



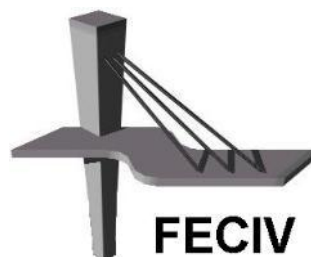
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CARACTERIZAÇÃO DAS CONSTRUÇÕES COM
MADEIRA EM UBERLÂNDIA: PATOLOGIAS,
PROJETOS E DETALHES**

RENATA OLIVEIRA ALMEIDA CARNIELLE

UBERLÂNDIA, 12 DE AGOSTO DE 2011.



FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil



Renata Oliveira Almeida Carnielle

**CARACTERIZAÇÃO DAS CONSTRUÇÕES COM MADEIRA
EM UBERLÂNDIA-MG: PATOLOGIAS, PROJETOS E
DETALHES**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Estruturas e Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Antonio Romero Gesualdo

UBERLÂNDIA, 12 DE AGOSTO DE 2011.



**ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

ATA Nº: 083/2011

CANDIDATA: Renata Oliveira Almeida Carnielle

ORIENTADOR: Prof. Dr. Francisco Antonio Romero Gesualdo

TÍTULO: "Caracterização das construções com madeira em Uberlândia: patologias, projetos e detalhes"

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Estruturas e Construção Civil

LINHA DE PESQUISA: Estruturas

DATA DA DEFESA: 12 de agosto de 2011

LOCAL: Sala de Projeção Prof.º Celso Franco de Gouveia

HORÁRIO DE INÍCIO E TÉRMINO DA DEFESA: 9:20h as 12:15h

Após avaliação do documento escrito, da exposição oral e das respostas às argüições, os membros da Banca Examinadora decidem que a candidata foi:

APROVADA

REPROVADA

OBS: Proceder as correções apontadas pelos integrantes da Banca Examinadora.

Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata que está assinada pelos membros da Banca:

Professor Orientador: **Prof. Dr. Francisco Antonio Romero Gesualdo – FECIV/UFU**

Membro externo: **Prof. Dr. Francisco Antonio Rocco Lahr – EESC-USP**

Membro: **Prof. Dr. Jesiel Cunha – FECIV/UFU**

Uberlândia, 12 de agosto de 2011.

*À minha família: esposo, mãe,
irmãos e pai (in memoriam), por
fazerem parte de minha
formação pessoal, pelo carinho e
apoio incondicional.*

AGRADECIMENTOS

A DEUS que me deu forças, incentivos e muita paz espiritual para a conclusão deste trabalho.

Ao meu esposo, meu grande companheiro e maior inspiração.

À minha família, incentivadores diretos de minha vida e formação.

Ao meu orientador, pela paciência e ensinamentos.

Aos funcionários e colegas da FECIV, pelo apoio.

A todas as pessoas envolvidas no desenvolvimento do trabalho, que me ajudaram fornecendo dados para concluí-lo: o arquiteto Luiz Antonio Bossa, ao Professor Dogmar Souza, aos colegas Gercindo e Anceloann, e a todos os proprietários e entrevistados dos estabelecimentos mencionados no texto.

À CAPES pelo apoio financeiro.

CARNIELLE, Renata Oliveira Almeida. *Caracterização das Construções com Madeira em Uberlândia-MG: Patologias, Projetos e Detalhes.* Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2011. 141p.

RESUMO

A madeira é um material natural com alta resistência, e por isto, é uma opção bastante atraente como elemento estrutural para diferentes usos, seja como pilares, arcos, vigas ou treliças. Possui uma forte tradição de uso em coberturas, com a utilização em telhados convencionais ou aqueles mais trabalhados e aparentes com grande apelo arquitetônico. Para entender a sua aplicação na cidade de Uberlândia, fez-se um levantamento de estruturas de coberturas em madeira aparente, bem como uma discussão sobre seus arranjos estruturais, a existência ou não de projetos, os tipos de ligações e o estado de conservação das mesmas. Foram avaliadas mais de 20 construções envolvendo madeira. Com este diagnóstico foi possível indicar detalhes recorrentes gerados pelo procedimento padrão arraigado na prática destas construções. Algumas contribuições teóricas e práticas foram mostradas, incluindo o dimensionamento de três estruturas, com relatos históricos. Muitos aspectos negativos observados são decorrentes da falta de projeto que não são exigidos pelos órgãos públicos. Há total falta de fiscalização quando se trata da aplicação da madeira, o que é uma prática totalmente assimilada pelos profissionais da área. Construir em madeira tornou-se uma iniciativa livre, sem fiscalização, o que deixa estas construções vulneráveis. É um risco. Há a necessidade de mudanças de condutas pela intervenção dos órgãos públicos para definirem as mesmas exigências adotadas para os outros materiais. Nenhuma estrutura pode existir sem projeto.

Palavras chave: Estruturas de madeira, Projetos, Coberturas.

CARNIELLE, Renata Oliveira Almeida. *Understanding Buildings with Wood in Uberlândia, MG: Pathology, Projects and Details.* Msc Dissertation, School of Civil Engineering, Federal University of Uberlândia, 2011. 141p.

ABSTRACT

Wood is a natural material with high resistance and a very attractive option as a structural element for different uses, either as columns, arches, beams or trusses. It has a strong tradition in covering as roofs or those more apparent and worked with great architectural appeal. To understand its application in Uberlândia, a compilation of information was made for apparent wooden roof structures, as well as a discussion of their structural arrangements, the existence or not of projects, the types of connections and its state of conservation. It was evaluated more than 20 buildings involving wood. With this diagnosis could be given recurrent details generated by standard procedure rooted in the practice of these constructions. Some theoretical and practical contributions were shown, including the structural analysis of three structures, with historical discussion. Many negative aspects observed are due to the absence of project that is not required by public agencies. There is total lack of supervision when it comes to the application of wood, which is a practice totally assimilated by professionals. Building in wood has become a free initiative, without technical control, which brings vulnerability to those buildings. It is a risk. It is necessary to change behavior promoted by government intervention agencies to define the same requirements adopted for the other materials. No structure can exist without the project.

Keywords: Wooden structures, Design, Roof.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipologias indígenas do Brasil: estruturas de madeira e cobertura de fibras	19
Figura 2 - Tipologia de ocas de tribos indígenas na África, construídas ainda hoje	19
Figura 3 - Encaixes do sistema construtivo japonês.....	21
Figura 4 – Detalhes construtivos de beirais	21
Figura 5 – Ginásio Atsushi Imai - Odate, Japão	23
Figura 6 – Balloon Framing	23
Figura 7 – Sistema plataforma	24
Figura 8 – Estação Brentwood Skytrain.....	25
Figura 9 – Coberturas do período colonial.....	26
Figura 10 – Casa sistema enxaimel, Blumenau/SC.....	27
Figura 11 – Sistemas construtivos de palafitas em Manaus/AM	28
Figura 12 – Sistema construtivo de malocas no Brasil	28
Figura 13 – Uso de sobras do material em favelas.....	29
Figura 14 – Construções nobres em madeira	30
Figura 15 – Estruturas de madeira em Uberlândia – MG.....	31
Figura 16 – Dimensões comerciais de seções transversais de madeira em cm.....	34
Figura 17 – Seções transversais compostas por peças de madeira.....	34
Figura 18 – Estrutura em arco em edificação na cidade de Uberlândia – MG.....	35
Figura 19 – Articulações em arcos	36
Figura 20 – Associação entre arco e tirante: absorção do empuxo	36
Figura 21 – Cúpula com 78,56 m de diâmetro feita com vigas de MLC de Pinus – Lages, SC	37
Figura 22 – Viga de madeira	38

Figura 23 – Flecha em viga	38
Figura 24 – Tipos de vigas e seus esforços	39
Figura 25 – Treliça de madeira em restaurante na cidade de Uberlândia-MG.....	39
Figura 26 – Elementos da treliça triangular	40
Figura 27 – Elementos da treliça em arco	40
Figura 28 – Elementos da treliça com banzos paralelos	40
Figura 29 – Tipos de tesouras.....	41
Figura 30 – Treliças com banzos inclinados	42
Figura 31 – Tesoura com lanternim.....	42
Figura 32 – Algumas formas de ligações em treliças	43
Figura 33 – Encaixes tradicionais das tesouras de madeira executados por carpinteiros ...	44
Figura 34 - Alertas de desmatamento no período out/2008-set/2009.....	48
Figura 35 – Esquema estrutural do Bar e Restaurante 1.....	57
Figura 36 – Chapas de aço parafusada	58
Figura 37 – Vista da treliça central.....	58
Figura 38 – Vista da treliça lateral	59
Figura 39 – Ligações com apenas um parafuso de aço	59
Figura 40 – Ligação por entalhe com reforço de abraçadeiras em aço das estruturas laterais	60
Figura 41 – Vista do anexo acrescentado posteriormente	60
Figura 42 – Esquema estrutural construído	61
Figura 43 – Esquema estrutural recalculado.....	61
Figura 44 – Ligações inadequadas entre montantes, diagonais e banzos	62
Figura 45 – Contraventamento adicional para estabilização global da estrutura e detalhe da ligação da diagonal com banzo inferior.....	62
Figura 46 – Flechas aparentes nos banzos.....	63
Figura 47 – Abraçadeiras de metal	63

Figura 48 – Ligação de peças com chapas: espaçamento grande entre as peças devido à tração	64
Figura 49 – Esquema estrutural estrutura do Bar e Restaurante 3	65
Figura 50 – Ligações parafusadas e detalhes do apoio das telhas.....	65
Figura 51 – Estrutura principal da construção	66
Figura 52 – Estrutura secundária.....	66
Figura 53 – Tesoura com duas inclinações do banzo superior	67
Figura 54 – Perspectiva em maquete da lanchonete	67
Figura 55 – Esquema estrutural da cobertura.....	68
Figura 56 – Vista do ponto mais alto da estrutura.....	69
Figura 57 – Pilares apoiados sobre blocos de concreto e vigas de madeira serrada apoiadas sobre vigas circulares.....	69
Figura 58 – Vista frontal da estrutura antes e depois das modificações.....	70
Figura 59 – Vista geral do telhado e emenda inadequada em beiral	71
Figura 60 – Esquema estrutural do estacionamento	72
Figura 61 – Situação atual das vigas apresentando deformações excessivas	72
Figura 62 – Folga na ligação de partes da estrutura	73
Figura 63 – Suposto reforço de partes da viga com arame.....	73
Figura 64 – Estruturas de estacionamentos	74
Figura 65 – Esquema estrutural do estacionamento.....	75
Figura 66 – Detalhe de ligações	75
Figura 67 – Entalhe desnecessário de parte importante da seção transversal do pilar para ligação.....	76
Figura 68 – Presença de agentes patológicos e reforço inadequado em ligação viga-pilar	76
Figura 69 – Reforço inadequado de madeira e chapas de aço amarradas	77
Figura 70 – Deformações e fissuras em pilar	77
Figura 71 – Esquema estrutural do estacionamento.....	78
Figura 72 – Estrutura principal do estacionamento.....	78

Figura 73 – Detalhe de ligações	79
Figura 74 – Patologia clássica em nó entre banzo inferior e superior	80
Figura 75 – Efeito indesejável do posicionamento do dente	81
Figura 76 – Espaço Cultural e de Lazer	81
Figura 77 – Vistas da maquete esquemática da estrutura do Espaço do Parque	82
Figura 78 – Arco treliçado misto.....	83
Figura 79 – Detalhe da estrutura em madeira laminada colada	84
Figura 80 – Galpão antes da reforma (abril/2010)	84
Figura 81 – Galpão em reforma em 2010	85
Figura 82 – Detalhe de ligação parafusada entre treliça e pilar	85
Figura 83 – Maquete virtual	86
Figura 84 – Estrutura da cobertura do galpão para oficina mecânica	87
Figura 85 – Visualização do lanternim	87
Figura 86 – Fachada original da igreja	88
Figura 87 – Croquis adaptados de Bardi (1999):.....	89
Figura 88 – Croquis da estrutura do telhado	90
Figura 89 – Fachada Museu da Biodiversidade	92
Figura 90 – Esquema estrutural em planta do Museu de Biodiversidade	93
Figura 91 – Pórtico da estrutura principal	93
Figura 92 – Detalhe de parte da estrutura do pórtico	94
Figura 93 - Vista geral do pórtico no interior	94
Figura 94 - Esquema estrutural das coberturas do pátio de colégio	95
Figura 95 – Revestimento acústico, circulação de ar e iluminação natural.....	96
Figura 96 – Arcos em madeira laminada colada atirantados em aço	96
Figura 97 – Abraçadeiras para fixação dos tirantes.....	97
Figura 98 – Montante central: ligação de tirantes	97
Figura 99 – Detalhes da residência com estrutura de eucalipto	98

Figura 100 – Ligações parafusadas e encaixadas	99
Figura 101 – Encaixe incorreto da madeira	99
Figura 102 – Esquema estrutural da residência tipo chalé	100
Figura 103 – Vista das estruturas aparentes	101
Figura 104 – Detalhe das ligações.....	101
Figura 105 – Esquema estrutural do salão de Festas: projeto do arquiteto Bossa.....	102
Figura 106 – Fachada principal	103
Figura 107 – Fachada lateral	103
Figura 108 – Vista interna da estrutura principal	104
Figura 109 – Detalhes da estrutura do salão de festas.....	104
Figura 110 – Sede da empresa 1	105
Figura 111 – Detalhes dos pilares externos	105
Figura 112 – Interior da construção	106
Figura 113 – Pilar apoiado em concreto e viga parafusada.....	106
Figura 114 – Edificação da sede de empresa	107
Figura 115 – Forro em ipê.....	108
Figura 116 – Ligações com entalhes	108
Figura 117 – Fixação das peças de beirais	109
Figura 118 – Movimentação da estrutura provocou trincas no vidro que foi repostos	109
Figura 119 – Cobertura de espaço para festas.	110
Figura 120 – Aplicação de Pinus para estruturas de coberturas residenciais	111
Figura 121 – Estrutura lanchonete deformada – tracejado indica estrutura indeformada.	112
Figura 122 – Vista geral do sistema estrutural	113
Figura 123 – Estrutura com deformação ampliada em 100 vezes.....	114
Figura 124 – Vistas do sistema estrutural	116
Figura 125 – Transformação de carregamento concentrado para distribuído	117
Figura 126 – Áreas demarcadas da parte superior da cobertura que recebe as telhas.....	117

Figura 127 – Tela para introdução de forças distribuídas em barras inclinadas no GESTRUT	118
Figura 128 – Barras representativas de um setor.....	119
Figura 129 – Corte transversal da estrutura.....	122
Figura 130 – Viga roliça de 22 cm de diâmetro com solicitações	124
Figura 131 – Mezanino construído em madeira	127
Figura 132 – Exemplo de emenda em flexão mal projetada	128

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	15
1.1 IMPORTÂNCIA DO TEMA	15
1.2 OBJETIVOS	16
CAPÍTULO 2 – SOBRE O USO DA MADEIRA	18
2.1 GENERALIDADES	18
2.2 ASPECTOS ARQUITETÔNICOS DO USO DA MADEIRA	18
2.3 ARQUITETURA E CONCEPÇÃO DA ESTRUTURA.....	32
2.4 O USO DA MADEIRA LEGAL.....	44
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA	52
3.1 GENERALIDADES	52
3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	53
3.3 PROCEDIMENTO TÉCNICO	54
CAPÍTULO 4 – ANÁLISE E DISCUSSÕES	55
4.1 CONTEÚDO	55
4.2 DOCUMENTOS DE INSTITUIÇÕES	55
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES	129
REFERÊNCIAS	132
APÊNDICE	138
ANEXO	143

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 IMPORTÂNCIA DO TEMA

A biodiversidade das florestas brasileiras é reconhecida mundialmente. A madeira é um material natural, renovável e é utilizada na construção civil de diversas formas, entre elas, como estruturas de coberturas, fôrmas para concreto, escoramentos, esquadrias, pisos, entre outras.

