	-0.03	-0.01	0.01	-0.00	0.02
187	101	-0.01	-0.00	0.00	0.01	-0.00	-0.01
	102	0.01	0.00	-0.00	-0.01	-0.00	-0.01
188	102	-1.09	0.00	-0.01	0.00	-0.00	-0.00
	103	1.09	-0.00	0.01	-0.00	0.03	0.01

189	103	0.02	0.00	0.01	-0.01	-0.03	0.01
	104	-0.02	-0.00	-0.01	0.01	-0.01	0.01
190	107	-0.42	-0.00	0.03	-0.02	-0.03	0.00
	108	0.42	0.00	-0.03	0.02	-0.01	-0.00
191	108	0.24	0.00	-0.01	-0.00	0.02	0.00
	4	-0.24	-0.00	0.01	0.00	0.02	-0.00
192	4	-0.11	-0.01	-0.00	0.01	0.02	-0.01
	109	0.11	0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01
193	109	-0.77	0.00	-0.04	0.04	0.01	0.01
	110	0.77	-0.00	0.04	-0.04	0.05	-0.01
194	111	-0.47	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	112	0.47	0.00	0.00	-0.00	0.01	-0.00
195	113	0.05	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	222	-0.05	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
196	96	0.09	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.01
	216	-0.09	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
197	97	0.38	0.00	-0.00	-0.00	0.01	0.00
	92	-0.38	-0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
198	105	0.39	-0.01	-0.02	-0.02	0.03	0.00
	101	-0.39	0.01	0.02	0.02	0.01	-0.01
199	101	0.36	0.01	-0.01	-0.01	0.02	0.01
	15	-0.36	-0.01	0.01	0.01	0.03	0.02

-----  
-----

PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 13  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11

=====  
=====

-----ESFORÇOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
200	15	-0.59	0.00	-0.01	-0.00	0.02	0.02
	93	0.59	-0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
201	93	0.01	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	89	-0.01	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
202	108	-0.64	-0.00	0.01	0.00	-0.02	-0.00
	102	0.64	0.00	-0.01	-0.00	-0.04	-0.01
203	102	0.70	-0.00	-0.01	-0.01	0.03	-0.01
	98	-0.70	0.00	0.01	0.01	0.01	-0.00
204	98	0.77	0.00	0.01	-0.00	-0.01	0.00
	94	-0.77	-0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
205	113	-0.02	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	111	0.02	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
206	111	0.51	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	4	-0.51	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
207	4	-3.02	0.00	0.01	-0.00	-0.02	-0.00
	103	3.02	-0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.01
208	103	4.33	-0.00	-0.01	-0.01	0.04	0.01
	23	-4.33	0.00	0.01	0.01	0.01	-0.01
209	23	-0.66	-0.00	-0.01	-0.00	0.02	-0.01
	95	0.66	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01
210	95	-0.09	0.01	0.00	-0.00	-0.00	0.01
	91	0.09	-0.01	-0.00	0.00	-0.00	0.00
211	112	-0.70	-0.00	-0.01	0.00	0.02	-0.00
	109	0.70	0.00	0.01	-0.00	0.03	-0.01
212	109	0.45	-0.00	0.06	-0.02	-0.13	-0.00

	104	-0.45	0.00	-0.06	0.02	-0.14	-0.00
213	104	0.93	-0.00	-0.02	0.00	0.05	-0.00
	99	-0.93	0.00	0.02	-0.00	0.03	-0.00
214	114	0.04	-0.01	-0.01	0.01	0.01	-0.01
	221	-0.04	0.01	0.01	-0.01	0.01	-0.01
215	110	0.49	-0.03	0.16	-0.04	-0.23	-0.04
	106	-0.49	0.03	-0.16	0.04	-0.24	-0.04
216	106	0.59	0.00	-0.04	0.00	0.11	-0.00
	219	-0.59	-0.00	0.04	-0.00	0.00	0.01
217	91	0.07	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.01
	217	-0.07	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
218	95	0.58	-0.00	0.01	0.00	-0.01	-0.00
	99	-0.58	0.00	-0.01	-0.00	-0.01	-0.00
219	90	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	94	0.01	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
220	94	-0.85	-0.00	0.01	0.00	-0.01	-0.00
	23	0.85	0.00	-0.01	-0.00	-0.02	-0.01
221	23	0.68	-0.01	0.01	0.01	-0.03	-0.02
	104	-0.68	0.01	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02
222	104	0.77	0.00	0.04	0.04	-0.01	0.01
	106	-0.77	-0.00	-0.04	-0.04	-0.05	-0.01
223	93	0.57	-0.00	-0.00	0.00	0.01	-0.00
	98	-0.57	0.00	0.00	-0.00	0.01	-0.00
224	98	0.61	0.00	0.01	0.01	0.00	-0.00
	103	-0.61	-0.00	-0.01	-0.01	-0.03	0.01
225	103	-0.58	0.00	-0.01	-0.01	0.04	0.01
	109	0.58	-0.00	0.01	0.01	0.02	0.00

-----  
-----

PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 14  
ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
7/06  
PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
6:11

=====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
226	88	-0.04	-0.01	-0.00	0.00	0.00	-0.01
	92	0.04	0.01	0.00	-0.00	0.00	-0.01
227	92	-0.39	0.01	0.00	0.00	-0.00	0.01
	15	0.39	-0.01	-0.00	-0.00	-0.01	0.02
228	15	2.84	0.00	0.01	0.00	-0.02	0.02
	102	-2.84	-0.00	-0.01	-0.00	-0.05	0.00
229	102	-2.17	-0.00	-0.02	0.00	0.04	-0.01
	4	2.17	0.00	0.02	-0.00	0.04	-0.01
230	4	0.59	-0.00	-0.00	-0.00	0.01	-0.01
	112	-0.59	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.00
231	112	-0.00	0.02	-0.00	-0.01	0.00	0.01
	114	0.00	-0.02	0.00	0.01	0.00	0.01
232	97	0.67	0.00	0.02	-0.00	-0.03	0.00
	101	-0.67	-0.00	-0.02	0.00	-0.04	0.00
233	101	0.53	0.00	-0.03	0.01	0.08	0.00
	108	-0.53	-0.00	0.03	-0.01	0.06	0.00
234	108	-0.49	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.01
	111	0.49	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
235	96	0.06	0.01	0.01	-0.00	-0.01	0.01
	218	-0.06	-0.01	-0.01	0.00	-0.00	0.01

236	105	0.91	0.02	-0.08	0.02	0.14	0.02
	107	-0.91	-0.02	0.08	-0.02	0.11	0.02
237	107	0.86	-0.00	0.02	-0.00	-0.05	0.00
	220	-0.86	0.00	-0.02	0.00	-0.01	-0.01
238	115	-0.35	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
	116	0.35	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
239	117	-0.35	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	118	0.35	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
240	123	-0.31	0.02	-0.00	0.00	0.01	0.01
	124	0.31	-0.02	0.00	-0.00	0.00	0.01
241	125	-0.31	-0.02	0.00	-0.00	-0.00	-0.01
	126	0.31	0.02	-0.00	0.00	-0.01	-0.01
242	127	0.67	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	128	-0.67	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
243	131	0.62	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	132	-0.62	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
244	119	-0.36	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	115	0.36	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
245	124	-0.31	-0.02	0.00	-0.00	-0.00	-0.02
	120	0.31	0.02	-0.00	0.00	-0.00	-0.02
246	129	0.67	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	127	-0.67	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
247	121	-0.31	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.01
	117	0.31	0.01	0.01	-0.00	0.00	-0.01
248	132	0.62	0.00	-0.01	-0.00	0.01	0.00
	130	-0.62	-0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
249	126	-0.37	0.00	-0.01	-0.00	0.01	0.00
	122	0.37	-0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
250	118	-0.36	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	122	0.36	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
251	121	-0.31	0.02	-0.00	0.00	0.00	0.02
	125	0.31	-0.02	0.00	-0.00	0.00	0.02

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 15  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
252	116	-0.31	0.01	0.01	0.00	-0.00	0.01
	120	0.31	-0.01	-0.01	-0.00	-0.00	0.01
253	128	0.68	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	130	-0.68	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
254	119	-0.37	-0.00	0.01	0.00	-0.00	-0.00
	123	0.37	0.00	-0.01	-0.00	-0.01	-0.00
255	129	0.62	-0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.00
	131	-0.62	0.01	-0.01	-0.00	-0.01	-0.00
256	133	-0.29	-0.01	-0.01	0.00	0.01	-0.00
	134	0.29	0.01	0.01	-0.00	0.01	-0.00
257	135	-0.30	0.01	0.01	-0.00	-0.01	0.01
	136	0.30	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.00
258	141	-0.38	0.04	-0.01	0.00	0.01	0.03
	142	0.38	-0.04	0.01	-0.00	0.00	0.03
259	143	-0.40	-0.04	0.01	-0.00	-0.01	-0.03

	144	0.40	0.04	-0.01	0.00	-0.01	-0.03
260	145	0.70	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
	146	-0.70	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
261	149	0.75	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.01
	150	-0.75	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
262	136	-0.28	0.01	0.01	-0.00	-0.01	0.01
	140	0.28	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.01
263	139	-0.41	0.03	-0.00	0.01	0.00	0.02
	143	0.41	-0.03	0.00	-0.01	-0.00	0.02
264	134	-0.40	0.02	0.01	-0.00	-0.01	0.01
	138	0.40	-0.02	-0.01	0.00	-0.01	0.02
265	146	0.68	-0.02	-0.01	-0.00	0.00	-0.02
	148	-0.68	0.02	0.01	0.00	0.01	-0.02
266	137	-0.27	-0.02	0.03	0.00	-0.01	-0.01
	141	0.27	0.02	-0.03	-0.00	-0.03	-0.01
267	147	0.78	0.00	0.00	-0.00	-0.01	0.00
	149	-0.78	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
268	137	-0.28	-0.02	-0.02	0.00	0.01	-0.01
	133	0.28	0.02	0.02	-0.00	0.01	-0.01
269	142	-0.39	-0.03	0.00	-0.01	0.00	-0.02
	138	0.39	0.03	-0.00	0.01	-0.00	-0.02
270	147	0.69	0.02	0.01	0.00	-0.01	0.02
	145	-0.69	-0.02	-0.01	-0.00	-0.00	0.01
271	139	-0.41	-0.02	-0.01	0.00	0.00	-0.02
	135	0.41	0.02	0.01	-0.00	0.00	-0.01
272	150	0.77	0.00	-0.01	0.00	-0.00	0.00
	148	-0.77	-0.00	0.01	-0.00	0.01	0.00
273	144	-0.28	0.01	-0.02	-0.00	0.02	0.01
	140	0.28	-0.01	0.02	0.00	0.01	0.01
274	151	-0.99	-0.03	-0.01	-0.00	0.01	-0.02
	152	0.99	0.03	0.01	0.00	0.01	-0.03
275	153	-1.28	0.02	-0.01	0.00	-0.00	0.01
	154	1.28	-0.02	0.01	-0.00	0.01	0.01
276	159	0.65	-0.04	0.03	-0.00	-0.03	-0.03
	160	-0.65	0.04	-0.03	0.00	-0.02	-0.02
277	161	0.31	0.01	-0.03	-0.00	0.02	0.00
	162	-0.31	-0.01	0.03	0.00	0.02	0.02

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 16  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11

=====  
 -----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----  
 -----  

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz	
	278	163	1.23	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.00
		164	-1.23	-0.01	-0.00	-0.00	0.01	0.02
	279	167	-0.63	0.03	-0.01	0.00	0.02	0.03
		168	0.63	-0.03	0.01	-0.00	0.00	0.02
	280	155	-1.13	-0.06	-0.02	-0.00	0.01	-0.04
		151	1.13	0.06	0.02	0.00	0.02	-0.04
	281	160	0.51	-0.05	0.04	-0.00	-0.03	-0.04
		156	-0.51	0.05	-0.04	0.00	-0.03	-0.04
	282	165	1.31	0.01	-0.03	0.01	0.01	0.01
		163	-1.31	-0.01	0.03	-0.01	0.03	0.01



283	157	0.05	-0.04	-0.03	0.00	0.02	-0.04
	153	-0.05	0.04	0.03	-0.00	0.02	-0.02
284	168	-0.62	0.06	-0.06	-0.00	0.04	0.04
	166	0.62	-0.06	0.06	0.00	0.05	0.05
285	162	-1.42	0.06	-0.07	-0.00	0.06	0.05
	158	1.42	-0.06	0.07	0.00	0.04	0.04
286	154	-1.36	0.06	0.03	0.00	-0.03	0.05
	158	1.36	-0.06	-0.03	-0.00	-0.02	0.05
287	157	0.18	0.06	-0.02	0.01	0.02	0.04
	161	-0.18	-0.06	0.02	-0.01	0.01	0.05
288	152	0.37	-0.01	-0.01	-0.00	0.01	-0.01
	156	-0.37	0.01	0.01	0.00	0.01	-0.00
289	164	1.18	-0.01	0.03	-0.00	-0.03	-0.01
	166	-1.18	0.01	-0.03	0.00	-0.02	-0.01
290	155	-1.25	-0.05	0.04	-0.00	-0.03	-0.03
	159	1.25	0.05	-0.04	0.00	-0.03	-0.04
291	165	-0.65	-0.03	0.03	0.00	-0.03	-0.03
	167	0.65	0.03	-0.03	-0.00	-0.02	-0.02
292	115	0.34	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	19	-0.34	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
293	116	0.25	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	19	-0.25	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
294	119	0.32	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	19	-0.32	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
295	120	0.23	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
	19	-0.23	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
296	123	-0.25	-0.00	-0.01	-0.00	0.01	-0.00
	19	0.25	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.00
297	124	-0.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	19	0.92	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
298	117	0.26	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	27	-0.26	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
299	118	0.35	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	27	-0.35	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
300	121	0.23	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
	27	-0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
301	122	0.33	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	27	-0.33	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
302	125	-0.92	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
	27	0.92	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
303	126	-0.26	0.00	-0.01	0.00	0.01	0.00
	27	0.26	-0.00	0.01	-0.00	0.01	0.00

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 17  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
304	127	0.64	-0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.00
	8	-0.64	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
305	128	0.64	0.00	0.00	-0.00	-0.01	0.00
	8	-0.64	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
306	129	-0.06	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.00

	8	0.06	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
307	130	-0.07	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	8	0.07	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
308	131	-0.57	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	8	0.57	0.00	0.00	-0.00	0.01	0.00
309	132	-0.57	0.00	-0.01	-0.00	0.00	0.00
	8	0.57	-0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
310	115	0.30	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	17	-0.30	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
311	116	0.22	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	17	-0.22	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
312	119	0.27	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
	17	-0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
313	120	0.16	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.01
	17	-0.16	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
314	123	-0.41	-0.00	-0.00	-0.00	0.01	-0.01
	17	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
315	124	-1.87	0.00	-0.01	0.00	0.01	0.00
	17	1.87	-0.00	0.01	-0.00	0.01	0.00
316	117	0.22	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	25	-0.22	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
317	118	0.30	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
	25	-0.30	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
318	121	0.16	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.01
	25	-0.16	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
319	122	0.27	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	25	-0.27	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
320	125	-1.87	-0.00	-0.01	0.00	0.01	-0.00
	25	1.87	0.00	0.01	-0.00	0.00	-0.00
321	126	-0.41	0.00	-0.00	0.00	0.01	0.01
	25	0.41	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
322	127	1.67	-0.00	-0.00	-0.00	-0.01	-0.00
	6	-1.67	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
323	128	1.67	-0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00
	6	-1.67	0.00	-0.00	-0.00	0.01	-0.00
324	129	0.14	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	6	-0.14	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.01
325	130	0.13	-0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	6	-0.13	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.01
326	131	-0.48	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	6	0.48	-0.00	-0.00	0.00	-0.01	0.01
327	132	-0.48	-0.00	0.01	0.00	-0.00	-0.00
	6	0.48	0.00	-0.01	-0.00	-0.01	-0.00
328	133	0.26	0.01	0.01	0.00	-0.01	0.00
	17	-0.26	-0.01	-0.01	-0.00	-0.01	0.01
329	134	0.40	-0.00	0.02	-0.00	-0.02	-0.00
	17	-0.40	0.00	-0.02	0.00	-0.02	-0.00

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 18  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----  
 -----  
 Barra No fx fy fz mx my mz