É um material amplamente utilizado desde as épocas pré-históricas em conjunto com outros materiais, como a pedra e o barro. Segundo Pfeil e Pfeil (2003), foi somente no século XX que as estruturas de madeira começaram a ser estudadas, ganhando teorias técnicas aplicadas a elas. No Brasil a utilização da madeira foi largamente ampliada após a colonização. Atualmente, sua utilização se baseia principalmente em técnicas modernas de reflorestamento e de industrialização, reduzindo perdas e tornando-a competitiva economicamente e ecologicamente. Em Uberlândia este material é bastante utilizado, porém, na maioria das vezes, sem projetos estruturais e instruções adequadas acerca de sua utilização. Há o interesse pelas construções com a madeira, todavia, aplica-se muito pouco conhecimento sobre ela. Devido à falta de conhecimento técnico e da efetiva falta de projetos, estas construções são executadas de maneira imprópria e, conseqüentemente, são vulneráveis a problemas diversos e não alcançam a vida útil esperada.

Os impactos ambientais referentes ao material ocorrem, principalmente, em consequência do uso irracional e não sustentável da madeira. Medidas como a escolha correta do tipo da madeira e especificações adequadas nos projetos contribuem para a diminuição dos impactos ambientais e racionalização do material. O desmatamento desordenado

transforma a madeira, erroneamente, na grande vilã do meio ambiente. É importante entender com clareza que a madeira é um dos materiais mais ecológicos, pois não passa por nenhum processo industrial, não polui. Sequestra carbono durante a sua produção, contribuindo para o meio ambiente. Por isto, precisa ser usada e estocada na forma de estruturas, móveis, utensílios etc., para manter o carbono sequestrado. Não utilizar a madeira implica na devolução do gás carbônico à natureza. Portanto, usar a madeira é fundamental para que seu benefício seja duradouro.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi avaliar construções concebidas com estruturas em madeira na cidade de Uberlândia-MG, em aplicações estruturais para coberturas ou fechamentos, e apresentar uma discussão sobre o uso do material no município, bem como as técnicas de construção, eficiência e conceitos que norteiam o uso do material. Por ser comum a inexistência de projetos estruturais para as estruturas de madeira, um dos objetivos foi fazer uma discussão sobre os problemas estruturais e as patologias ocasionadas em função da utilização e disposição inadequada das estruturas e seus componentes. Com isto, é possível entender como o material é comercializado e aplicado, conhecendo a sua importância para as construções, o grau de risco, as responsabilidades e condutas associadas a este tipo de construção em relação aos projetos estruturais.

1.2.1 Objetivos específicos

- Conhecer as condições e data de construção de algumas coberturas feitas com madeira na cidade de Uberlândia-MG;
- Entender a lógica histórica das construções (projetistas, sedes de empresas, época, mão de obra, material etc.);
- Conhecer e analisar estruturalmente alguns tipos de arranjos e detalhes utilizados nas coberturas de madeira na cidade;
- Avaliar a realidade atual: existência de projetos, a demanda, aceitação da população etc.;
- Verificar as principais patologias e erros de execução;

- Entender a importância do material nas construções, para permitir uma visão dos procedimentos legais relativo aos projetos deste tipo de construção.

1.2.2 Estrutura do texto

Este trabalho é constituído de quatro capítulos, organizados da seguinte maneira:

Capítulo 1: discorre sobre a abordagem do trabalho, sua importância e os objetivos propostos.

Capítulo 2: faz uma revisão sobre o uso da madeira, descrevendo alguns aspectos arquitetônicos e ilustrando como o material é utilizado em algumas culturas. Além disto, realiza uma abordagem sobre a concepção estrutural e o uso da madeira como estrutura, bem como o estudo de alguns elementos destas estruturas. Apresenta ainda uma análise sobre o uso e as ilegalidades envolvidas desde a produção até a comercialização do material em um panorama nacional e municipal.

Capítulo 3: apresenta a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho, bem como sua estruturação.

Capítulo 4: apresenta análise e discussões dos estudos de caso na cidade de Uberlândia-MG.

Capítulo 5: apresenta as considerações finais do trabalho.

CAPÍTULO 2

SOBRE O USO DA MADEIRA

2.1 GENERALIDADES

Este capítulo trata de alguns aspectos arquitetônicos da madeira e de sua utilização desde as construções mais simples e primitivas, até construções luxuosas e de grande porte. Aborda também aspectos referentes à concepção estrutural e os elementos mais utilizados em madeira enquanto estrutura. Além disto, discorre sobre o uso da madeira legal e qual a realidade sobre a produção e comercialização do material no Brasil e em Uberlândia-MG.

2.2 ASPECTOS ARQUITETÔNICOS DO USO DA MADEIRA

2.2.1 Histórico

A madeira é um material peculiar utilizado desde os primórdios. As investigações e conhecimentos técnicos acerca do material proporcionaram reinvenções de técnicas construtivas de diferentes culturas e tradições, bem como transformações na arquitetura no decorrer do tempo.

O aperfeiçoamento das técnicas de construção aconteceu em função da observação de fenômenos e estruturas da natureza e aprendizado empírico, sendo transmitidas às gerações e aperfeiçoadas pelas mesmas para utilização em pequenas e grandes edificações.

As tipologias das construções indígenas, observadas na Figura 1a e Figura 1b, são exemplos mais próximos em nosso país, cujas construções se caracterizavam, geralmente, por ocas com formatos em círculos, estruturadas por galhos e troncos curvados e unidos ao centro através de fibras cobertas por materiais leves, como tecidos e peles de animais. Ainda nos dias atuais, observa-se este tipo de tipologia em tribos, como mostrado na

Figura 2. De acordo com Rebello e Leite (1993), este sistema inspirou as construções atuais, por exemplo, com o desenvolvimento das geodésicas e coberturas de plástico, materiais leves suportados pelas estruturas.



a) Oca da Região Norte: Ilustração de Irajá Gouvêa

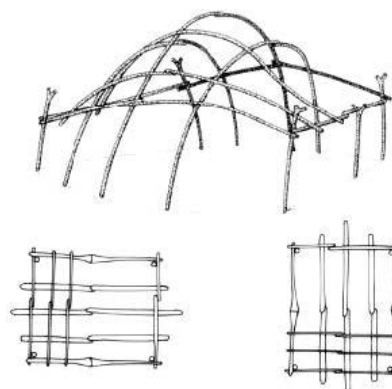


b) Ocas da região Centro-Oeste: ilustração de Irajá Gouvêa

Figura 1 - Tipologias indígenas do Brasil: estruturas de madeira e cobertura de fibras
Fonte: Gouvêa (2009)



a) Construção de oca na tribo de Gabra na África



b) Desenho esquemático de construção em Gabra: imagem de Dominique Cazajus

Figura 2 - Tipologia de ocas de tribos indígenas na África, construídas ainda hoje
Fonte: Espósito (2007)

De acordo com Espósito (2007, p.29), a evolução das construções em madeira foi consequência das características do material e das técnicas construtivas de cada região. Ainda segundo este autor, com a diversidade cultural das regiões, novas soluções

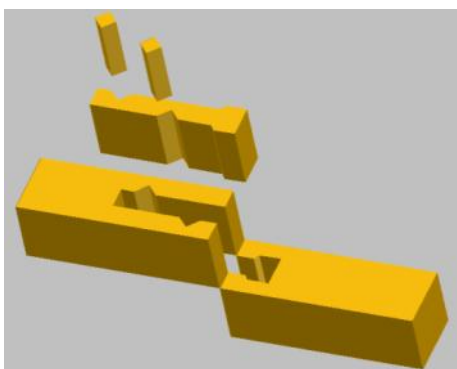
arquitetônicas surgiram, evidenciadas pelo uso de diferentes técnicas e materiais. A partir de então, os espaços e os ornamentos peculiares às culturas transformaram as edificações em expressão arquitetônica de uma tradição cultural.

A madeira, pela sua flexibilidade de adaptação de formas e facilidades de ligações, permite conceber estruturas com diferentes formatos, conceitos e arranjos. Pode interagir com diferentes materiais, principalmente com o aço, gerando uma infinidade de tipos estruturais que combinam leveza, resistência e aparência (HERZOG et al., 2008).

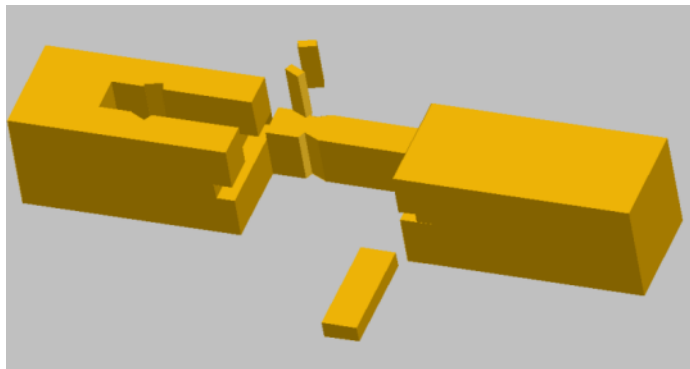
De acordo com Slavid (2005), as construções vernaculares em madeira são influenciadas por considerações diversas, como o clima, os tipos de madeira disponíveis e a variabilidade de avanços históricos. Segundo a autora, em alguns lugares a tradição da construção em madeira desapareceu, por exemplo, em Londres, que após o grande incêndio de 1666 perdeu seus principais edifícios de madeira, proibindo então sua substituição por construções com o mesmo material.

Já na arquitetura oriental a madeira é muito utilizada e as construções com o material são caracterizadas por sua leveza, riqueza de detalhes e capacidade de suportar terremotos e fenômenos da natureza, o que determina uma forte influência cultural. No Japão, as edificações construídas em madeira revelam a sensibilidade e delicadeza de tratamento do material. De acordo com Espósito (2007, p.33), as tipologias seguem um padrão recorrente em relação ao material, técnicas de execução de detalhes e construção. Slavid (2005, p.219) afirma que para os orientais é importante construir com a madeira, pois, desta forma, estão mantendo as tradições do país.

As técnicas de montagem de suas estruturas se caracterizam pelo uso de encaixes, como mostrado na Figura 3 e pela repetição de peças interligadas, observadas nas Figura 4, que desempenham importante papel.



a) Modelo yatoisao-hozo-tsugi

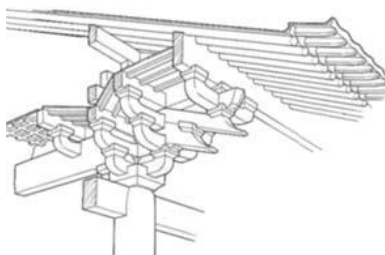


b) Modelo yokosen-shachi-tsugi

Figura 3 - Encaixes do sistema construtivo japonês
Fonte: Dias (2007)



a) Detalhe do beiral -
Templo *Todaiji*
Daibutsu



b) Croqui esquemático:
detalhe do capitel



c) Detalhe capitel arquitetura
japonesa

Figura 4 – Detalhes construtivos de beirais
Fonte: Espósito (2007)

Um modelo de construção contemporânea no Japão é o Ginásio Atsushi Imai, projetado pelo arquiteto japonês Shigeru Ban em 2002, na cidade de Odate, Japão. O arquiteto procura em seu projeto utilizar conceitos de leveza, particularmente em materiais estruturais. O projeto alcançou uma combinação de imaginação e análise estrutural rigorosa, optando pela construção de uma cúpula de 20 m × 28 m, sendo a opção mais eficaz de cobertura para aquele tipo de construção (Figura 5a).

O arquiteto optou pela utilização de madeira laminada LSL (laminated strand lumber), que é um composto estrutural produzido por partículas de madeira cuja matéria prima não é limitada a toras de espécies utilizadas comercialmente, mas pequenas toras de espécies variadas, espécies subutilizadas e de rápido crescimento (FERRAZ et al, 2009, p. 68). Após optar pelos arcos para a formação da cúpula, o arquiteto teve que descobrir uma estrutura suficientemente resistente para suportar o peso da neve e todas as forças atuantes locais. Ele optou então por criar um entrelaçado de arcos paralelos a um eixo, mas cruzados por arcos armados paralelos a um eixo mais curto (Figura 5b). Como o material possui 60 mm de espessura, isto dificultou sua curvatura, e por isto, foi dividido em três peças de 20 mm cada, curvadas individualmente e depois coladas novamente. Na viga são usados elementos em ângulo reto para criar rigidez (Figura 5c).