330	137	0.27	0.01	-0.01	0.00	0.01	0.00
	17	-0.27	-0.01	0.01	-0.00	0.01	0.01
331	138	0.32	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	17	-0.32	0.00	-0.00	0.00	-0.01	-0.00
332	141	-0.18	-0.00	-0.03	-0.00	0.03	-0.00
	17	0.18	0.00	0.03	0.00	0.03	-0.00
333	142	-1.57	-0.01	-0.01	-0.00	0.01	-0.00
	17	1.57	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.01
334	135	0.37	-0.00	0.01	0.00	-0.01	-0.00
	25	-0.37	0.00	-0.01	-0.00	-0.02	-0.00
335	136	0.26	-0.01	0.01	-0.00	-0.00	-0.00
	25	-0.26	0.01	-0.01	0.00	-0.01	-0.01
336	139	0.31	-0.00	0.01	0.00	-0.01	-0.00
	25	-0.31	0.00	-0.01	-0.00	-0.01	0.00
337	140	0.27	-0.00	-0.01	-0.00	0.01	-0.00
	25	-0.27	0.00	0.01	0.00	0.01	-0.00
338	143	-1.56	0.01	-0.00	0.00	0.00	0.00
	25	1.56	-0.01	0.00	-0.00	-0.00	0.01
339	144	-0.16	0.00	-0.02	0.00	0.02	0.00
	25	0.16	-0.00	0.02	-0.00	0.02	0.01
340	145	1.31	-0.01	-0.01	-0.00	0.01	-0.01
	6	-1.31	0.01	0.01	0.00	0.01	-0.01
341	146	1.34	0.01	-0.01	0.00	0.00	0.01
	6	-1.34	-0.01	0.01	-0.00	0.01	0.01
342	147	-0.10	-0.01	0.00	-0.00	-0.00	-0.01
	6	0.10	0.01	-0.00	0.00	0.00	-0.01
343	148	-0.06	0.01	0.01	0.00	-0.01	0.01
	6	0.06	-0.01	-0.01	-0.00	-0.01	0.01
344	149	-0.72	-0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.01
	6	0.72	0.01	-0.01	-0.00	-0.01	-0.01
345	150	-0.71	0.00	0.01	-0.00	-0.01	0.00
	6	0.71	-0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
346	133	0.23	0.02	-0.01	0.00	0.01	0.02
	15	-0.23	-0.02	0.01	-0.00	0.02	0.05
347	134	0.37	0.01	-0.02	0.00	0.01	0.00
	15	-0.37	-0.01	0.02	-0.00	0.04	0.01
348	137	0.24	0.02	0.01	0.00	-0.01	0.02
	15	-0.24	-0.02	-0.01	-0.00	-0.02	0.05
349	138	0.25	-0.00	-0.01	0.01	0.00	0.00
	15	-0.25	0.00	0.01	-0.01	0.02	-0.01
350	141	-0.40	-0.00	0.02	0.00	-0.01	-0.01
	15	0.40	0.00	-0.02	-0.00	-0.04	0.01
351	142	-3.08	-0.01	-0.00	0.01	0.01	-0.01
	15	3.08	0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.02
352	135	0.33	-0.01	-0.01	-0.00	0.01	-0.01
	23	-0.33	0.01	0.01	0.00	0.03	-0.02
353	136	0.22	-0.02	-0.00	0.00	-0.00	-0.02
	23	-0.22	0.02	0.00	-0.00	0.00	-0.04
354	139	0.22	-0.00	-0.01	-0.00	0.01	-0.01
	23	-0.22	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00
355	140	0.24	-0.01	0.01	-0.00	-0.01	-0.01
	23	-0.24	0.01	-0.01	0.00	-0.03	-0.02

-----  
 -----

PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 19  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11

=====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
356	143	-3.07	0.01	-0.01	-0.01	0.02	0.01
	23	3.07	-0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
357	144	-0.39	0.01	0.01	-0.00	-0.01	0.02
	23	0.39	-0.01	-0.01	0.00	-0.03	0.01
358	145	2.89	-0.01	0.03	-0.00	-0.04	-0.01
	4	-2.89	0.01	-0.03	0.00	-0.06	-0.02
359	146	2.92	0.02	0.03	-0.00	-0.03	0.02
	4	-2.92	-0.02	-0.03	0.00	-0.05	0.03
360	147	0.14	-0.03	0.01	0.00	-0.01	-0.04
	4	-0.14	0.03	-0.01	-0.00	-0.01	-0.06
361	148	0.18	0.03	-0.01	-0.00	0.00	0.03
	4	-0.18	-0.03	0.01	0.00	0.01	0.05
362	149	-0.62	-0.02	-0.02	0.00	0.02	-0.02
	4	0.62	0.02	0.02	-0.00	0.04	-0.04
363	150	-0.61	0.00	-0.03	-0.00	0.03	0.00
	4	0.61	-0.00	0.03	0.00	0.05	0.01
364	151	0.69	-0.01	0.03	0.01	-0.02	-0.01
	15	-0.69	0.01	-0.03	-0.01	-0.04	-0.02
365	152	-0.08	-0.03	0.03	-0.00	-0.02	-0.02
	15	0.08	0.03	-0.03	0.00	-0.04	-0.04
366	155	1.03	-0.01	-0.00	0.01	-0.00	-0.02
	15	-1.03	0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01
367	156	-0.33	-0.04	-0.01	-0.00	0.01	-0.02
	15	0.33	0.04	0.01	0.00	0.01	-0.06
368	159	-0.93	-0.03	-0.03	0.00	0.02	-0.02
	15	0.93	0.03	0.03	-0.00	0.04	-0.03
369	160	-1.61	-0.04	-0.02	0.00	0.02	-0.03
	15	1.61	0.04	0.02	-0.00	0.03	-0.05
370	153	0.25	0.03	0.05	0.00	-0.04	0.02
	23	-0.25	-0.03	-0.05	-0.00	-0.07	0.04
371	154	1.14	-0.00	0.05	-0.01	-0.05	-0.00
	23	-1.14	0.00	-0.05	0.01	-0.07	-0.00
372	157	-0.12	0.04	-0.02	0.00	0.02	0.02
	23	0.12	-0.04	0.02	-0.00	0.01	0.06
373	158	1.48	-0.00	-0.00	-0.01	-0.00	0.00
	23	-1.48	0.00	0.00	0.01	0.00	-0.01
374	161	-3.16	0.03	-0.05	0.00	0.04	0.02
	23	3.16	-0.03	0.05	-0.00	0.06	0.05
375	162	-1.25	0.02	-0.05	-0.00	0.04	0.02
	23	1.25	-0.02	0.05	0.00	0.07	0.02
376	163	0.85	0.01	0.00	-0.00	-0.02	0.00
	4	-0.85	-0.01	-0.00	0.00	0.01	0.02
377	164	1.77	0.03	0.03	0.00	-0.04	0.02
	4	-1.77	-0.03	-0.03	-0.00	-0.02	0.04
378	165	-1.07	0.01	-0.01	-0.00	0.00	0.01
	4	1.07	-0.01	0.01	0.00	0.02	0.01
379	166	-0.35	0.01	0.04	0.00	-0.04	0.01
	4	0.35	-0.01	-0.04	-0.00	-0.05	0.02
380	167	0.67	-0.00	-0.02	-0.00	0.03	0.00
	4	-0.67	0.00	0.02	0.00	0.02	-0.01

381	168	0.55	-0.01	0.01	-0.00	0.00	-0.01
	4	-0.55	0.01	-0.01	0.00	-0.02	-0.01

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 20  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----  
 -----  

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
382	151	0.61	-0.02	-0.03	0.00	0.02	-0.02
	13	-0.61	0.02	0.03	-0.00	0.05	-0.02
383	152	0.05	-0.03	-0.01	0.01	0.01	-0.03
	13	-0.05	0.03	0.01	-0.01	0.01	-0.04
384	155	1.23	0.00	-0.02	-0.00	0.01	-0.01
	13	-1.23	-0.00	0.02	0.00	0.04	0.02
385	156	-0.35	-0.01	0.03	0.01	-0.02	-0.01
	13	0.35	0.01	-0.03	-0.01	-0.05	-0.02
386	159	-1.38	-0.00	0.00	-0.01	-0.00	-0.02
	13	1.38	0.00	-0.00	0.01	-0.01	0.02
387	160	-3.93	0.01	0.03	-0.00	-0.01	-0.00
	13	3.93	-0.01	-0.03	0.00	-0.05	0.02
388	153	0.34	0.05	-0.03	-0.01	0.03	0.05
	21	-0.34	-0.05	0.03	0.01	0.07	0.11
389	154	0.90	0.00	-0.06	0.00	0.05	0.00
	21	-0.90	-0.00	0.06	-0.00	0.13	0.00
390	157	-0.09	0.04	0.03	-0.01	-0.03	0.04
	21	0.09	-0.04	-0.03	0.01	-0.07	0.10
391	158	1.34	-0.04	-0.02	0.01	0.02	-0.03
	21	-1.34	0.04	0.02	-0.01	0.06	-0.09
392	161	-5.13	0.00	0.05	0.00	-0.03	0.00
	21	5.13	-0.00	-0.05	-0.00	-0.12	0.01
393	162	-1.54	-0.03	0.03	0.01	-0.02	-0.01
	21	1.54	0.03	-0.03	-0.01	-0.07	-0.08
394	163	2.48	0.04	-0.03	-0.01	0.01	0.03
	2	-2.48	-0.04	0.03	0.01	0.07	0.08
395	164	3.96	-0.00	-0.05	0.00	0.03	0.00
	2	-3.96	0.00	0.05	-0.00	0.11	-0.01
396	165	-0.76	0.05	0.02	-0.01	-0.02	0.04
	2	0.76	-0.05	-0.02	0.01	-0.04	0.11
397	166	0.11	-0.04	-0.02	0.01	0.02	-0.03
	2	-0.11	0.04	0.02	-0.01	0.05	-0.09
398	167	0.59	0.01	0.06	-0.00	-0.05	0.02
	2	-0.59	-0.01	-0.06	0.00	-0.13	0.02
399	168	0.43	-0.04	0.03	0.01	-0.03	-0.04
	2	-0.43	0.04	-0.03	-0.01	-0.08	-0.09
400	39	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	173	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
401	173	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.01	0.00
	119	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
402	120	-0.03	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	41	0.03	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
403	41	-0.03	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
	121	0.03	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
404	122	0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00

	174	-0.01	0.00	0.00	-0.00	0.01	-0.00
405	174	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	43	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
406	50	0.66	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
	175	-0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
407	175	0.71	0.00	-0.01	-0.00	0.01	0.00
	129	-0.71	-0.00	0.01	0.00	0.01	0.00