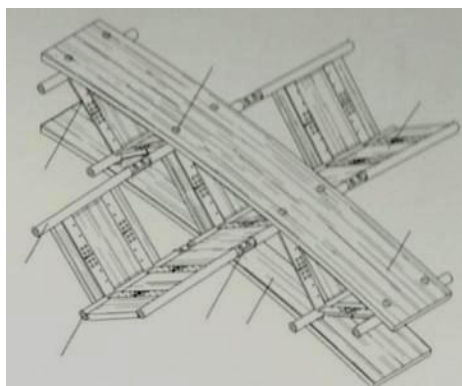
A estrutura é totalmente visível no interior, formando um belíssimo efeito tridimensional visual. O edifício foi projetado em nível submerso, de forma que apenas as entradas e a cúpula estão no nível do solo. A cúpula é revestida de policarbonato translúcido e tiras de aço inoxidável, permitindo uma iluminação natural e conexão com o exterior (Figura 5d). O arquiteto pretendeu, com o projeto, demonstrar que a madeira pode ser empregada inclusive em condições técnicas mais exigentes, mostrando-se extremamente resistente.



a) Vista interna cúpula



b) Entrelaçado de arcos



c) Vigas com elementos em ângulo reto



d) Revestimento policarbonato e aço

Figura 5 – Ginásio Atsushi Imai - Odate, Japão
Fonte: Slavid (2005)

Em países da América do Norte como Canadá e Estados Unidos, a madeira é um elemento essencial em suas construções. Nestes países a maioria das casas é construída em madeira. No início do século XIX, com o surgimento da produção industrial de pregos e a presença de máquinas a vapor em serrarias, as construções em madeira começaram a ser produzidas em escala industrial. De acordo com Sant'Anna e Meirelles (2006), em 1852 surgiu um sistema construtivo denominado *balloon framing* (Figura 6), em que as construções eram mais leves e as paredes eram constituídas de estruturas portantes com pequenos pilaretes inseridos a cada 60 cm.

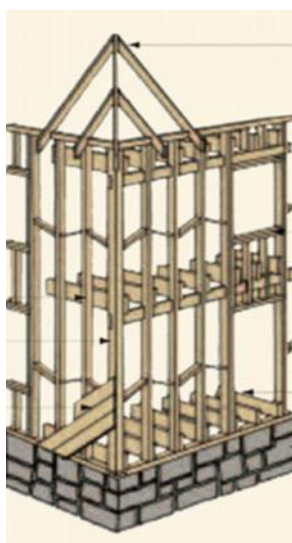
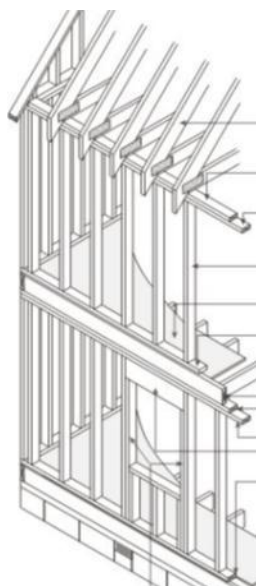


Figura 6 – Balloon Framing
Fonte: www.HousingToronto.com (2003).

A partir dos anos 60, jovens arquitetos buscaram modelos mais populares, com custos mais baixos e inovações tecnológicas. O arquiteto canadense Frank O' Gehry utilizou a inovação construtiva para desenvolver seu trabalho e acabou por ser precursor de uma técnica conhecida por *platform construction* (Figura 7), cujas construções passam a ser modulares e pré-fabricadas simples, com encaixes reforçados por peças metálicas e de rápida execução, um processo de montagem altamente tecnológico. O sistema, diferente do Brasil, não preza pela hierarquia de vigas e pilares, mas por uma trama estrutural com peças de pequenas dimensões, formando paredes e pisos de grande resistência.



a) Estrutura interna



b) Casa em Quebeque, Canadá

Figura 7 – Sistema plataforma
Fonte: COFORD, 2006

Aliado ao desenvolvimento tecnológico os arquitetos aperfeiçoaram novas técnicas e conceituações no contexto regional para desenvolverem projetos contemporâneos belíssimos com o uso da madeira. Um exemplo é a Estação de Brentwood Skytrain, em Vancouver no Canadá, projetada em 2002 pelo escritório Busby + Associates, Figura 8.

A estação foi projetada no alto da cidade e oferece vistas panorâmicas da mesma – Figura 8a. O objetivo do projeto foi preservar a paisagem do local e incentivar os moradores a fazerem uso dos trens para diminuir o tráfego de veículos e melhorar a qualidade do ar

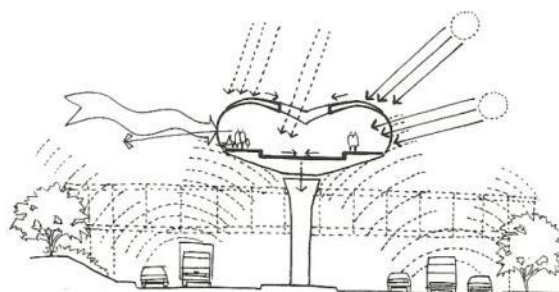
na cidade. Além disto, o projeto prisa a iluminação e ventilação natural, fazendo uso de princípios de sustentabilidade – Figura 8b.

A estrutura é formada por vigas de madeira laminada colada como uma forma de preservar as tradições culturais do país e incentivar o uso de materiais naturais aliados à tecnologia. As vigas são apoiadas sobre pilares de aço pintados de branco – Figura 8c. A estrutura é mais ampla no centro que nos extremos, possuindo elementos que se curvam tanto na horizontal quanto na vertical. O fechamento é em vidro cobrindo todos os pilares de aço.

Os elementos que mais chamam atenção são as vigas e a cobertura em madeira, composta por placas de madeira conífera. As duas coberturas somente entram em contato nos extremos, pois no centro existe uma abertura elíptica com reforço estrutural para estabilidade sísmica – Figura 8d. Os arquitetos conseguiram executar um projeto com um formato simples e diferenciado de construção, utilizando-se de princípios de sustentabilidade e estrutura simples de vigas e pilares.



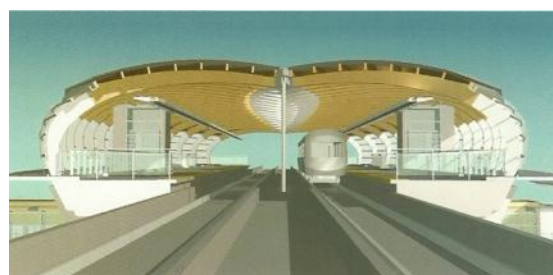
a) Vistas panorâmicas da cidade



b) Iluminação e ventilação natural



c) Vigas de madeira laminada sobre pilares de aço



d) Abertura elíptica central na cobertura

Figura 8 – Estação Brentwood Skytrain

Fonte: Slavid (2005)

No Brasil, as novas práticas construtivas foram desenvolvidas e empregadas com o desenvolvimento intelectual dos povos e a chegada dos colonizadores. Até o século XVIII, o sistema construtivo de coberturas era caracterizado pelo telhado de duas águas (Figura 9a) que, nas residências eram construídos de forma a lançar uma parte da água da chuva para a rua e outra parte sobre o quintal, cuja absorção era feita pela extensão do terreno (FILHO, 1973, p. 26). Nestas construções era muito raro o emprego de calhas ou quaisquer sistemas de captação de águas pluviais. A simplicidade das técnicas coloniais mostrava o primitivismo tecnológico caracterizado pelo trabalho escravo e cujas origens advinham do urbanismo renascentista de Portugal. As poucas variações das coberturas eram referentes ao aparecimento de corpos elevados, como a água furtada ou “camarinhas” (Figura 9b), cuja existência pressupunha a presença do telhado de duas águas logo abaixo.



a) Telhado duas águas



b) Água furtada e camarinha

Figura 9 – Coberturas do período colonial

Fonte: Reis Filho (1973, p.31).

Já no século XIX, com a chegada da Missão Cultural Francesa e a existência de uma Academia Cultural de Belas Artes no Rio de Janeiro, foram adotados padrões menos rígidos de construções. A arquitetura neoclássica foi difundida e favoreceu padrões mais refinados de construções. De acordo com Reis Filho (1973, p.37), após a abertura dos portos o país se integrou ao mercado mundial e a chegada de novos equipamentos possibilitou uma alteração na aparência das construções como, por exemplo, o uso de platibandas, em substituição aos velhos beirais e o uso de condutores ou calhas. Aos poucos apareceram novas soluções de coberturas mais complicadas, com telhados de quatro águas, sendo as laterais lançadas livremente sobre os telhados vizinhos, ou mesmo sobre calhas e condutores importados.

Com a decadência do trabalho escravo e o início da imigração europeia, novas técnicas construtivas foram empregadas e aperfeiçoadas. No sul do Brasil observa-se um exemplo

típico de construções com estrutura de madeira – o sistema enxaimel –, trazido pelos imigrantes europeus. Este sistema sofreu algumas adaptações nas tipologias construtivas devido a mudanças culturais e do clima regional, o que possibilitou a introdução de novos elementos, como a inclusão de varandas nas residências (AMARANTH, 2007).

O sistema consiste na construção de edifícios com a estrutura de madeira maciça em seção retangular, preenchida com alvenaria – Figura 10. Segundo Amaranth (2007), a primeira etapa para a utilização do sistema era a enumeração das toras para o recebimento dos encaixes. Entre as vigas verticais eram colocadas as horizontais e, nas extremidades das paredes, algumas em diagonais, para travar a estrutura e impedir uma possível inclinação. Depois era realizado o enchimento ou “enxaimel”. Normalmente as paredes eram cobertas por barro e recheadas com capim e até crina de cavalo para ajudar na sustentação. As casas tornaram-se bastante populares porque eram baratas e de simples construção. A cobertura, em função da região de onde o sistema foi importado, é de telhados íngremes e de duas águas, na maioria das vezes.



Figura 10 – Casa sistema enxaimel, Blumenau/SC.
Fonte: Oecksler (2005)

No Norte do Brasil, as construções em madeira tiveram fortes referências vernaculares e influência regional, decorrentes das arquiteturas indígenas e caboclas das populações ribeirinhas (ESPÓSITO, 2007). Os habitantes ribeirinhos da região desenvolveram a técnica das construções sobre palafitas, Figura 11, como solução para a época das cheias dos rios.

Para a população indígena prevaleceram soluções construtivas similares às primitivas. Estas construções foram caracterizadas pelo uso de troncos com dimensões maiores e mais rígidas para a estrutura principal e outros, de menor porte e flexíveis, dispostos de maneira que possam ser entrelaçados entre si ou amarrados, dando condições para receber a cobertura final em palha. É um processo muito utilizado por tribos indígenas da região amazônica da América do Sul, conforme ilustrado na Figura 12.

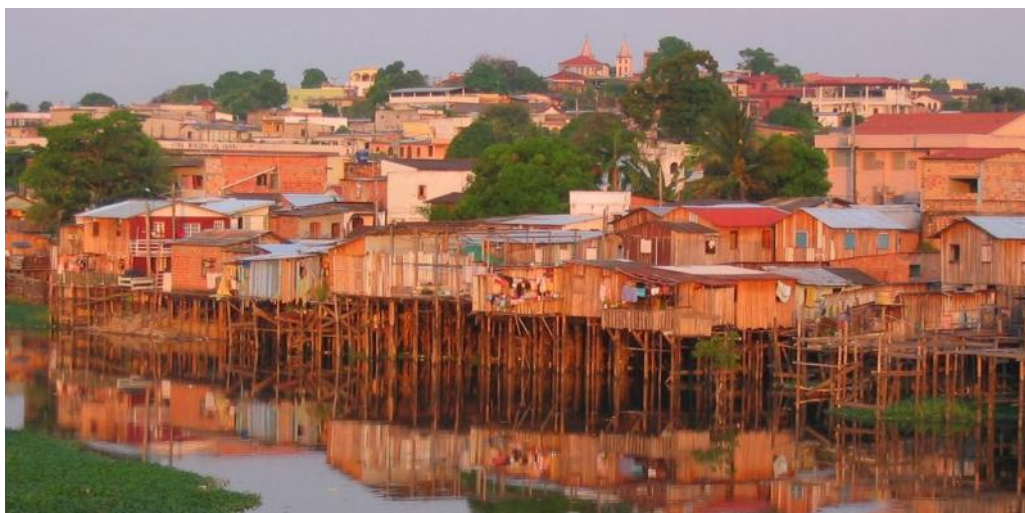


Figura 11 – Sistemas construtivos de palafitas em Manaus/AM
Fonte: Delmar (2005)



Figura 12 – Sistema construtivo de malocas no Brasil
Fonte: Butler (2006)

Houve, durante muito tempo, e ainda nos dias atuais, um preconceito em relação ao uso da madeira no país, principalmente após a revolução industrial com o advento do aço e do

concreto, caracterizando-a como material secundário. Sua utilização passou a ser restrita a usos igualmente importantes, porém não muito reconhecidos na construção, como a confecção de fôrmas, escoramentos, entre outros.

Em muitos locais, principalmente na região sudeste, uma camada menos favorecida passou a aproveitar as sobras do material para construção de suas residências (Figura 13). Devido à precariedade das condições e falta de recursos, os barracos foram erguidos aleatoriamente nas favelas, contribuindo para que a população passasse a ver a madeira como um material não relacionado à possibilidade de se ter uma habitação de qualidade.



Figura 13 – Uso de sobras do material em favelas
Fonte: Peixoto (2009)

A outra face da utilização da madeira é sua associação ao luxo e riqueza, por exemplo, em locais onde o dinheiro circula com maior facilidade, como as cidades de praia e aquelas mais frias, onde predominam construções luxuosas, destinadas principalmente ao lazer, Figura 14.

Em diversas obras do país, a madeira pode ser encarada como elemento principal do projeto arquitetônico, sendo que no partido conceito, apresentam fortes características e/ou influências do passado.



a) Casa de inverno em Campos do Jordão



b) Casa de praia na Bahia

Figura 14 – Construções nobres em madeira
Fonte: Revista Arquitetura e Construção (2010)

Alguns arquitetos buscam uma arquitetura inspirada em novos elementos e técnicas estudadas para a busca de alternativas práticas e industrializáveis. Conhecendo a arquitetura de um lugar é possível compreender parte da história, identidade e cultura existentes. Utilizando os recursos locais e valores culturais, a arquitetura do passado adiciona informação à contemporânea.

2.2.2 Uso da madeira em Uberlândia-MG

Em Uberlândia a madeira é utilizada principalmente em estruturas de coberturas. Obedece, na maioria das vezes, às características simples e são constituídas por telhados de duas, três ou quatro águas. Na região prevalece o sistema tradicional formado por vigas, pilares e treliças (Figura 15).

O uso do eucalipto na forma roliça tem se tornado comum como elemento principal de edificações comerciais e residenciais. Em função da demanda para este tipo de material surgiram na cidade fornecedores especializados, disponibilizando peças tratadas com técnicas apropriadas em sistemas de autoclaves.



a) Bar e restaurante

b) Espaço cultural

Figura 15 – Estruturas de madeira em Uberlândia – MG

De acordo com o arquiteto Bossa (2010), a realidade do pouco uso da madeira em construções em Uberlândia está sendo transformada desde o final da década de 70. Até então, o material era visto com indiferença e preconceitos pela população, que acreditava que suas funções básicas eram como lenha, em construção de cercas, ou apenas como subprodutos da construção civil. Bossa teve seu primeiro projeto em Uberlândia construído na metade da década de 1980, uma residência de 700 m² com estrutura de ipê. Após este período, foi o pioneiro em construções de madeira de reflorestamento em Uberlândia.

Com o passar dos anos e o fortalecimento do conceito de sustentabilidade, empresas de madeiras reflorestadas se instalaram na cidade e surgiram novas obras tendo a madeira como elemento estrutural não somente das coberturas. Estas, porém, tornaram-se mais elaboradas e com grande beleza arquitetônica. Mas a cidade ainda encontra deficiência de profissionais especializados em projetos de madeira. Na maioria das vezes as construções são elaboradas e executadas por marceneiros. Especialmente em obras empregando o eucalipto tratado, ainda prevalece o desenho com a participação do arquiteto, porém sem uma forte participação do engenheiro especializado no cálculo de estruturas.

2.3 ARQUITETURA E CONCEPÇÃO DA ESTRUTURA

2.3.1 Generalidades

Para o desenvolvimento e a construção de projetos arquitetônicos em madeira, como qualquer outro material, é necessário um conhecimento sobre a concepção estrutural e seus elementos básicos. Esta Seção apresenta uma introdução acerca do assunto e discorre sobre as características da madeira como estrutura, apresenta elementos estruturais mais comuns em coberturas e alguns elementos de conexão da madeira.

2.3.2 Sobre as estruturas

O conceito encontrado sobre estruturas é muito amplo, não se associando apenas às edificações. Basicamente a estrutura é aquilo que sustenta alguma coisa possibilitando a sua estabilidade. Sendo assim, considera-se que o conceito de estruturas está vinculado à noção de equilíbrio, presente em todos os seres humanos. Através da observação da natureza é possível o entendimento sobre o comportamento das estruturas. Elas tornam-se o caminho natural que as forças gravitacionais percorrem até chegar ao solo.

A escolha para a melhor solução estrutural a ser adotada dependerá de diversos fatores, referentes à edificação e sua finalidade. Não existe uma estrutura melhor ou pior que a outra. O que existe são opções diferenciadas para atender as necessidades e finalidades da construção, de acordo com uma hierarquia de quesitos de maior ou menor importância, por exemplo, economia, estética, funcionalidade, facilidade de construção, entre outros. Mas é importante ressaltar que, independentemente desta hierarquia, quem concebe a estrutura deve fazê-la de maneira a atender o maior número desses quesitos e da forma mais eficiente possível.

Segundo Rebello (2003), para uma estrutura ser concebida é necessário ter consciência de sua possibilidade de existência, visualizar sua relação com o espaço gerado, perceber os sistemas capazes de transmitir as solicitações ao solo de maneira mais natural possível e verificar os materiais que se adaptam a esses sistemas.

A concepção da estrutura está diretamente ligada à forma, ou seja, elas nascem juntas. Toda forma precisa de uma estrutura e toda estrutura obedece a uma forma. Portanto, a estrutura é criada por quem cria a forma. E essa concepção é a capacidade de compreensão

e entendimento da estrutura, anterior ao seu dimensionamento. De acordo com Baird e Ozelton (1984), os engenheiros são geralmente influenciados por considerações arquitetônicas, o tipo e o tamanho do telhado, as condições de apoio, entre outras.

A resistência dos materiais é fator determinante nos elementos estruturais, portanto, a forma dos materiais pode ser bem mais determinante de sua resistência. A adequação de materiais ao projeto para vãos, carregamentos e outros fatores, possibilita o aproveitamento de materiais frágeis e o ganho na capacidade resistente dos mesmos. Os materiais possuem características próprias e propriedades que podem variar conforme as direções analisadas.

2.3.3 Madeira como elemento estrutural: características e propriedades

A madeira, sendo um material natural, pode sofrer alterações em suas propriedades ao longo de sua formação, decorrentes de diversos fatores, por exemplo, fatores climáticos. É um material anisótropo, ou seja, apresenta propriedades diferentes em todas as direções, portanto, não é homogêneo.

Também é um material que absorve bem os esforços de tração simples atuantes na direção das fibras. Porém, a descontinuidade das peças (emendas e ligações entre barras e apoios) gera dificuldade de transmissão desses esforços, exigindo que em ligações sejam empregados elementos secundários, tais como, pinos ou chapas metálicas ou de madeira.

A madeira pode ser comercializada em duas formas distintas, variando de peças com pouco ou nenhum beneficiamento até peças com vários graus de processamento. De acordo com o manual de madeira (IPT, 2003), a madeira beneficiada pode ser: madeira serrada e beneficiada, lâminas, painéis de madeira e madeira tratada com preservativos. A primeira forma se dá através da utilização do próprio tronco para determinados usos, principalmente estruturais. A segunda é através do desdobro das peças, transformando-as em seções comerciais chamadas de ripas, caibros, tábuas, pranchões e vigotas.

As medidas comerciais usuais, fornecidas por madeireiras da cidade de Uberlândia-MG, são apresentadas na Figura 16. Estas podem ser solidarizadas entre si por meio de parafusos, colas, pinos de madeira e/ou aço, entre outros, formando seções transversais mais resistentes do tipo T, I, duplo T, caixão etc.

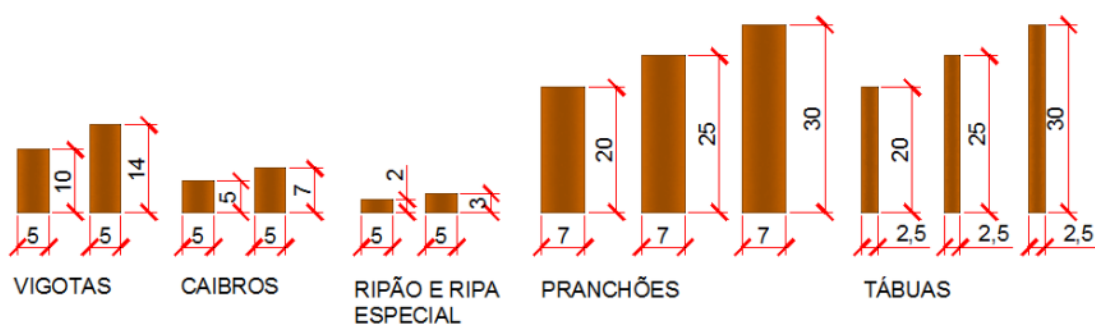


Figura 16 – Dimensões comerciais de seções transversais de madeira em cm

Estas podem simplesmente ser justapostas e solidarizadas para compor uma seção cheia com ganho de inércia, Figura 17.

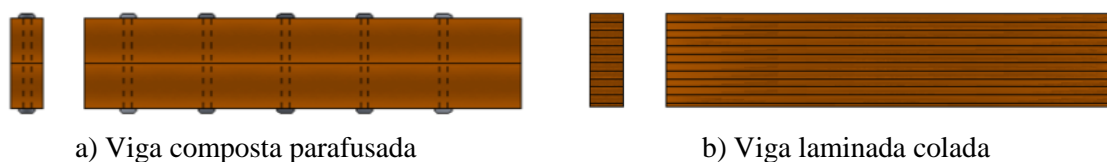


Figura 17 – Seções transversais compostas por peças de madeira

De acordo com Breyer et al (2003), quando a extensão do vão a ser coberto é longa, ou quando a estrutura está sujeita à ações muito elevadas, o uso da madeira serrada com bitolas comerciais não é recomendado. Nestas circunstâncias, e provavelmente por questões arquitetônicas também, utilizam-se as madeiras laminadas coladas (Figura 17), onde é possível formar seções transversais maiores pelo agrupamento de peças menores.

Considera-se que a seção transversal ideal para uso em estruturas de madeira seria a circular, por corresponder à forma em que o tronco se apresenta naturalmente, garantindo o menor desperdício possível. Isto reduziria o desdobro, pois 50 % do material torna-se inutilizável estruturalmente por transformar-se em pó de serra, pranchas, destapos etc.

2.3.4 Sistemas estruturais em coberturas e o comportamento da madeira

Sabe-se que existe uma quantidade infinita de possibilidades estruturais a partir da composição e associação adequada de materiais. A seguir serão apresentados três principais elementos estruturais usuais de cobertura e sua relação com a madeira: o arco, as vigas e as treliças.

2.3.4.1 O arco

Os arcos são formados por elementos solicitados predominantemente por esforços de compressão simples, resultando em estruturas mais leves (Figura 18). Sua característica principal é tirar proveito da forma geométrica como aliado à redução de esforços. Para evitar a ocorrência de flexão nestes elementos, responsáveis por torná-los mais instáveis e menos econômicos, é necessário que os arcos tenham formas correspondentes ao caminho que as forças percorrem até chegarem aos apoios – funiculares.



Figura 18 – Estrutura em arco em edificação na cidade de Uberlândia – MG

Os arcos também apresentam reação horizontal nos apoios inversamente proporcional à flecha. Portanto, quanto maior a flecha, menor é a reação horizontal no arco. Como consequência aos esforços de compressão o arco torna-se sujeito à flambagem. Sua estabilização pode ser feita através dos travamentos perpendiculares ao plano. No plano do arco a flambagem pode ser combatida através do aumento da dimensão vertical de sua seção transversal.

Os arcos podem conter no máximo três articulações para que sejam estruturas estáveis. Eles podem ser biarticulados (Figura 19a), triarticulados (Figura 19b) ou biengastados (Figura 19c). Os arcos triarticulados têm vantagem em relação à montagem, por ser compostos por dois segmentos. Os arcos engastados são usados em situações muito especiais devido à dificuldade de se criar a vinculação do tipo engaste. Em todos os casos predominarão as forças axiais de compressão. O fundamental neste tipo de estrutura é o impedimento do movimento horizontal na parte inferior do arco para garantir a existência de força horizontal necessária para o sistema.

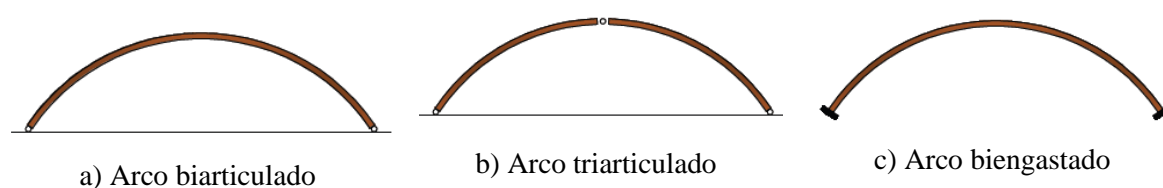
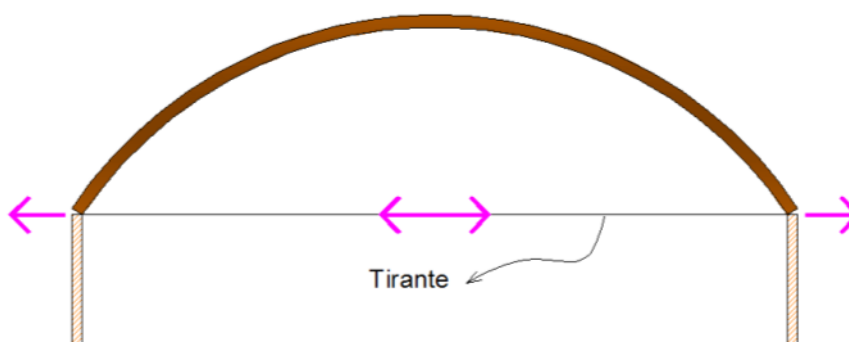


Figura 19 – Articulações em arcos

Figura 20 – Associação entre arco e tirante: absorção do empuxo
Fonte: Adaptação de Rebello (2003, p. 122).

O efeito do empuxo horizontal pode ser conseguido pela utilização de tirante horizontal ligando os dois apoios ou o topo dos pilares, Figura 20. Isto promoverá um alívio significativo dos momentos fletores no arco, resultando na predominância de forças axiais.

Os arcos também podem ser associados entre si paralelamente, ortogonalmente ou radialmente, formando estruturas do tipo casca, cúpulas ou geodésicas. Exemplo disto é a cúpula construída com peças laminadas coladas de Pinus, erguida em 2004, na cidade de Lages-SC (PARTEL; FERREIRA, 2010), com um diâmetro de 78,56 m, Figura 21. A estrutura na forma de cúpula representa um conjunto de arcos formados por trechos retos interligados por peças metálicas, onde há a predominância de forças axiais. Este tipo de estrutura tem sua eficiência comprovada pela distribuição de esforços. Mesmo que todos os nós sejam considerados articulados, ainda assim a estrutura é estável e apresenta um comportamento semelhante às treliças, ou seja, apresentará apenas forças axiais nas suas barras. Isto indica a grande vantagem do sistema, pois os efeitos de flexão são muito reduzidos.



Figura 21 – Cúpula com 78,56 m de diâmetro feita com vigas de MLC de Pinus – Lages, SC

O arco e as suas variantes representam um sistema estrutural apropriado para grandes vãos com o uso de pouco material, onde a geometria é a grande aliada. É muito utilizado em grandes galpões e/ou pontes, onde predominam vãos de médio a grande porte.

A madeira também apresenta bom desempenho ao esforço de compressão, com resistências características entre 20 MPa e 60 MPa, e por isto, pode ser empregada na seção transversal de arcos. A execução da curvatura pode ser realizada através da utilização de peças retas interligadas, ou ainda através da composição de sarrafos – peças de espessuras menores – curvados colados entre si, formando os laminados. A utilização deste material permite sua execução fora do local de construção, caracterizando um material pré-fabricado.