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 21  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----  
 -----  

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
408	130	0.70	-0.00	0.01	0.00	-0.01	-0.00
	176	-0.70	0.00	-0.01	-0.00	-0.01	-0.00
409	176	0.65	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	53	-0.65	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
410	50	-0.66	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	179	0.66	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
411	179	-0.69	-0.00	0.01	-0.00	-0.02	-0.00
	123	0.69	0.00	-0.01	0.00	-0.02	-0.00
412	116	-0.03	-0.00	0.01	0.00	-0.01	-0.00
	170	0.03	0.00	-0.01	-0.00	-0.01	-0.00
413	170	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	30	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
414	58	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	177	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
415	177	-0.01	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	131	0.01	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
416	128	2.19	-0.00	0.01	0.00	-0.02	-0.00
	47	-2.19	0.00	-0.01	-0.00	-0.01	0.00
417	47	-2.17	-0.00	0.01	-0.00	-0.01	-0.00
	125	2.17	0.00	-0.01	0.00	-0.02	0.00
418	118	0.03	-0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.00
	172	-0.03	0.00	-0.00	-0.00	-0.01	-0.00
419	172	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	32	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
420	30	0.01	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	171	-0.01	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
421	171	-0.02	0.00	-0.01	-0.00	0.01	0.00
	117	0.02	-0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
422	126	-0.69	0.00	-0.01	0.00	0.02	0.00
	180	0.69	-0.00	0.01	-0.00	0.02	0.00
423	180	-0.66	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	53	0.66	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
424	28	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	169	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
425	169	0.03	0.00	-0.00	-0.00	0.01	0.00
	115	-0.03	-0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
426	124	-2.16	0.00	-0.01	0.00	0.02	-0.00
	46	2.16	-0.00	0.01	-0.00	0.01	0.00
427	46	2.20	0.00	-0.01	-0.00	0.01	0.00
	127	-2.20	-0.00	0.01	0.00	0.02	0.00

428	132	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	178	0.01	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
429	178	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
430	69	0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	185	-0.01	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
431	185	0.06	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	137	-0.06	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.01
432	138	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	71	0.01	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
433	71	-0.06	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
	139	0.06	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00

-----  
 -----

PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 22  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11

=====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
434	140	0.05	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.01
	186	-0.05	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
435	186	0.01	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	73	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
436	80	0.63	-0.01	0.01	-0.01	-0.02	-0.02
	189	-0.63	0.01	-0.01	0.01	-0.00	-0.01
437	189	0.68	0.00	-0.00	-0.00	0.01	0.00
	147	-0.68	-0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
438	148	0.71	-0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01
	190	-0.71	0.00	-0.00	-0.00	-0.01	-0.00
439	190	0.64	0.01	-0.01	0.01	0.00	0.01
	83	-0.64	-0.01	0.01	-0.01	0.02	0.02
440	78	-0.63	-0.01	-0.01	-0.01	0.02	-0.02
	187	0.63	0.01	0.01	0.01	0.01	-0.01
441	187	-0.66	-0.00	0.01	-0.00	-0.03	-0.00
	141	0.66	0.00	-0.01	0.00	-0.02	-0.00
442	134	0.02	-0.00	0.01	-0.00	-0.01	-0.00
	182	-0.02	0.00	-0.01	0.00	-0.02	-0.00
443	182	0.02	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	62	-0.02	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
444	86	-0.01	-0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	191	0.01	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
445	191	-0.07	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	149	0.07	-0.00	-0.00	0.00	-0.01	0.01
446	146	3.52	-0.00	0.01	0.00	-0.03	-0.00
	76	-3.52	0.00	-0.01	-0.00	-0.01	-0.00
447	76	-3.48	-0.00	0.01	-0.00	-0.01	-0.00
	143	3.48	0.00	-0.01	0.00	-0.03	-0.00
448	136	-0.01	-0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.00
	184	0.01	0.00	-0.00	-0.00	-0.01	-0.00
449	184	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	64	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
450	63	-0.01	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	183	0.01	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
451	183	-0.01	0.00	-0.01	-0.00	0.02	0.00



	135	0.01	-0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
452	144	-0.66	0.00	-0.02	0.00	0.02	0.00
	188	0.66	-0.00	0.02	-0.00	0.03	0.00
453	188	-0.65	0.01	0.01	0.01	-0.01	0.01
	79	0.65	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	0.02
454	61	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	181	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
455	181	-0.01	0.00	-0.00	-0.00	0.01	0.00
	133	0.01	-0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
456	142	-3.47	0.00	-0.01	0.00	0.03	0.00
	75	3.47	-0.00	0.01	-0.00	0.01	0.00
457	75	3.50	0.00	-0.01	-0.00	0.01	0.00
	145	-3.50	-0.00	0.01	0.00	0.03	0.00
458	150	-0.08	-0.00	-0.00	0.00	0.01	-0.01
	192	0.08	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
459	192	-0.01	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
	87	0.01	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00

-----  
 -----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 23  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
460	96	-0.00	-0.01	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	197	0.00	0.01	0.00	-0.00	0.00	-0.02
461	197	0.43	0.05	-0.00	0.00	-0.00	0.06
	155	-0.43	-0.05	0.00	-0.00	0.00	0.09
462	156	0.02	0.04	-0.01	0.01	0.01	0.07
	98	-0.02	-0.04	0.01	-0.01	0.03	0.05
463	98	0.12	-0.03	0.01	-0.00	-0.03	-0.03
	157	-0.12	0.03	-0.01	0.00	-0.01	-0.05
464	158	0.31	-0.03	-0.00	0.00	-0.00	-0.06
	198	-0.31	0.03	0.00	-0.00	0.00	-0.04
465	198	0.00	0.01	0.00	-0.01	-0.00	0.02
	100	-0.00	-0.01	-0.00	0.01	-0.00	-0.00
466	107	0.48	-0.03	0.02	-0.02	-0.03	-0.04
	201	-0.48	0.03	-0.02	0.02	-0.01	-0.02
467	201	0.21	-0.01	-0.01	-0.00	0.02	-0.01
	165	-0.21	0.01	0.01	0.00	0.01	-0.03
468	166	0.90	-0.01	0.00	0.01	-0.00	-0.01
	202	-0.90	0.01	-0.00	-0.01	-0.01	-0.01
469	202	0.88	0.07	-0.04	0.04	0.02	0.04
	110	-0.88	-0.07	0.04	-0.04	0.05	0.07
470	105	-0.46	-0.05	-0.02	-0.02	0.03	-0.04
	199	0.46	0.05	0.02	0.02	0.00	-0.03
471	199	-0.94	0.04	-0.01	-0.00	0.02	0.05
	159	0.94	-0.04	0.01	0.00	0.00	0.08
472	152	0.26	0.04	0.00	0.00	-0.01	0.07
	194	-0.26	-0.04	-0.00	-0.00	-0.00	0.04
473	194	0.00	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	-0.01
	89	-0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.00
474	113	-0.02	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	203	0.02	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00

475	203	0.25	-0.01	0.00	-0.00	-0.01	-0.01
	167	-0.25	0.01	-0.00	0.00	0.00	-0.02
476	164	4.87	-0.02	0.02	-0.01	-0.03	-0.02
	103	-4.87	0.02	-0.02	0.01	-0.02	-0.03
477	103	-4.97	-0.04	0.00	-0.01	0.01	-0.06
	161	4.97	0.04	-0.00	0.01	-0.03	-0.07
478	154	-0.22	-0.03	0.01	-0.00	-0.01	-0.06
	196	0.22	0.03	-0.01	0.00	-0.02	-0.04
479	196	0.01	0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.01
	91	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
480	90	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	195	-0.01	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
481	195	0.25	-0.02	-0.01	-0.00	0.01	-0.02
	153	-0.25	0.02	0.01	0.00	0.01	-0.04
482	162	-1.25	-0.02	0.00	0.01	0.00	-0.04
	200	1.25	0.02	-0.00	-0.01	-0.00	-0.03
483	200	-0.88	0.07	0.04	0.04	-0.01	0.05
	106	0.88	-0.07	-0.04	-0.04	-0.05	0.07
484	88	0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	193	-0.01	0.01	-0.00	-0.00	-0.00	-0.02
485	193	-0.22	0.04	-0.01	0.00	0.01	0.06
	151	0.22	-0.04	0.01	-0.00	0.01	0.08