2.3.4.2 As vigas

As vigas podem ser entendidas como elementos estruturais projetados para suportar forças em sua extensão que irão produzir esforços de flexão, Figura 22. Quando são solicitadas por algum esforço transversal ao seu eixo, as seções transversais da viga tendem a girar em torno do eixo horizontal, deformando-a. Esta deformação é resultante de um deslocamento vertical chamado flecha (Figura 23).



Figura 22 – Viga de madeira

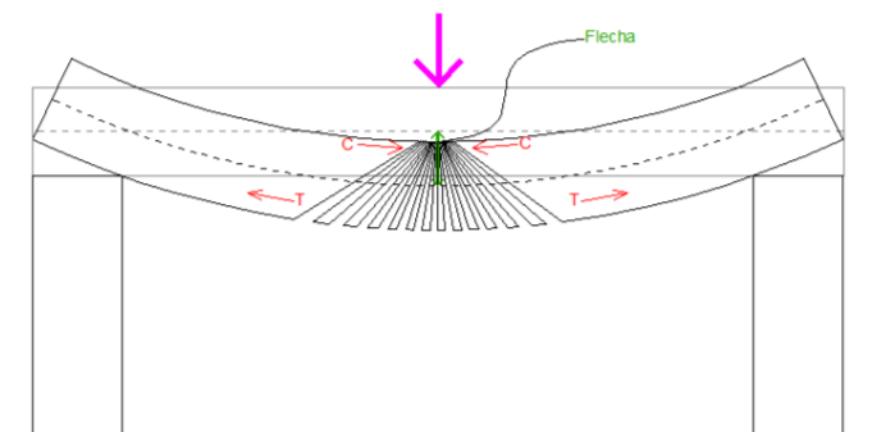


Figura 23 – Flecha em viga

As vigas podem ser classificadas de acordo com a posição e quantidade de apoios podendo ser biapoiadas, em balanço ou contínuas. As primeiras (Figura 24a) são solicitadas por compressão nas fibras superiores e tração nas inferiores. As segundas possuem as tensões invertidas (Figura 24b), ou seja, compressão nas inferiores e tração nas superiores. E as terceiras, que possuem mais de dois apoios, têm compressão na parte superior dos vão e tração na parte inferior, sendo que, nos apoios as tensões são invertidas (Figura 24c).

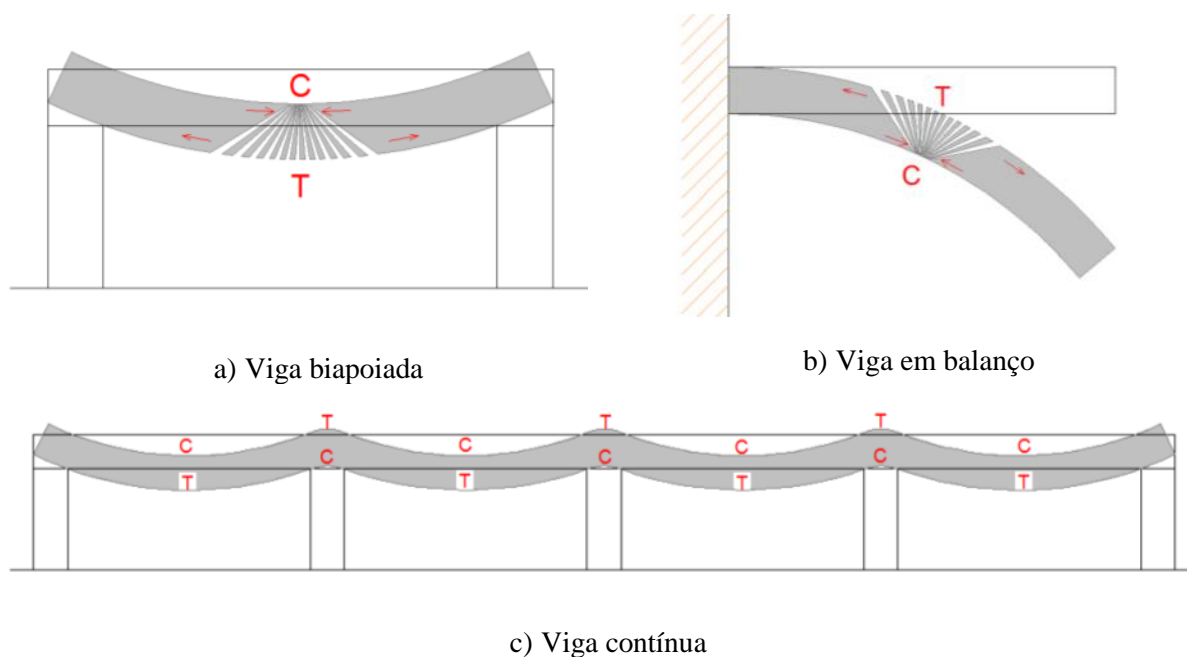


Figura 24 – Tipos de vigas e seus esforços

2.3.4.3 As treliças

A treliça é a estrutura mais simples que se pode obter (Figura 25), pois é uma estrutura que pode ser triangular (Figura 26), na maioria das vezes, em arco (Figura 27) ou com banzos paralelos (Figura 28), sendo constituída de barras unidas em determinados pontos chamados de nós, e são submetidas a esforços axiais de tração ou compressão simples. As barras das treliças são constituídas basicamente pelos seguintes elementos: banzo superior, banzo inferior, diagonal e montante.



Figura 25 – Treliça de madeira em restaurante na cidade de Uberlândia-MG

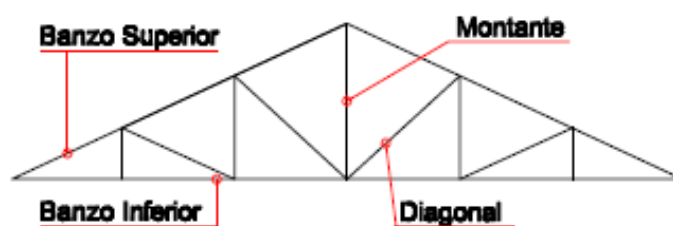


Figura 26 – Elementos da treliça triangular

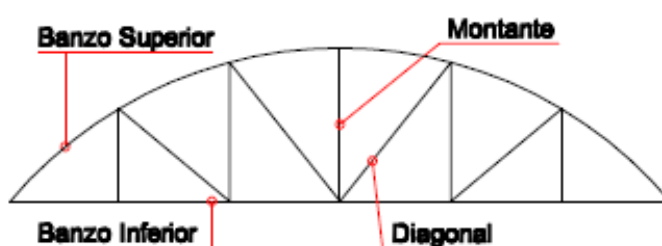


Figura 27 – Elementos da treliça em arco

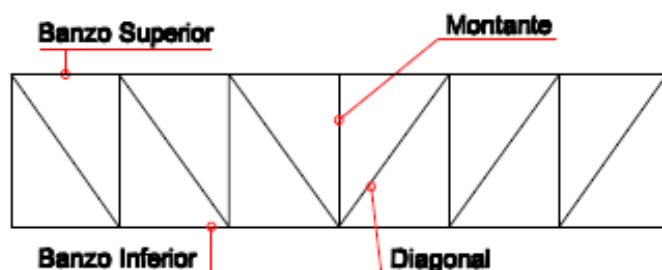


Figura 28 – Elementos da treliça com banzos paralelos

As forças devem ser sempre aplicadas nos nós, de maneira a impedir a flexão nas barras e, portanto, um maior aproveitamento das mesmas. A inclinação das diagonais é também fator importante para a construção das treliças devendo estar entre 30° a 60° , tendo em vista que podem desenvolver maiores esforços, quando mais abatidas, ou elevar o número de peças quando mais inclinadas.

Como a madeira apresenta boa resistência aos esforços de tração e compressão simples, é um material bem recomendado para a concepção das treliças. As seções mais utilizadas são as retangulares simples, duplas ou triplas para as barras tracionadas e/ou comprimidas.

2.3.4.3.1 Arquitetura de tesouras de madeira

As tesouras de madeira podem ser caracterizadas como estruturas leves ou pesadas, expostas naturalmente, envernizadas, pintadas ou usadas como elementos decorativos, com conexões muito em evidências ou ocultas. Estas estruturas trabalhadas são estritamente triangulares ou remetem a formas clássicas que, embora possam não ser tão eficientes, lembram estilos de épocas passadas.

De acordo com o “Manual de Madeiras da NAFI – National Association of Forest Industries” (2005) as tesouras arquitetônicas são estruturas armadas expostas que pretendem ou dar a impressão de “força” (resistência) e tradição ou, ao contrário, transmitir a sensação de leveza.

Alguns diferentes tipos de tesouras de madeira foram patenteados no sec. XIX e muitas delas ainda carregam os nomes de seus criadores, por exemplo, Pratt, Warren, Howe (Figura 29).

Nas estruturas de madeiras simples a adição de montantes e banzos possibilita a redução das tensões de flexão nos banzos superiores. Isso implica em redução das seções transversais nos banzos superiores, aumento do espaçamento interno das tesouras e aumento da capacidade de abrangência destas tesouras.

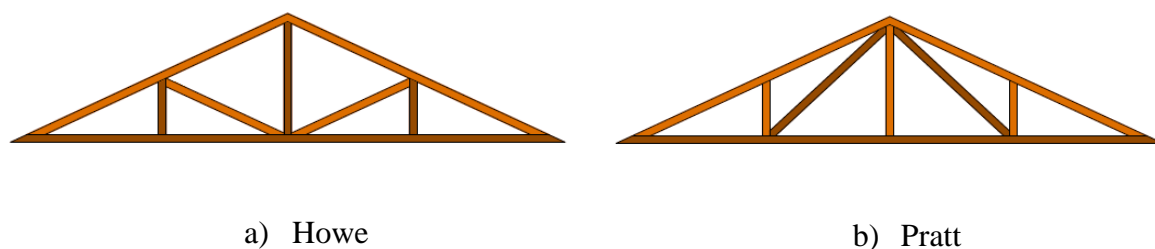


Figura 29 – Tipos de tesouras

As tesouras com elevada inclinação nos banzos transmitem a sensação de local espaçoso, pelo acréscimo do pé direito no ponto central. Modelos de tesouras com inclinações elevadas são exemplificados na Figura 30, em que a cor preta indica esforços de tração e a vermelha, os esforços de compressão. Essas estruturas sofreram evolução ao longo dos anos para adaptarem às necessidades humanas. A desvantagem delas é que, quando são solicitadas, os pontos de apoio tendem a deslocarem-se horizontalmente, necessitando de reforço estrutural.

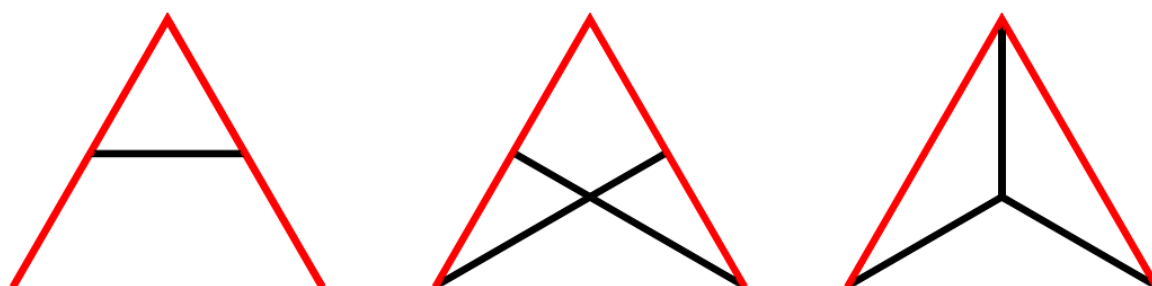


Figura 30 – Treliças com banzos inclinados

As treliças ou tesouras fazem o trabalho das vigas. Com alguma criatividade podem ser desenvolvidas composições de formas diferenciadas com a finalidade de resolverem diversas soluções, por exemplo, criação de lanternins que possibilitam a entrada de iluminação ou ventilação e são muito presentes em galpões industriais (Figura 31).

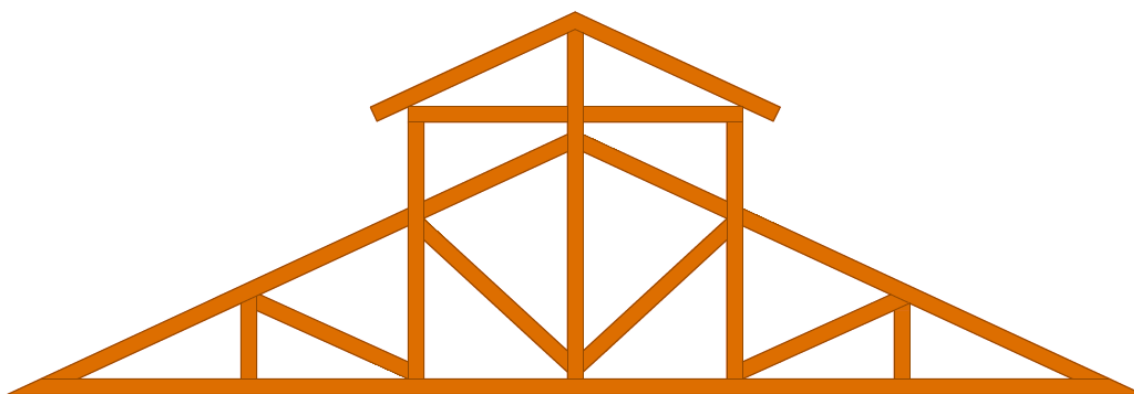
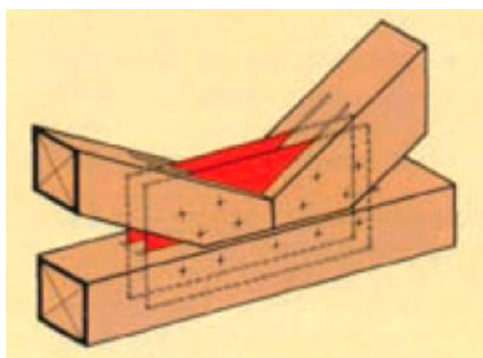