-----  
 -----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 24  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
486	160	-3.70	0.04	0.01	0.01	0.01	0.08
	102	3.70	-0.04	-0.01	-0.01	-0.04	0.06
487	102	3.42	-0.01	-0.02	0.00	0.05	-0.02
	163	-3.42	0.01	0.02	-0.00	0.03	-0.03
488	168	0.02	-0.01	0.00	-0.00	-0.01	-0.03
	204	-0.02	0.01	-0.00	0.00	-0.00	-0.02
489	204	-0.02	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.01
	114	0.02	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
490	169	-0.00	0.01	-0.00	0.00	0.00	0.01
	34	0.00	-0.01	0.00	-0.00	0.00	0.00
491	170	-0.00	0.01	-0.02	0.00	0.01	0.01
	35	0.00	-0.01	0.02	-0.00	0.01	0.01
492	171	-0.00	0.01	0.02	-0.00	-0.01	0.01
	36	0.00	-0.01	-0.02	0.00	-0.01	0.01
493	172	-0.00	0.01	0.00	-0.00	-0.00	0.01
	37	0.00	-0.01	-0.00	0.00	-0.00	0.00
494	173	0.00	0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
	40	-0.00	-0.01	0.01	-0.00	0.00	0.00
495	174	0.00	0.01	0.01	-0.00	-0.00	0.00
	42	-0.00	-0.01	-0.01	0.00	-0.00	0.00
496	179	-0.00	0.07	-0.01	0.00	0.01	0.03
	45	0.00	-0.07	0.01	-0.00	0.00	0.03
497	180	-0.00	0.07	0.01	-0.00	-0.01	0.03
	48	0.00	-0.07	-0.01	0.00	-0.00	0.03
498	175	0.00	0.02	0.04	-0.00	-0.02	0.01

	51	-0.00	-0.02	-0.04	0.00	-0.02	0.01
499	176	0.00	0.02	-0.04	0.00	0.02	0.01
	52	-0.00	-0.02	0.04	-0.00	0.02	0.01
500	177	-0.00	0.01	-0.00	0.00	0.00	0.00
	55	0.00	-0.01	0.00	-0.00	0.00	0.00
501	178	-0.00	0.01	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	56	0.00	-0.01	-0.00	0.00	-0.00	0.00
502	181	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.00	0.01
	65	-0.00	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.00
503	182	-0.00	0.02	-0.03	0.00	0.01	0.01
	66	0.00	-0.02	0.03	-0.00	0.01	0.01
504	183	-0.00	0.02	0.02	-0.00	-0.01	0.01
	67	0.00	-0.02	-0.02	0.00	-0.01	0.01
505	184	0.00	0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.01
	68	-0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.00	0.00
506	185	0.00	-0.03	-0.00	-0.00	0.00	-0.02
	70	-0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	-0.01
507	186	0.00	-0.03	0.00	0.00	-0.00	-0.02
	72	-0.00	0.03	-0.00	-0.00	-0.00	-0.01
508	187	-0.01	0.12	0.04	0.00	-0.01	0.05
	74	0.01	-0.12	-0.04	-0.00	-0.01	0.04
509	188	-0.00	0.12	-0.04	-0.00	0.01	0.05
	77	0.00	-0.12	0.04	0.00	0.02	0.04
510	189	0.01	0.07	0.04	0.00	-0.02	0.03
	81	-0.01	-0.07	-0.04	-0.00	-0.02	0.03
511	190	0.01	0.08	-0.04	-0.00	0.02	0.03
	82	-0.01	-0.08	0.04	0.00	0.02	0.03

-----  
-----

PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 25  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11

=====  
=====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----  
-----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
512	191	-0.00	-0.01	-0.04	-0.00	0.02	-0.00
	84	0.00	0.01	0.04	0.00	0.01	-0.00
513	192	-0.00	-0.01	0.04	0.00	-0.02	-0.01
	85	0.00	0.01	-0.04	-0.00	-0.01	-0.00
514	193	0.00	-0.01	0.09	-0.01	-0.02	-0.00
	92	-0.00	0.01	-0.09	0.01	-0.02	-0.01
515	194	0.01	0.02	0.05	-0.00	-0.01	0.01
	93	-0.01	-0.02	-0.05	0.00	-0.02	0.00
516	195	0.01	0.06	-0.04	0.00	0.00	0.02
	94	-0.01	-0.06	0.04	-0.00	0.01	0.01
517	196	0.01	-0.00	-0.09	0.00	0.03	0.00
	95	-0.01	0.00	0.09	-0.00	0.02	-0.01
518	197	0.02	-0.22	-0.03	-0.01	0.01	-0.07
	97	-0.02	0.22	0.03	0.01	0.01	-0.05
519	198	0.02	-0.27	0.03	0.01	-0.01	-0.08
	99	-0.02	0.27	-0.03	-0.01	-0.01	-0.05
520	199	-0.04	0.09	0.11	-0.00	-0.02	0.02
	101	0.04	-0.09	-0.11	0.00	-0.03	0.03
521	200	-0.05	0.34	-0.28	-0.00	0.06	0.08
	104	0.05	-0.34	0.28	0.00	0.08	0.09

522	201	0.01	0.33	0.16	0.01	-0.04	0.08
	108	-0.01	-0.33	-0.16	-0.01	-0.04	0.08
523	202	0.05	0.50	-0.20	-0.01	0.05	0.12
	109	-0.05	-0.50	0.20	0.01	0.05	0.13
524	203	-0.00	0.03	-0.03	-0.00	0.01	0.01
	111	0.00	-0.03	0.03	0.00	0.00	0.01
525	204	-0.00	-0.08	0.15	0.00	-0.05	-0.03
	112	0.00	0.08	-0.15	-0.00	-0.03	-0.01
526	33	0.04	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	169	-0.04	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
527	172	0.04	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
	38	-0.04	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
528	44	-0.03	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	179	0.03	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
529	180	-0.03	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	49	0.03	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
530	54	-0.02	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	177	0.02	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
531	178	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	57	0.01	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
532	44	0.01	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
	173	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
533	169	0.01	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
	29	-0.01	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
534	54	0.03	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	175	-0.03	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
535	171	-0.01	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
	31	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
536	59	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	178	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
537	174	-0.05	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
	38	0.05	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 26  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
538	31	0.01	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	172	-0.01	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
539	174	0.02	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	49	-0.02	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
540	29	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	170	0.01	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
541	176	0.03	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	57	-0.03	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
542	33	-0.04	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	173	0.04	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
543	177	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	59	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
544	205	-0.05	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	62	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
545	206	-0.03	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00

	64	0.03	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
546	213	0.01	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
	87	-0.01	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
547	208	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
	73	0.01	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
548	209	0.03	-0.00	0.01	0.00	-0.00	-0.01
	78	-0.03	0.00	-0.01	-0.00	-0.05	-0.01
549	211	0.01	0.00	0.00	-0.00	-0.01	0.00
	86	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	-0.01	0.00
550	207	-0.02	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
	61	0.02	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
551	212	-0.05	0.00	-0.01	-0.00	0.00	0.01
	83	0.05	-0.00	0.01	0.00	0.05	0.00
552	210	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.01	-0.00
	73	0.01	0.00	0.00	-0.00	0.01	-0.00
553	181	-0.02	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	205	0.02	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
554	205	0.02	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	182	-0.02	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
555	183	0.02	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	206	-0.02	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
556	206	-0.02	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	184	0.02	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
557	207	0.01	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
	181	-0.01	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
558	185	-0.01	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
	207	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
559	184	0.01	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
	208	-0.01	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
560	208	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	186	0.01	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
561	209	0.03	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
	185	-0.03	-0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
562	187	-0.02	0.00	0.01	0.00	-0.01	-0.00
	209	0.02	-0.00	-0.01	-0.00	-0.01	0.00
563	186	0.03	-0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.00
	210	-0.03	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00

-----  
-----

PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 27  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11

=====  
=====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
564	210	-0.02	-0.00	-0.01	-0.00	0.01	-0.00
	188	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
565	211	0.03	-0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00
	189	-0.03	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
566	191	-0.04	0.00	-0.00	-0.00	0.01	0.00
	211	0.04	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
567	190	0.04	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	212	-0.04	-0.00	0.00	0.00	0.01	-0.00
568	212	-0.05	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	192	0.05	0.00	-0.00	-0.00	-0.01	-0.00

569	213	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
	191	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
570	192	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	213	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
571	214	-0.60	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
	89	0.60	-0.00	0.00	-0.00	0.01	0.00
572	215	0.09	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
	91	-0.09	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
573	222	0.02	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	114	-0.02	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
574	216	0.02	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
	88	-0.02	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
575	221	0.39	0.00	-0.04	0.00	0.01	0.01
	110	-0.39	-0.00	0.04	-0.00	0.10	-0.00
576	219	0.10	-0.01	-0.01	0.00	0.01	-0.01
	100	-0.10	0.01	0.01	-0.00	0.02	-0.01
577	217	0.14	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	100	-0.14	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.01
578	218	0.98	0.00	0.02	0.00	0.00	-0.00
	105	-0.98	-0.00	-0.02	-0.00	-0.06	0.00
579	220	0.05	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.01
	113	-0.05	-0.00	-0.00	0.01	-0.01	0.01
580	193	-0.38	-0.00	-0.01	0.00	0.01	-0.01
	214	0.38	0.00	0.01	-0.00	0.00	-0.00
581	214	0.38	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
	194	-0.38	0.00	0.00	-0.00	0.01	-0.01
582	195	0.40	0.00	0.00	-0.00	-0.01	0.00
	215	-0.40	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
583	215	-0.40	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	196	0.40	-0.00	-0.00	-0.00	-0.01	0.01
584	216	0.05	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
	193	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.01
585	197	-0.05	-0.01	-0.01	-0.00	0.01	-0.01
	216	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.00
586	196	0.04	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00
	217	-0.04	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
587	217	-0.04	0.00	0.01	0.00	-0.00	0.00
	198	0.04	-0.00	-0.01	-0.00	-0.02	0.01
588	218	0.55	-0.00	-0.02	-0.00	0.01	-0.00
	197	-0.55	0.00	0.02	0.00	0.03	-0.00
589	199	-0.54	-0.00	-0.00	0.01	0.02	-0.01
	218	0.54	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.00

-----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 28  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11  
 =====  
 =====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----  
 -----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
590	198	0.30	-0.00	0.02	0.00	-0.04	-0.00
	219	-0.30	0.00	-0.02	-0.00	-0.01	-0.00
591	219	-0.27	0.00	-0.00	-0.01	0.02	0.00
	200	0.27	-0.00	0.00	0.01	-0.01	0.01
592	220	-0.49	-0.00	0.01	0.00	-0.02	-0.00

	201	0.49	0.00	-0.01	-0.00	-0.01	0.00
593	203	0.47	0.00	-0.00	-0.00	0.01	0.01
	220	-0.47	-0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
594	202	-0.22	0.00	-0.01	-0.01	-0.00	0.00
	221	0.22	-0.00	0.01	0.01	0.03	0.01
595	221	0.19	-0.00	0.01	0.00	-0.00	-0.00
	204	-0.19	0.00	-0.01	-0.00	-0.03	-0.01
596	204	0.02	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00
	222	-0.02	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
597	222	-0.02	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	203	0.02	-0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
598	169	0.02	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	170	-0.02	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
599	170	-0.04	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
	171	0.04	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
600	171	0.02	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	172	-0.02	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
601	177	-0.01	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	178	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
602	173	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	169	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
603	178	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	176	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
604	176	-0.01	-0.00	0.00	-0.00	-0.01	-0.00
	180	0.01	0.00	-0.00	0.00	-0.01	-0.00
605	180	-0.05	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	174	0.05	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
606	172	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	174	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
607	173	-0.05	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
	179	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
608	179	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.01	0.00
	175	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.01	0.00
609	175	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	177	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
610	170	0.04	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	41	-0.04	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
611	171	0.04	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	41	-0.04	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
612	179	-0.05	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	46	0.05	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
613	175	0.01	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
	46	-0.01	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
614	176	0.01	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	47	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
615	180	-0.04	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
	47	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00

-----  
 -----



PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 29  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:11

=====

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4 VENTO -90o-----

Barra	No	fx	fy	fz	mx	my	mz
616	116	-0.05	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
	117	0.05	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
617	123	-0.05	-0.00	-0.00	-0.00	0.01	-0.00
	129	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.00
618	126	-0.06	0.00	-0.00	0.00	0.01	0.00
	130	0.06	-0.00	0.00	-0.00	0.01	0.00
619	181	0.03	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	182	-0.03	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
620	182	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	183	0.01	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
621	183	0.03	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	184	-0.03	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
622	191	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
	192	0.01	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
623	185	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	181	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00
624	192	0.09	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	190	-0.09	0.00	0.00	-0.00	0.01	-0.00
625	190	0.07	-0.00	0.01	-0.00	-0.03	-0.01
	188	-0.07	0.00	-0.01	0.00	-0.03	-0.01
626	188	-0.07	0.00	-0.00	0.00	0.01	-0.00
	186	0.07	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
627	184	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	186	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
628	185	-0.08	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
	187	0.08	0.00	-0.00	0.00	-0.01	0.00
629	187	0.04	0.00	-0.01	0.00	0.03	0.01
	189	-0.04	-0.00	0.01	-0.00	0.03	0.01
630	189	0.08	0.00	0.00	-0.00	-0.01	0.00
	191	-0.08	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
631	182	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	71	-0.05	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
632	183	0.06	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
	71	-0.06	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
633	187	-0.04	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
	75	0.04	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
634	189	-0.03	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	75	0.03	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
635	190	-0.03	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	76	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
636	188	-0.04	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
	76	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
637	134	0.09	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
	135	-0.09	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
638	141	0.12	0.00	-0.01	-0.00	0.02	0.00
	147	-0.12	-0.00	0.01	0.00	0.02	0.00
639	144	0.11	-0.00	-0.01	0.00	0.02	-0.00
	148	-0.11	0.00	0.01	-0.00	0.02	-0.00
640	193	0.50	-0.00	-0.00	-0.00	0.01	-0.01
	194	-0.50	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.01

641	194	0.97	-0.00	0.00	-0.00	-0.01	-0.00
	195	-0.97	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00

```

-----
-----
PROJETO :tese                PASTA: C:\Tqs\Dé...        PAG.:      30
ESTRUTURA:decio            ARQ. : espacial          DATA:  4/
7/06
PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17        HORA:
6:11
=====
=====

```

```

-----ESFORCOS NAS BARRAS(tf m) NC. 4   VENTO -90o-----
-----
Barra  No      fx      fy      fz      mx      my      mz
642  195      0.53      0.00      0.00      0.00     -0.01      0.01
     196     -0.53     -0.00     -0.00     -0.00     -0.01      0.01
643  203     -0.03      0.00     -0.00      0.00      0.00      0.00
     204      0.03     -0.00      0.00     -0.00      0.00      0.00
644  197     -0.01     -0.00     -0.00     -0.00      0.01     -0.01
     193      0.01      0.00      0.00      0.00      0.01     -0.01
645  204     -0.05     -0.00     -0.01      0.00      0.01      0.00
     202      0.05      0.00      0.01     -0.00      0.02     -0.01
646  202     -0.70     -0.01      0.06     -0.02     -0.13     -0.03
     200      0.70      0.01     -0.06      0.02     -0.14     -0.03
647  200     -0.66     -0.00     -0.02      0.00      0.04     -0.00
     198      0.66      0.00      0.02     -0.00      0.03      0.00
648  196     -0.02      0.00      0.00      0.00     -0.01      0.01
     198      0.02     -0.00     -0.00     -0.00     -0.01      0.01
649  197     -0.88     -0.00      0.01     -0.00     -0.03     -0.01
     199      0.88      0.00     -0.01      0.00     -0.04     -0.00
650  199     -1.48      0.01     -0.03      0.01      0.08      0.01
     201      1.48     -0.01      0.03     -0.01      0.06      0.02
651  201     -0.56      0.00     -0.00     -0.00      0.00      0.01
     203      0.56     -0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
652  194     -0.02     -0.00     -0.00      0.00      0.01     -0.01
     98      0.02      0.00      0.00     -0.00      0.01     -0.00
653  195      0.06      0.00     -0.01     -0.00      0.01      0.00
     98     -0.06     -0.00      0.01      0.00      0.01     -0.00
654  199      0.24     -0.00      0.00      0.01     -0.00     -0.01
     102     -0.24      0.00     -0.00     -0.01      0.00     -0.01
655  201     -0.04      0.00      0.01      0.00     -0.02      0.00
     102      0.04     -0.00     -0.01     -0.00     -0.04     -0.00
656  202     -0.26      0.00      0.01     -0.01     -0.02     -0.00
     103      0.26     -0.00     -0.01      0.01     -0.04      0.01
657  200      0.30      0.00     -0.01     -0.01      0.01      0.00
     103     -0.30     -0.00      0.01      0.01      0.03      0.01
658  152     -1.23      0.00     -0.00      0.00     -0.00      0.02
     153      1.23     -0.00      0.00     -0.00      0.01     -0.00
659  159     -2.03      0.01     -0.01      0.00      0.04      0.03
     165      2.03     -0.01      0.01     -0.00      0.01      0.01
660  166     -1.79     -0.01      0.01     -0.01     -0.03     -0.03
     162      1.79      0.01     -0.01      0.01     -0.05     -0.03

```

```

-----REACOES DOS APOIOS(tf m) NC. 4   VENTO -90o-----
-----
No      FX      FY      FZ      MX      MY      MZ
1       0.53      1.40      9.98     -3.27      1.38      0.01
12      -1.76      3.65     -4.63     -4.02     -1.21     -0.00
20       1.24      2.73     -5.35     -4.86      1.81      0.02

```

SOMA REACOES FX= 0.00 FY= 7.78 FZ= 0.00  
 SOMA F. EXTERNAS FX= 0.00 FY= -7.78 FZ= 0.00

i. Análise da estabilidade global

Os limites para deslocamento horizontal do topo do edifício e entre pavimentos contíguos, foram verificados para atender aos limites de movimentos laterais estabelecidos pela tabela 13.2 da ABNT NBR-6118-2003.

Para verificação do Estado Limite de Deformação Excessiva, na combinação quase permanente, foram utilizados o coeficiente ponderador 1,0 para os carregamentos verticais, 0,6 para os carregamentos acidentais verticais e 0,3 para o vento.

O processamento foi elaborado com processo incremental P- $\Delta$ .