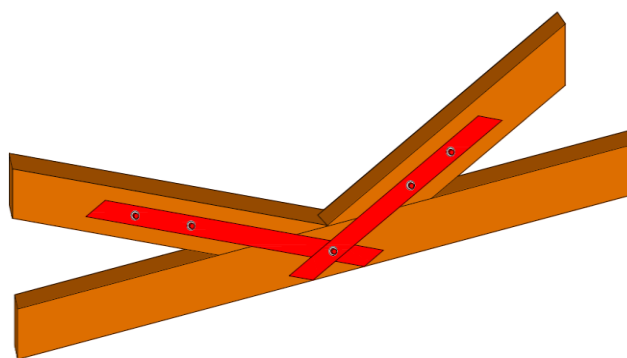
Figura 31 – Tesoura com lanternim

2.3.4.3.2 Elementos de conexões

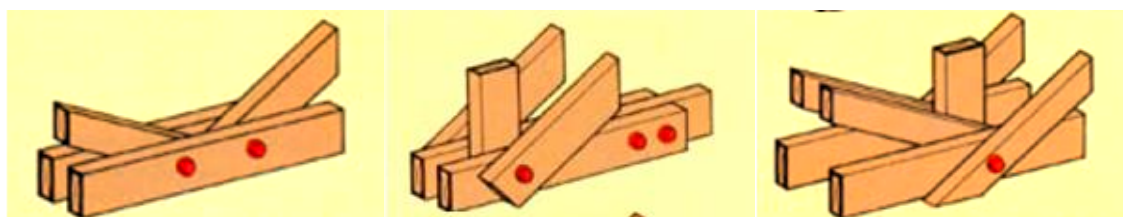
As treliças, por serem conjuntos de barras curtas, têm como característica a existência de várias ligações e emendas. As ligações merecem um tratamento especial. Várias são as formas de ligações. Uma delas é a possibilidade de utilização de placas metálicas inseridas entre as peças de madeira, como mostrado na Figura 32a. Podem ser usadas em madeiras serradas, madeiras maciças ou laminadas.



a) Chapas internas



b) Chapas externas



c) Parafusos ou cavilhas

Figura 32 – Algumas formas de ligações em treliças
Fonte: Architectural Timber Trusses – Manual de Madeira (2005)

As tesouras também podem ser conectadas através de parafusos ou cavilhas, solução menos atraente em relação ao espaço paralelo existente entre seus membros (Figura 32b). Uma vantagem estrutural é que esses são colocados na união dos nós, o que aumenta efetivamente a capacidade da junção, podendo melhorar ainda mais a eficiência do elemento estrutural. A utilização de duas peças parafusadas é mais comum com madeiras serradas e o espaçamento entre elas permite que seja embutida a iluminação, instalações elétricas, instalações de proteção contra incêndio, entre outros.

As chapas de aço parafusadas lateralmente podem ser utilizadas em estruturas com carregamento maior. A transferência das cargas é feita através do encaixe das placas estreitas que reduz consideravelmente a ação das cargas perpendiculares (Figura 32c). As chapas podem ser produzidas por soldagem ou simplesmente cortadas. Os furos dos parafusos são, geralmente, um mm maiores. Todos os metais devem ser tratados quanto à corrosão.

Quando os elementos da tesoura formam um ângulo estrutural muito agudo, os espaçamentos mínimos entre os parafusos podem exigir comprimentos maiores, podendo provocar efeitos secundários que prejudicam o conjunto, impossibilitando as rotações. As

cargas perpendiculares são aumentadas e, neste caso, é necessário que os nós sejam articulados.

Se as treliças não forem submetidas a forças significativas de inversão como a ação do vento, alguns elementos podem ser substituídos por barras ou cabos de aço. Estes materiais dão a sensação de leveza (e “abertura”) estrutural.

Já os encaixes da carpintaria tradicional devem envolver um profundo conhecimento e habilidades de carpintaria (Figura 33). São utilizadas “cintas” de aço para fazer a amarração da estrutura. As madeiras são “recortadas” para que as peças sejam encaixadas. Grande parte dos encaixes são reforçados com parafusos ou chapas de aço. São procedimentos tradicionais que na maioria dos casos são impróprios, como os indicados na Figura 33. Poderiam ser melhorados pela elaboração de detalhes de projetos sob uma visão mais técnica. Em geral, envolvem peças metálicas na forma de braçadeiras (Figura 33a e b), ou chapas inclinadas entre si, Figura 33c.

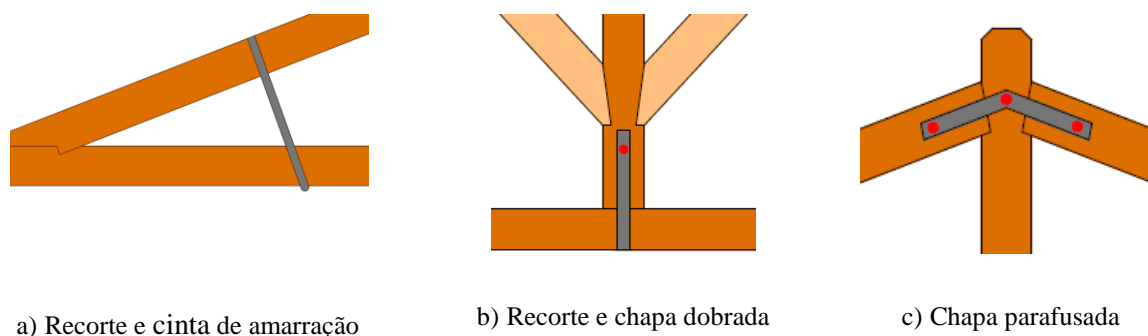


Figura 33 – Encaixes tradicionais das tesouras de madeira executados por carpinteiros

A construção de estruturas de madeira exige, portanto, um profundo conhecimento de profissionais e deve ser construída de forma a preservarem suas propriedades e características. Torna-se fundamental também a escolha do material, atendendo às normas de projeto e respeitando suas origens.

2.4 O USO DA MADEIRA LEGAL

2.4.1 Certificação florestal e políticas de compras

Grande parte da madeira utilizada na construção civil não possui origem identificada. Existem certificações em relação à política de compras do material, mas, na maioria das

vezes esta não é uma preocupação recorrente. Em Uberlândia-MG a realidade não é muito diferente.

A escolha correta de materiais para utilização na construção civil, para diminuir custos e consumo energético, deveria obedecer a princípios de redução, reutilização e reciclagem (RRR). Como material construtivo, a madeira possui excelentes características, tais como:

- baixo consumo de energia para seu processamento;
- bom isolamento térmico e acústico;
- boa resistência à tração e compressão em relação ao concreto;
- baixa densidade;
- sequestra CO₂ e produz O₂ na atmosfera;
- boa trabalhabilidade, reutilização e reciclagem, dentre outras.

Por possuir tais propriedades vinculadas a estes princípios, a madeira tornou-se material de extrema importância na construção civil. Seu uso está presente em praticamente todas as etapas construtivas, mesmo para estruturas feitas por outros materiais. Nas de concreto aparecem como elemento básico e fundamental nas fôrmas de vigas e pilares, ou mesmo na utilização do próprio material com função estrutural, em fechamentos, esquadrias e como material de acabamento em pisos, forro e mobiliário.

De acordo com Duarte et al (2006), o crescimento, a extração e o desdobro de árvores envolvem baixo consumo de energia, e não provocam prejuízo ao meio ambiente, desde que providenciada a respectiva reposição. Ainda de acordo com os autores, outros materiais estruturais, como o aço e o concreto armado, são produzidos por processos altamente poluentes, antecedidos por agressões ambientais consideráveis para a obtenção de matéria-prima. Estes processos requerem alto consumo energético e a matéria-prima retirada da natureza que jamais será reposta. Com a madeira verifica-se o contrário: ela se renova mesmo sob rigorosas condições climáticas.

O que acontece, porém, é que a utilização da madeira, ainda hoje, sofre preconceitos devido à forma como ela é extraída. Erroneamente, a sociedade e interessados nesta questão colocam a madeira como a grande vilã. Na realidade o desmatamento não é consequência da utilização da madeira, mas fruto da exploração das áreas para fins

agropecuários. A pecuária na Amazônia responde por algo próximo a 44% das emissões de gases estufa do Brasil. O dado da Imazon (Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia) projeta que o desmatamento representa 55% das emissões brasileiras (REVISTA REFERÊNCIA, 2009. p.78). Conseqüentemente este material acaba sendo aproveitado, clandestinamente, fruto de ilegalidade, pois desmatar sem licença legal é crime.

Os cortes rasos da floresta para fins agropecuários são seguidos de queimadas, o que aumenta o prejuízo ambiental. Não é porque se utiliza a madeira que se desmata. Desmata-se, principalmente, para aproveitar o solo e a madeira que se utiliza é um produto secundário deste processo. Não usar a madeira do desmatamento é mais daninho que deixá-la para ser queimada, pois se devolve o CO₂ à natureza.

De acordo com a ONU, a madeira usada na construção civil não é o principal motivo do desmatamento das florestas do mundo. As queimadas são efetuadas para transformação de terreno em terras aráveis, mineração e outros fatores (JORNAL CORREIO, 2010). É fundamental entender que não é o uso da madeira que causa desmatamento, mas sim o desmatamento com fins específicos é que disponibiliza a madeira no mercado. Caso o desmatamento acontecesse devido à necessidade do produto madeira, isto seria positivo, pois, se após a retirada das árvores da floresta a terra fosse abandonada, a floresta se recomporia em pouco tempo, naturalmente. Haveria um ciclo e a renovação do material aconteceria apropriadamente; seria um processo de sustentabilidade.

A exploração ilegal da madeira em florestas tropicais não é um problema exclusivo do Brasil, mas também de regiões como sudeste asiático, África Central, América do Sul e Rússia, de acordo com dados da Rede Global de Floresta e Comércio e do World Wide Fund For Nature (WWF). Calcula-se que metade da exploração de madeira nestes países seja de origem ilegal e no Brasil, esta taxa varia entre 43% a 80%, como pode ser visto no Manual Seja Legal (2009), reproduzido na Tabela 1.

Tabela 1 - Estimativas de dimensão de exploração ilegal em madeira

País	Estimativa	Fonte
América Latina		
Brasil	43% da produção 59% da produção 80% da produção	Lentini et al, 2005 Greenpeace, 2005 —
Bolívia	80% da produção	OECD, 2007
Colômbia	42% da produção	OECD, 2007
Honduras	75% a 85% da produção	OECD, 2007
Nicarágua	40% a 45% da produção	OECD, 2007
Costa Rica	25% da produção	OECD, 2007
Europa		
Rússia	20% a 60% da produção	IUCN, 2005 (8)
Estônia	50% da produção	Estonian Green Movement, 2004 (2)
África		
Gana	50% da produção	The Forest Commission of Ghana, 2003 (10)
Camarões	30% da produção	World Bank – WWF Alliance, 2002 (9)
Libéria	100% da produção	National Transitional Government of Liberia (NTGL), 2005 (11)
Ásia		
Indonésia	80% da produção 83% da produção	House of Commons Environmental Audit Committee (UK), 2006 (13) CIFOR, 2004 (14)
China	50% da produção	USDA Foreign Agricultural Service, 2005 (12)

Fonte: Manual Seja Legal (2009).

Agir ilegalmente significa agir em desacordo com as leis nacionais e locais, no que diz respeito ao corte, transporte, processamento, compra e venda da madeira. A madeira ilegal está diretamente associada aos desmatamentos, às queimadas e ao desrespeito às leis florestais. Os desmatamentos e as queimadas contribuem para o avanço das mudanças climáticas no mundo. No Brasil, de acordo com pesquisas do WWF (www.wwf.org.br/clima), 75% das emissões de CO₂ são provenientes de desmatamento e queima das florestas.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) realiza um levantamento rápido mensal denominado DETER. É um sistema de suporte à fiscalização onde são detectadas áreas de corte raso da madeira e áreas em processo de desmatamento por degradação ambiental. Porém, deve ser utilizado apenas como indicador de tendências do desmatamento anual. Os dados referentes ao período de outubro de 2008 a setembro de 2009 mostraram que houve uma indicação de 3.929 km² de alertas de desmatamentos neste período, Figura 34. Fazendo um comparativo para imaginar a dimensão da área devastada,

observa-se que a cidade de Uberlândia, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possui uma área territorial oficial de 4.115,822 km². De acordo com Dias, Almeida e Dornelas (2010), isto significa que, considerando toda a extensão de Uberlândia coberta por árvores, em um ano 95,46% do município seria devastado.

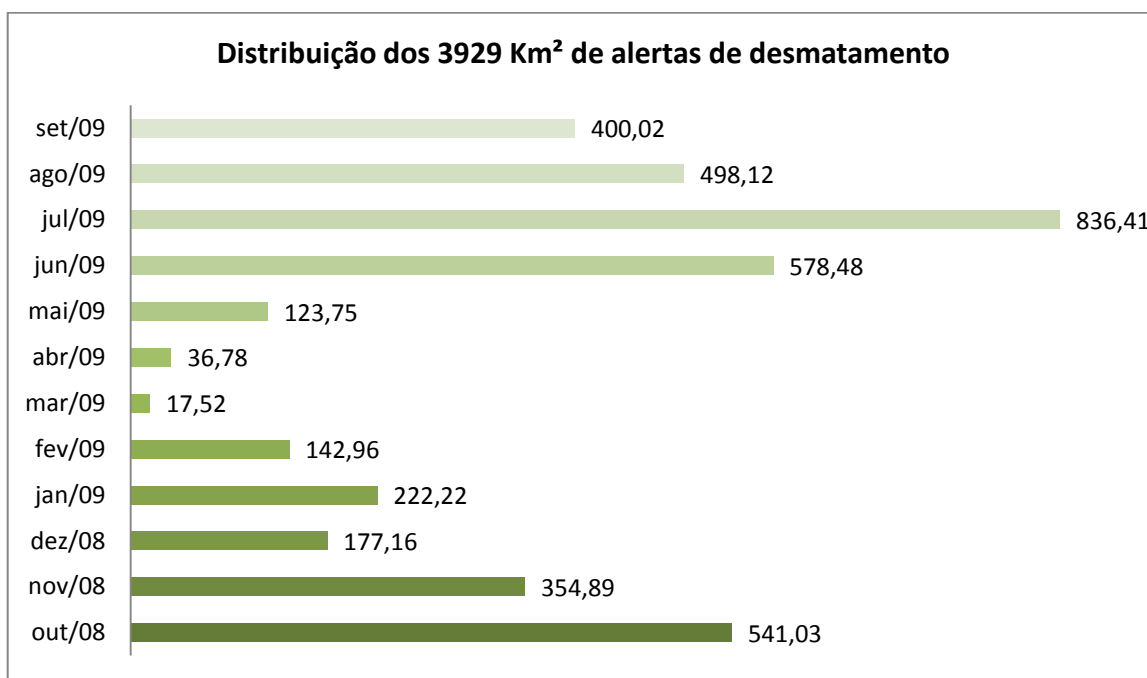


Figura 34 - Alertas de desmatamento no período out/2008-set/2009
Fonte: INPE (2009).