Assim, foram obtidos os seguintes resultados:

Efeito a considerar	Limite (cm)	Projeto	Observação
Movimento lateral do edifício	H/1700 = 0,97	0,80	OK
Movimento lateral entre pavimentos	H/850 = 0,48	0,23	OK

Segue os resultados de deslocamentos nodais obtidos no processamento de estabilidade global:

PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 1  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:32

=====  
 =====  
 Modulo Portico Espacial - Regiao de Interesse: 0  
 -----DESLOCAMENTOS NODAIS (cm) CBNL 1 Estabilidade-----  
 -----

No	DeslX	DeslY	DeslZ	Rot X	Rot Y	Rot Z
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.12	-0.23	-0.15	0.00	-0.00	-0.00
3	-0.15	-0.26	-0.20	-0.00	-0.00	-0.00
4	-0.16	-0.26	-0.23	0.00	0.00	-0.00
5	-0.14	-0.30	-0.25	0.00	0.00	-0.00
6	-0.13	-0.33	-0.27	0.00	0.00	-0.00
7	-0.11	-0.38	-0.26	0.00	0.00	-0.00
8	-0.11	-0.44	-0.26	0.00	0.00	-0.00
9	-0.09	-0.61	-0.26	0.00	0.00	-0.00
10	-0.08	-0.71	-0.26	0.00	0.00	-0.00
11	-0.07	-0.80	-0.26	0.00	0.00	-0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.01	-0.04	-0.04	0.00	0.00	0.00
14	0.02	-0.12	-0.07	0.00	-0.00	-0.00
15	0.02	-0.19	-0.11	0.00	0.00	-0.00
16	0.04	-0.27	-0.13	0.00	0.00	-0.00

17	0.06	-0.30	-0.14	0.00	0.00	-0.00
18	0.09	-0.35	-0.14	0.00	-0.00	-0.00
19	0.06	-0.36	-0.14	-0.00	-0.00	-0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	-0.05	-0.18	-0.09	0.00	-0.00	-0.00
22	-0.03	-0.32	-0.13	0.00	0.00	-0.00
23	-0.01	-0.37	-0.16	0.00	0.00	-0.00
24	-0.00	-0.45	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
25	-0.00	-0.48	-0.20	0.00	0.00	-0.00
26	0.00	-0.54	-0.20	0.00	0.00	-0.00
27	0.05	-0.55	-0.19	-0.00	0.00	-0.00
28	0.15	-0.21	-1.87	0.00	0.00	-0.00
29	0.16	-0.27	-1.96	0.00	-0.00	-0.00
30	0.21	-0.35	-1.66	0.00	0.00	-0.00
31	0.27	-0.46	-2.02	0.00	0.00	-0.00
32	0.28	-0.58	-1.98	0.00	-0.00	-0.00
33	0.06	-0.17	-2.22	0.00	0.00	-0.00
34	0.09	-0.27	-2.14	0.00	-0.00	-0.00
35	0.11	-0.33	-1.03	-0.00	-0.00	-0.00
36	0.15	-0.43	-1.05	-0.00	0.00	-0.00
37	0.18	-0.55	-2.22	0.00	0.00	-0.00
38	0.21	-0.63	-2.36	0.00	-0.00	-0.00
39	-0.03	-0.14	-1.99	0.00	0.00	-0.00
40	-0.00	-0.25	-2.19	-0.00	0.00	-0.00
41	0.05	-0.39	-0.22	-0.00	0.00	-0.00
42	0.11	-0.62	-2.31	-0.00	0.00	-0.00
43	0.14	-0.70	-2.16	0.00	-0.00	-0.00
44	-0.13	-0.22	-2.13	-0.00	0.00	-0.00
45	-0.10	-0.33	-1.12	0.00	-0.00	-0.00
46	-0.08	-0.43	-0.25	0.00	-0.00	-0.00
47	0.03	-0.52	-0.28	0.00	0.00	-0.00
48	0.05	-0.61	-1.21	0.00	0.00	-0.00
49	0.08	-0.68	-2.27	-0.00	-0.00	-0.00
50	-0.19	-0.31	-1.86	-0.00	0.00	-0.00
51	-0.16	-0.41	-1.18	0.00	-0.00	-0.00

PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 2  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:32

-----DESLOCAMENTOS NODAIS (cm) CBNL 1 Estabilidade-----

No	DeslX	DeslY	DeslZ	Rot X	Rot Y	Rot Z
52	-0.05	-0.59	-1.24	0.00	0.00	-0.00
53	-0.02	-0.68	-1.97	-0.00	-0.00	-0.00
54	-0.23	-0.40	-2.26	0.00	0.00	-0.00
55	-0.20	-0.46	-2.40	0.00	0.00	-0.00
56	-0.17	-0.55	-2.43	0.00	-0.00	-0.00
57	-0.14	-0.67	-2.34	0.00	-0.00	-0.00
58	-0.28	-0.44	-2.27	-0.00	0.00	-0.00
59	-0.26	-0.54	-2.59	-0.00	0.00	-0.00
60	-0.25	-0.63	-2.33	-0.00	-0.00	-0.00
61	0.13	-0.18	-0.81	0.00	0.00	-0.00
62	0.16	-0.28	-0.83	-0.00	-0.00	-0.00
63	0.17	-0.32	-0.84	-0.00	0.00	0.00
64	0.19	-0.51	-0.92	0.00	-0.00	-0.00

65	0.10	-0.22	-0.97	0.00	0.00	-0.00
66	0.11	-0.28	-0.64	0.00	-0.00	-0.00
67	0.11	-0.37	-0.67	0.00	0.00	-0.00
68	0.12	-0.50	-1.06	0.00	-0.00	-0.00
69	-0.01	-0.11	-0.95	0.00	0.00	-0.00
70	0.02	-0.18	-1.05	0.00	0.00	-0.00
71	0.03	-0.33	-0.21	-0.00	0.00	-0.00
72	0.04	-0.55	-1.16	0.00	-0.00	-0.00
73	0.07	-0.60	-1.10	0.00	-0.00	-0.00
74	-0.09	-0.25	-0.77	-0.00	0.00	-0.00
75	-0.09	-0.34	-0.24	0.00	-0.00	-0.00
76	-0.02	-0.43	-0.26	0.00	0.00	-0.00
77	-0.01	-0.53	-0.86	-0.00	-0.00	-0.00
78	-0.17	-0.23	-1.06	-0.00	-0.00	0.00
79	-0.04	-0.57	-1.16	-0.00	0.00	-0.00
80	-0.19	-0.26	-1.04	0.00	-0.00	-0.00
81	-0.17	-0.30	-0.81	-0.00	0.00	-0.00
82	-0.10	-0.48	-0.86	-0.00	-0.00	-0.00
83	-0.07	-0.56	-1.13	0.00	0.00	0.00
84	-0.21	-0.33	-1.27	-0.00	0.00	-0.00
85	-0.21	-0.43	-1.29	-0.00	-0.00	-0.00
86	-0.27	-0.33	-1.23	-0.00	0.00	-0.00
87	-0.26	-0.49	-1.27	-0.00	-0.00	-0.00
88	0.10	-0.12	-0.00	0.00	0.00	-0.00
89	0.11	-0.21	-0.05	0.00	-0.00	-0.00
90	0.11	-0.28	-0.09	0.00	0.00	-0.00
91	0.12	-0.42	-0.10	0.00	-0.00	-0.00
92	0.08	-0.13	-0.21	0.00	0.00	-0.00
93	0.08	-0.21	-0.20	0.00	-0.00	-0.00
94	0.09	-0.30	-0.24	0.00	0.00	-0.00
95	0.08	-0.41	-0.30	0.00	-0.00	-0.00
96	-0.00	-0.05	-0.25	0.00	0.00	-0.00
97	0.00	-0.09	-0.39	0.00	0.00	-0.00
98	0.00	-0.24	-0.14	-0.00	0.00	-0.00
99	0.00	-0.45	-0.50	0.00	-0.00	-0.00
100	0.01	-0.48	-0.38	0.00	-0.00	-0.00
101	-0.09	-0.14	-0.56	-0.00	0.00	-0.00
102	-0.10	-0.23	-0.28	0.00	-0.00	-0.00
103	-0.05	-0.32	-0.26	0.00	0.00	-0.00

-----  
 -----  
 PROJETO :tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 3  
 ESTRUTURA:decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:32  
 =====  
 =====

-----DESLOCAMENTOS NODAIS (cm) CBNL 1 Estabilidade-----  
 -----  

No	DeslX	DeslY	DeslZ	Rot X	Rot Y	Rot Z
104	-0.06	-0.41	-0.62	-0.00	-0.00	-0.00
105	-0.12	-0.13	-0.51	-0.00	-0.00	-0.00
106	-0.08	-0.43	-0.59	-0.00	0.00	-0.00
107	-0.17	-0.16	-0.45	0.00	0.00	-0.00
108	-0.17	-0.18	-0.53	-0.00	0.00	-0.00
109	-0.14	-0.37	-0.46	-0.00	-0.00	-0.00
110	-0.14	-0.41	-0.37	-0.00	-0.00	-0.00