De acordo com Santos (2009, p.2), a expansão do desflorestamento tropical, nas últimas décadas, tem levado cientistas, autoridades econômicas, políticos e o público em geral a se preocuparem com os efeitos perversos que tal degradação ambiental causa, tais como mudanças climáticas, perda de biodiversidade, redução do suprimento de madeira, enchentes, degradação do solo, entre outros.

Segundo o INPE, 2009, a taxa estimada de desflorestamento do período de agosto de 2008 a agosto de 2009, foi 7008 km², ou seja, 1,7 vezes a área do município de Uberlândia. Isto significa uma elevada emissão do índice de CO₂ na atmosfera e, conseqüentemente, elevadas alterações na temperatura do planeta com impactos negativos sobre o meio ambiente.

Além disto, as práticas de extração da madeira ilegal resultam em problemas como a ocupação de novas áreas de preservação e, conseqüentemente, a devastação das mesmas; a desmotivação dos gestores comprometidos com as boas práticas pela concorrência desleal;

o alto índice de acidentes de trabalho, em função da ilegalidade das normas trabalhistas e, portanto, falta de fiscalização; e a perda da biodiversidade.

A Resolução nº 406 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 2 de fevereiro de 2009 é apresentada de forma a regulamentar os procedimentos e critérios para elaboração e implantação do manejo florestal sustentável das florestas (PMFS) no Bioma Amazônia. Esta estabelece parâmetros para a elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica dos PMFS, classificando os métodos de extração da madeira, a intensidade dos cortes, o volume mínimo por corte, o diâmetro mínimo de corte, o aproveitamento dos resíduos e fixa normas e relatórios que sirvam de orientação à prática sustentável da atividade.

No Brasil a extração de madeira é realizada de duas formas: através do manejo florestal, que segue parâmetros de controle da mata nativa; ou através da conversão de áreas de florestas em outros usos do solo, como agricultura e pecuária, sendo esta, por meio de desmatamento. Porém, este desmatamento deverá ser autorizado pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) ou demais órgãos ambientais atuantes, somente sendo aceito mediante inventário florestal amostral, definido pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). A exploração extrativista é prejudicial à floresta considerando a exploração de espécies com alto valor de mercado, sem a existência dos projetos de manejo.

De acordo com Zenid (2009, p.18), a madeira deve possuir, quando utilizada na construção, projetos e especificações com caracterizações detalhadas das peças para reduzir os desperdícios. Além disto, deve ser adquirida por empresas que comprovem seu PMFS ou Certificação Florestal. Esta última atesta o manejo das florestas de acordo com regras pré-definidas entre diversos setores da sociedade, sendo monitoradas a cada ano, de maneira a obter desempenho superior. Dentre estas, destacam-se o CERFLOR, que é o Sistema de Certificação Florestal Brasileiro do INMETRO, o FSC – Forest Stewardship Council (Conselho de Manejo Florestal) e o SIM (Sistema de Implementação e Verificação Modular), que é um programa oferecido por uma organização não governamental (WWF-Brasil) cujo objetivo é orientar empresas a possuírem um controle sobre a madeira que consomem e determinar sua origem.

Além disto, a orientação é que se utilizem madeiras de espécies menos tradicionais, porém com as mesmas características daquelas mais utilizadas. A pesquisa a estas alternativas pode ser realizada no manual *Madeira: uso sustentável na construção civil (2003)*. Isto irá agregar valor às espécies menos conhecidas.

Visando a legalidade do setor, o WWF Internacional produziu um manual caracterizado “Seja Legal – Boas práticas para manter a madeira ilegal fora de seus negócios”, descrevendo o problema da ilegalidade, os desafios para o desenvolvimento de políticas mais claras, o risco da comercialização da madeira ilegal e algumas ferramentas para facilitar o entendimento e aplicação nas empresas. Dentre estas ferramentas, o manual apresenta um questionário modelo para avaliação do grau de confiabilidade dos fornecedores de madeira e as políticas de compra de empresas e do governo.

2.4.2 A realidade em Uberlândia

Uberlândia é uma cidade com uma estimativa populacional elevada, em torno de 603 mil habitantes, de acordo com dados levantados pelo IBGE em 2010. O setor da construção civil tem-se mostrado aquecido na cidade, de acordo com levantamentos fornecidos pela Prefeitura Municipal de Uberlândia e apresentados no Jornal Correio de jun./2009. Prova disto são as emissões das restrições urbanísticas na cidade, fortes indicadores do crescimento do setor, que aumentaram em torno de 43% de abril a maio de 2010 e 41,79% em relação a maio do ano anterior.

Em 2010 foi desenvolvida uma pesquisa por Dias, Almeida e Dornelas (2010) em que foi realizado um levantamento nas empresas de Uberlândia-MG que possuem atividades relacionadas à madeira, referente à produção e comercialização do material, principalmente para fins da construção civil. O objetivo foi visualizar a atual situação das políticas de compra de madeira na cidade. A principal ferramenta de análise do trabalho foi a aplicação de um questionário modelo, como instrumento de conhecimento e diagnóstico das ações destas empresas do setor, visando ao manejo florestal responsável e garantia da origem legal e sustentada do material.

Os dados foram extraídos dos questionários respondidos pelas empresas e filtrados para determinação das principais questões a serem consideradas no setor. Os resultados mostraram que a maior parte das empresas pesquisadas na cidade não possui uma política

formal de compras da madeira legal e aquelas que afirmam possuir não apresentaram comprovação documental.

Além disto, mesmo as empresas que participam de programas de certificações de qualidade e rastreamento (ISO, PBQP-H), encontram dificuldades em se adequarem às políticas de sustentabilidade do setor. Seus gestores afirmam que, como as irregularidades começam desde a extração da madeira, torna-se complicado identificar os produtos legais. A maior parte das empresas desconhece a origem das madeiras e o tipo de propriedade de onde são extraídas. Na matriz de avaliação de risco dos resultados a cidade apresentou um valor entre 9 e 10 pontos, ou seja, um alto risco de compra de madeira ilegal em Uberlândia-MG.

2.4.3 Considerações gerais

Em função de todos os estudos apresentados referentes à madeira como um elemento arquitetônico, estrutural e produzido naturalmente, verifica-se que sua aplicação é ampla e muito influenciada por aspectos regionais. Visando o entendimento da utilização da madeira aparente em coberturas na cidade de Uberlândia o trabalho apresenta a seguir a metodologia aplicada no desenvolvimento desta dissertação.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

3.1 GENERALIDADES

Conforme observado na revisão, existe uma enorme possibilidade de utilização da madeira, principalmente quando empregada de maneira aparente em construções. Uberlândia/MG é uma cidade que tem adotado o material, principalmente em construções comerciais, sem uma padronização. Para atingir os objetivos definidos na Seção 1.2 do capítulo 1, o trabalho baseou-se em um levantamento das obras que fazem uso do material, especialmente nas estruturas de cobertura, seguindo os procedimentos descritos a seguir.

A primeira parte do trabalho foi a pesquisa bibliográfica, de onde foram extraídos conceitos e informações a respeito do tema proposto. Esta etapa embasou a elaboração do projeto de pesquisa e posteriormente o emprego da teoria em todo o trabalho escrito, fornecendo dados para o desenvolvimento da etapa seguinte.

A segunda etapa constituiu na pesquisa de campo. Esta pesquisa foi realizada em estabelecimentos compatíveis com o objeto de estudo do trabalho, ou seja, que possuem estruturas de madeira na cobertura em Uberlândia-MG. É importante mostrar que neste trabalho específico, as estruturas foram coletadas não no sentido de esgotar todas as construções da cidade, o que seria quase impossível, mas de conseguir anotar a maior quantidade possível destas estruturas de cobertura aparente, dentro do prazo previsto para a execução do trabalho, e discutir como estas estruturas são utilizadas na cidade. Desta forma não houve preocupação em obter informações sobre uma amostra estatística definida, mas sim, ter um universo mais amplo possível das obras que empregam a madeira. Percebe-se que há um tipo, quase padronizado, de coberturas empregando

sistemas treliçados com telhas cerâmicas. Por isto, não foi objetivo listar e comentar todas as construções nesta categoria.

Para se obter o maior número de informações, foram acionados os órgãos responsáveis no município, ou seja, a Prefeitura Municipal e o CREA-MG, no sentido de reunir dados técnicos sobre as construções e projetos em madeira na cidade de Uberlândia-MG.

A última etapa foi a análise das construções, seguida das considerações pertinentes.

3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Após a reunião de informações e observações das estruturas construídas usando madeira, foram registradas 22 construções na cidade de Uberlândia. Todas elas foram escolhidas por fazerem parte de um grupo de construções com estruturas de madeira visíveis, bem como pela importância e diversidade dos arranjos estruturais e seus problemas aparentes, onde na maioria dos casos revelou a falta de projeto estrutural. Foram nominadas pela categoria de utilização ou pela designação específica para os casos onde a sua identificação é permitida. São elas:

1. Bar e Restaurante 1
2. Bar e Restaurante 2
3. Bar e Restaurante 3
4. Bar e Restaurante 4
5. Concessionária de automóveis
6. Cobertura para estacionamento 1
7. Cobertura para estacionamento 2
8. Cobertura para estacionamento 3
9. Espaço Cultural e Esportivo
10. Galpão em arco
11. Galpão de oficina mecânica
12. Igreja Espírito Santo do Cerrado
13. Parque Siquierolli
14. Pátio de um colégio
15. Residência com estrutura de eucalipto
16. Residência tipo chalé

17. Salão de festas
18. Sede de empresa 1
19. Sede de empresa 2
20. Casos gerais

3.3 PROCEDIMENTO TÉCNICO

O instrumento de coleta de dados foi um inventário de identificação, desenvolvido para coletar informações pertinentes às construções, como datas, área, projetistas, intervenções, entre outras. Outro instrumento foi a realização de entrevistas com os proprietários, responsáveis ou construtores. Através destas, as fichas de inventário foram preenchidas para a análise das propriedades.

Além das entrevistas e fichas, foram feitas fotografias e realizadas medições nos locais, com o uso de uma trena a laser, para que fossem levantadas as dimensões das estruturas em madeiras, para permitir elaborar croquis esquemáticos, posteriormente analisados. Com as informações coletadas, o desenvolvimento do trabalho consistiu na construção de uma tabela de dados (Apêndice A) das construções e, posteriormente na análise e discussão destas propriedades e seu estado atual.

Alguns casos foram avaliados com maior detalhamento do ponto de vista estrutural. São eles o Bar e Restaurante 4, Espaço Cultural e Esportivo e Igreja Espírito Santo do Cerrado. Estas estruturas foram analisadas com o software Gestrut (2010) para verificação das condições reais. A primeira foi escolhida por ser um estabelecimento comercial com grande fluxo de pessoas com uma história pregressa de substituição de estrutura, ou seja, foi possível avaliar a antiga e a atual estrutura. A segunda foi analisada em função de ser um espaço público, também com grande fluxo de pessoas diário, mas que possui um arranjo estrutural simples e diferenciado, construída sem o rigor do cálculo estrutural. Finalmente o caso de uma igreja, por ser um Patrimônio do Estado e ter sofrido problemas estruturais antes da sua restauração.

As estruturas foram analisadas como sistemas reticulados tridimensionais, usando o programa computacional chamado Gestrut (2010), onde a estrutura é identificada por nós e barras. Procurou-se reproduzir, ao máximo, as condições de vinculações e carregamentos. Foram feitas as verificações de esforços nas barras e os deslocamentos nodais usados na análise, seguindo os procedimentos de verificação indicados na ABNT NBR 7190:1997.

CAPÍTULO 4

ANÁLISE E DISCUSSÕES

4.1 CONTEÚDO

Conforme descrito nos procedimentos metodológicos e técnicos apresentados no capítulo 3, são explicitados a seguir os resultados dos documentos solicitados aos órgãos competentes na cidade, os levantamentos, análises e discussões de todos os estudos de caso, bem como os resultados das três construções calculadas em detalhes.

4.2 DOCUMENTOS DE INSTITUIÇÕES

As instituições responsáveis pelo controle de desenvolvimento e execução de projetos na cidade são o CREA-MG e a Prefeitura Municipal.

Na Prefeitura Municipal foram solicitadas à Secretaria de Planejamento Urbano, através de ofício protocolado, informações referentes à entrada de projetos estruturais que possuem estruturas em madeira. Além disto, foram solicitados dados referentes às datas, projetos e proprietários de algumas construções de difícil identificação. Em resposta ao ofício (Anexo A) a diretoria de Planejamento Urbano explicou que anterior ao ano de 1988, quando foi publicada a Lei Complementar nº 4796/88, não existia a obrigação de se apresentar projetos arquitetônicos ao município, tampouco estrutural. Posteriormente à lei, os processos apresentados até o ano de 1999 tiveram apenas seus documentos microfilmados, não existindo em suas pastas quaisquer projetos arquitetônicos ou estruturais. Além disto, a Diretora de Aprovação de Projetos explicou que ainda não existe no município uma lei que solicite a entrada de projetos estruturais no órgão. Apenas as construções de áreas superiores a 300 m² devem apresentar, para aprovação dos projetos, as ARTs do projeto arquitetônico e estrutural junto com o projeto arquitetônico, não havendo quaisquer discriminações nas mesmas referentes ao material utilizado. Sobre os endereços

específicos solicitados, a Secretaria apresentou o mapa de loteamento da construção indicada no item 14 da Seção 3.2, designada por “Pátio de um colégio”.