111	-0.23	-0.22	-0.54	-0.00	0.00	-0.00
112	-0.23	-0.31	-0.51	-0.00	-0.00	-0.00
113	-0.26	-0.21	-0.42	-0.00	0.00	-0.00
114	-0.26	-0.34	-0.36	-0.00	-0.00	-0.00
115	0.14	-0.38	-0.16	-0.00	-0.00	-0.00
116	0.09	-0.44	-0.15	-0.00	0.00	-0.00
117	0.05	-0.59	-0.20	-0.00	-0.00	-0.00
118	0.01	-0.59	-0.22	-0.00	0.00	-0.00
119	0.13	-0.33	-0.18	0.00	-0.00	-0.00
120	0.08	-0.40	-0.15	0.00	0.00	-0.00
121	0.01	-0.53	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
122	-0.04	-0.57	-0.25	0.00	0.00	-0.00
123	0.11	-0.29	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
124	0.07	-0.36	-0.17	0.00	0.00	-0.00
125	-0.04	-0.51	-0.22	0.00	0.00	-0.00
126	-0.07	-0.51	-0.26	0.00	0.00	-0.00
127	-0.07	-0.36	-0.23	0.00	-0.00	-0.00
128	-0.11	-0.39	-0.24	0.00	0.00	-0.00
129	-0.05	-0.33	-0.28	0.00	-0.00	-0.00
130	-0.18	-0.39	-0.30	0.00	0.00	-0.00
131	-0.12	-0.32	-0.33	0.00	-0.00	-0.00
132	-0.16	-0.35	-0.34	0.00	0.00	-0.00
133	0.09	-0.26	-0.10	-0.00	-0.00	-0.00
134	0.07	-0.31	-0.12	-0.00	0.00	-0.00
135	0.03	-0.46	-0.16	-0.00	-0.00	-0.00
136	0.01	-0.48	-0.17	-0.00	0.00	-0.00
137	0.07	-0.23	-0.13	0.00	-0.00	-0.00
138	0.05	-0.30	-0.15	0.00	0.00	-0.00
139	-0.01	-0.43	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
140	-0.03	-0.48	-0.20	0.00	0.00	-0.00
141	0.05	-0.22	-0.17	0.00	-0.00	-0.00
142	0.04	-0.28	-0.18	0.00	0.00	-0.00
143	-0.05	-0.43	-0.22	0.00	0.00	-0.00
144	-0.06	-0.44	-0.24	0.00	0.00	-0.00
145	-0.11	-0.28	-0.23	0.00	0.00	-0.00
146	-0.12	-0.31	-0.24	0.00	0.00	-0.00
147	-0.11	-0.27	-0.26	0.00	-0.00	-0.00
148	-0.17	-0.33	-0.27	0.00	0.00	-0.00
149	-0.16	-0.27	-0.28	0.00	-0.00	-0.00
150	-0.18	-0.30	-0.29	0.00	0.00	-0.00
151	0.01	-0.11	-0.02	0.00	-0.00	-0.00
152	0.02	-0.12	-0.02	0.00	-0.00	-0.00
153	0.02	-0.28	-0.06	0.00	0.00	-0.00
154	0.02	-0.33	-0.08	0.00	0.00	-0.00
155	0.01	-0.11	-0.08	0.00	-0.00	-0.00

-----  
 PROJETO : tese PASTA: C:\Tqs\Dé... PAG.: 4  
 ESTRUTURA: decio ARQ. : espacial DATA: 4/  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17 HORA:  
 6:32

=====

-----DESLOCAMENTOS NODAIS (cm) CBNL 1 Estabilidade-----  
 -----  

No	DeslX	DeslY	DeslZ	Rot X	Rot Y	Rot Z
156	0.02	-0.12	-0.09	0.00	0.00	-0.00
157	-0.03	-0.26	-0.12	0.00	0.00	-0.00

158	-0.03	-0.35	-0.15	0.00	0.00	-0.00
159	0.02	-0.12	-0.14	0.00	-0.00	-0.00
160	0.02	-0.12	-0.14	0.00	0.00	-0.00
161	-0.08	-0.29	-0.18	0.00	0.00	-0.00
162	-0.07	-0.33	-0.20	0.00	0.00	-0.00
163	-0.11	-0.23	-0.20	-0.00	-0.00	-0.00
164	-0.11	-0.27	-0.18	-0.00	-0.00	-0.00
165	-0.14	-0.21	-0.21	0.00	-0.00	-0.00
166	-0.15	-0.29	-0.18	0.00	0.00	-0.00
167	-0.18	-0.23	-0.21	0.00	-0.00	-0.00
168	-0.18	-0.27	-0.19	0.00	0.00	-0.00
169	0.04	-0.16	-2.13	-0.00	-0.00	-0.00
170	0.15	-0.42	-1.02	-0.00	-0.00	-0.00
171	0.11	-0.51	-1.05	-0.00	0.00	-0.00
172	0.22	-0.43	-2.22	-0.00	0.00	-0.00
173	-0.12	-0.24	-2.19	-0.00	-0.00	-0.00
174	0.21	-0.61	-2.30	-0.00	0.00	-0.00
175	-0.09	-0.31	-1.17	0.00	-0.00	-0.00
176	-0.13	-0.49	-1.23	0.00	0.00	-0.00
177	-0.26	-0.54	-2.39	0.00	0.00	-0.00
178	-0.12	-0.63	-2.42	0.00	0.00	-0.00
179	0.01	-0.30	-1.12	0.00	-0.00	-0.00
180	-0.07	-0.57	-1.20	0.00	0.00	-0.00
181	0.05	-0.14	-0.97	-0.00	-0.00	-0.00
182	0.11	-0.29	-0.64	-0.00	-0.00	-0.00
183	0.09	-0.38	-0.66	-0.00	0.00	-0.00
184	0.16	-0.41	-1.05	-0.00	0.00	-0.00
185	-0.07	-0.16	-1.04	0.00	-0.00	-0.00
186	0.12	-0.53	-1.16	0.00	0.00	-0.00
187	-0.06	-0.23	-0.77	0.00	-0.00	-0.00
188	-0.05	-0.51	-0.85	0.00	0.00	-0.00
189	-0.16	-0.26	-0.80	0.00	-0.00	-0.00
190	-0.11	-0.45	-0.86	0.00	0.00	-0.00
191	-0.26	-0.39	-1.26	0.00	-0.00	-0.00
192	-0.17	-0.48	-1.29	0.00	0.00	-0.00
193	0.05	-0.06	-0.21	0.00	0.00	-0.00
194	0.09	-0.15	-0.20	0.00	-0.00	-0.00
195	0.07	-0.24	-0.24	0.00	0.00	-0.00
196	0.11	-0.34	-0.30	0.00	-0.00	-0.00
197	-0.05	-0.06	-0.39	0.00	0.00	-0.00
198	0.05	-0.43	-0.50	0.00	-0.00	-0.00
199	-0.11	-0.15	-0.55	0.00	-0.00	-0.00
200	-0.05	-0.42	-0.62	0.00	0.00	-0.00
201	-0.20	-0.19	-0.53	0.00	0.00	-0.00
202	-0.10	-0.38	-0.46	0.00	-0.00	-0.00
203	-0.26	-0.27	-0.54	-0.00	0.00	-0.00
204	-0.21	-0.36	-0.50	-0.00	-0.00	-0.00
205	0.13	0.08	-1.91	-0.00	-0.00	-0.00
206	0.19	-0.10	-1.97	-0.00	0.00	-0.00
207	-0.17	-0.01	-1.85	-0.00	-0.00	-0.00

---

PROJETO :tese  
 ESTRUTURA:decio  
 7/06  
 PLANEAR ENGENHARIA S/C LTDA. SISTEMA MIX V9.17  
 6:32

PASTA: C:\Tqs\Dé...  
 ARQ. : espacial

PAG.: 5  
 DATA: 4/  
 HORA:

---



```
-----DESLOCAMENTOS NODAIS (cm) CBNL 1  Estabilidade-----  
-----  
  No      DeslX      DeslY      DeslZ      Rot X      Rot Y      Rot Z  
208      0.36      -0.43      -1.97      -0.00      0.00      -0.00  
209     -0.37      -0.32      -2.12      0.00      -0.00      -0.00  
210      0.29      -0.74      -2.25      0.00      0.00      -0.00  
211     -0.49      -0.46      -2.21      0.00      -0.00      -0.00  
212      0.10      -0.69      -2.28      0.00      0.00      -0.00  
213     -0.26      -0.67      -2.22      0.00      0.00      -0.00  
214      0.10      -0.12      -0.24      0.00      0.00      -0.00  
215      0.12      -0.31      -0.31      0.00      0.00      -0.00  
216      0.03      -0.07      -0.34      0.00      -0.00      -0.00  
217      0.09      -0.44      -0.45      0.00      0.00      -0.00  
218     -0.10      -0.11      -0.62      0.00      -0.00      -0.00  
219      0.01      -0.48      -0.73      0.00      0.00      -0.00  
220     -0.25      -0.21      -0.65      0.00      -0.00      -0.00  
221     -0.17      -0.39      -0.56      0.00      0.00      -0.00  
222     -0.26      -0.30      -0.60      0.00      -0.00      -0.  
-----  
-----
```

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)