Em ofício enviado e protocolado ao CREA-MG foi solicitado um documento com o quantitativo de ARTs (anotação de responsabilidade técnica) de projetos estruturais que são anotados na cidade e um quantitativo daqueles projetos que discriminem construções em madeira ou estruturas de madeira. O objetivo de conseguir tais informações era realizar um comparativo da porcentagem de projetos estruturais em madeira que são devidamente calculados e executados dentro das normas em relação ao quantitativo de projetos estruturais executados em Uberlândia. Em resposta ao ofício, o encarregado da Inspeção de Uberlândia disse não haver estes dados armazenados na Inspeção local e encaminhou o ofício para solicitação do pedido na sede, em Belo Horizonte. Porém, ressaltou que provavelmente não obteríamos respostas, pois, a área de computação teria que fazer todo um levantamento minucioso de dados e a instituição não disponibilizava deste tempo. Até o encerramento desta dissertação não foi recebida nenhuma resposta formalizada.

Acredita-se que, de fato, é quase impossível obter informações de órgãos públicos a respeito de projetos de estruturas de madeira. Relatos de profissionais da área de concreto revelam que quando existem partes da obra com estruturas de madeira, estas são apenas indicadas como partes construídas em madeira. Não há exigência de projeto, indica-se apenas o espaço sobre o qual será construída a estrutura.

4.2.1 ESTUDO DE CASOS

Neste tópico são apresentados todos os estudos de caso, bem como a análise de cada construção. Cada situação é apresentada pelos seus detalhes e particularidades das estruturas.

4.2.1.1 Bar e Restaurante 1

O prédio foi construído em 2000 com a finalidade de abrigar um estabelecimento comercial do tipo bar noturno. A estrutura foi executada por um carpinteiro. Em 2003 a edificação foi comprada pelos proprietários atuais. De acordo com estes, não existem registros que comprovem a existência de cálculo estrutural da estrutura em madeira.

A estrutura é plana e sustenta uma cobertura formada por telhas cerâmicas. É composta por um conjunto de estruturas do tipo treliçado apoiadas em pilares circulares de eucalipto, Figura 35. As tesouras, de uma e duas águas, são feitas de peças serradas de madeira. São três tramos de 780 cm vencidos por três tesouras, sendo duas delas iguais e simétricas. O banzo inferior da estrutura do vão central está a 550 cm do piso, porém a cobertura chega a atingir o pé-direito de 700 cm na cumeeira. Os vãos laterais, simétricos, possuem pé-direito de 280 cm a 500 cm.

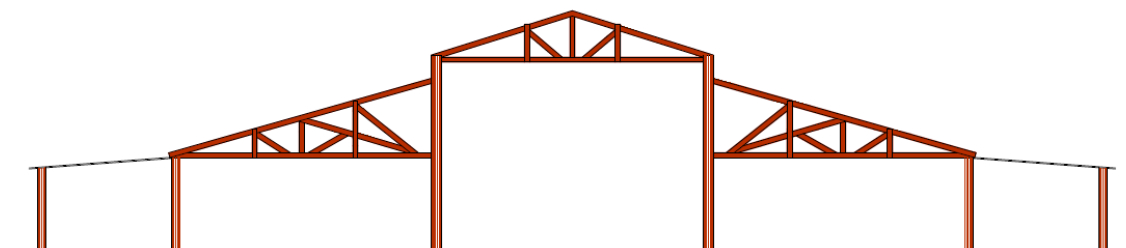


Figura 35 – Esquema estrutural do Bar e Restaurante 1

A Figura 37 e a Figura 38 ilustram as condições reais da estrutura. Não há contraventamentos laterais que garantam a estabilidade lateral do conjunto. As estruturas planas repetidas a cada 300 cm são interligadas lateralmente apenas pelas terças. Isto produz alguns deslocamentos laterais indesejáveis. Nota-se que as estruturas ao lado do vão central têm uma característica vista em construções deste tipo, ou seja, é formada por uma tesoura principal tendo o banzo superior prolongado até encontrar o pilar em um dos lados, garantindo assim a definição da inclinação do telhado.

Algumas ligações são parafusadas, utilizando-se de duas peças de madeira serrada e parafusos de aço – Figura 39. Também há ligações feitas com chapas de aço parafusadas, Figura 36, e outras empregam entalhes na madeira, como mostrado na Figura 40. Chama a atenção o fato de que as ligações parafusadas são feitas por apenas um parafuso, contrariando as recomendações normativas específicas para estruturas de madeira – ABNT NBR 7190:1997.

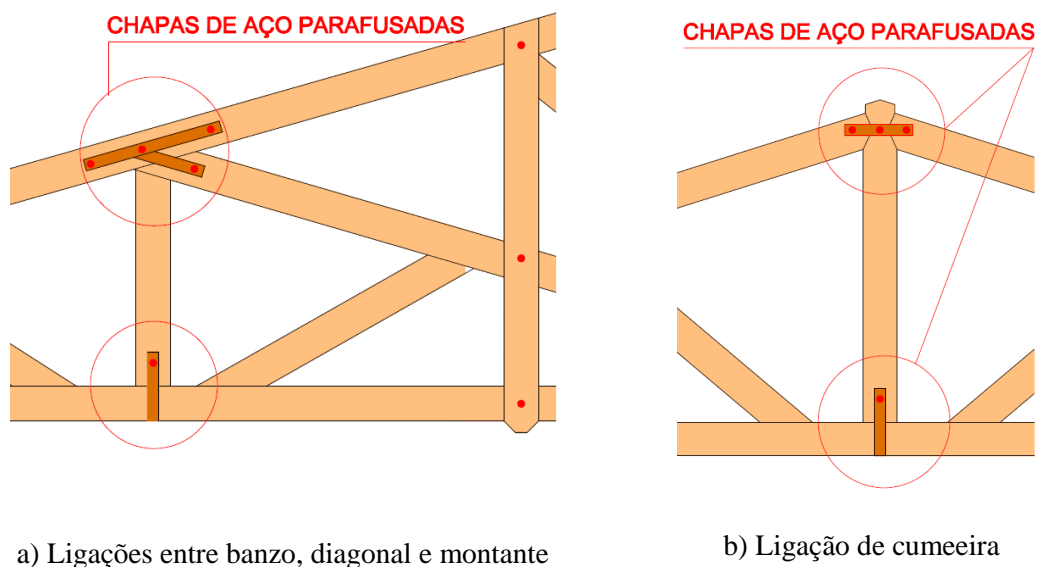


Figura 36 – Chapas de aço parafusada

O arranjo estrutural não corresponde à caracterização de uma treliça convencional. A estrutura central é formada por peças que não se encontram em um único ponto para formar o nó articulado. Isto poderia não representar um problema, desde que no cálculo assim fosse considerado, ou seja, peças deslocadas em relação aos nós. As estruturas laterais, Figura 38 e Figura 39, além dos pontos já destacados, apresentam uma distribuição não usual, não encontrada na literatura.



Figura 37 – Vista da treliça central



Figura 38 – Vista da treliça lateral

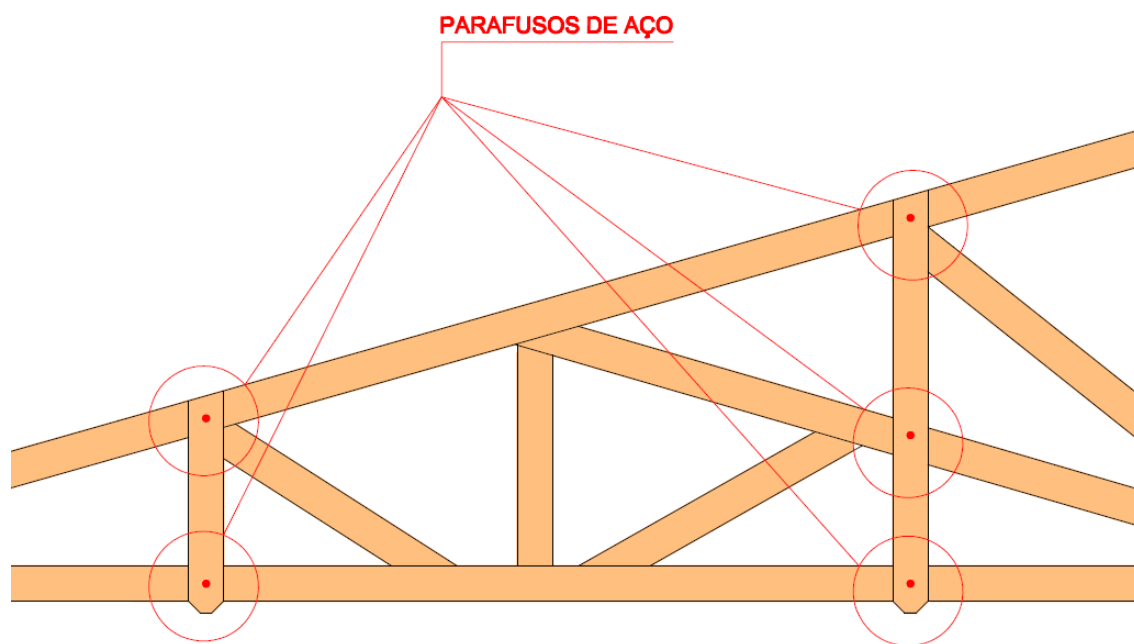


Figura 39 – Ligações com apenas um parafuso de aço

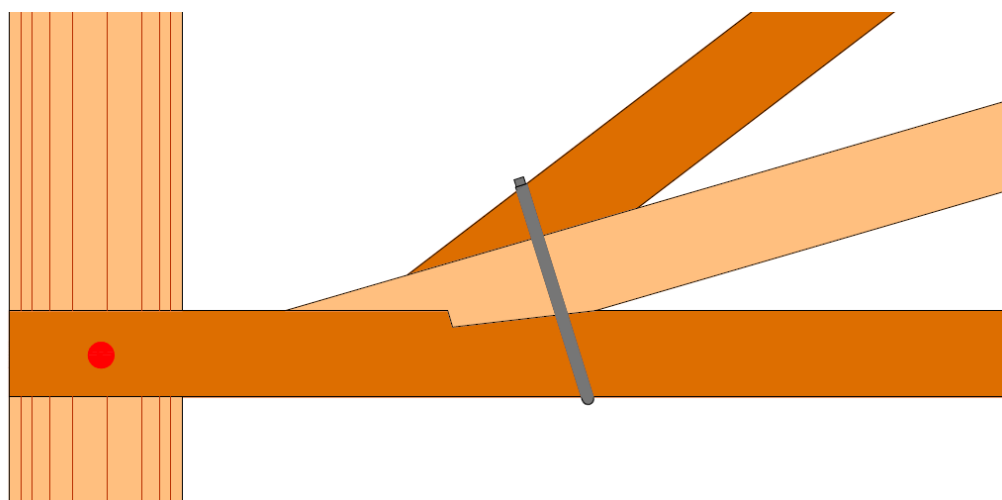


Figura 40 – Ligação por entalhe com reforço de abraçadeiras em aço das estruturas laterais

Em 2003 a estrutura sofreu um reforço com peças metálicas nas extremidades das tesouras (abraçadeiras) porque os proprietários preocuparam-se com sua estabilidade (Figura 40). Além disso, ganhou um anexo em eucalipto na lateral direita para resolver problemas de espaço (Figura 41). Atualmente, a estrutura aparenta bom estado de conservação, porém com alguns desalinhamentos da estrutura central.



Figura 41 – Vista do anexo acrescentado posteriormente

4.2.1.2 Bar e Restaurante 2

O estabelecimento foi construído em meados de 2004 com a mesma finalidade para o qual funciona atualmente. De acordo com o dono do local, o construtor não possuía recursos para finalizar a construção vendendo-a ao proprietário atual. Este finalizou a obra e

colocou o empreendimento em funcionamento. A configuração inicial está representada na Figura 42. A estrutura da cobertura é caracterizada por treliças de madeira serrada apoiadas em postes de eucalipto e coberta por telhas cerâmicas tipo plan. Cobre um vão de 10 m por um comprimento de 19,15 m.

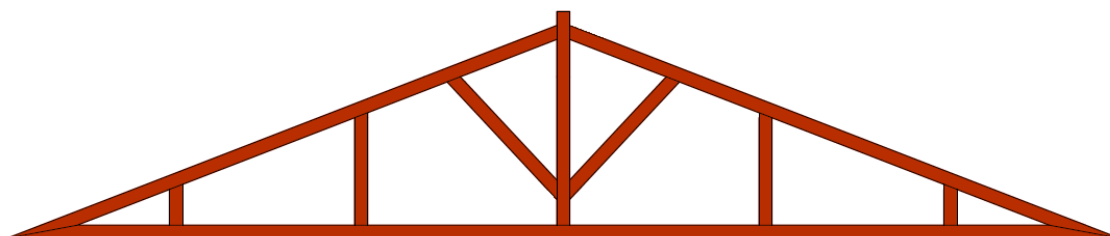


Figura 42 – Esquema estrutural construído

A configuração inicial tem o contorno triangular formando duas águas, porém a distribuição interna das barras não é convencional, ou seja, não possui diagonais em dois tramos, além de que os tramos centrais têm as diagonais ligando pontos intermediários do montante central ao banzo superior.

Entre 2005 e 2007, foi verificado um deslocamento excessivo no conjunto das estruturas atribuído à ação do vento. Preocupado com a situação o proprietário contatou um engenheiro para fazer uma verificação da estrutura. De acordo com o engenheiro o dimensionamento da estrutura não estava adequado. Então, foi realizado um recálculo das estruturas e verificou-se que o aumento de algumas diagonais e montantes ajudariam a solucionar o problema. Criou-se o sistema indicado na Figura 43 pela adição de diagonais e montantes.

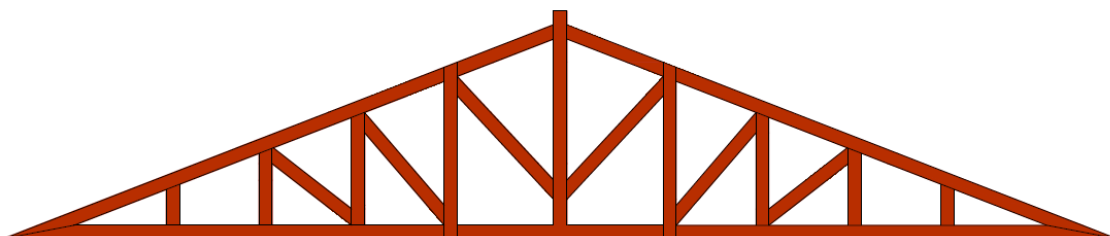


Figura 43 – Esquema estrutural recalculado

As tesouras foram aproveitadas, porém, de acordo com o engenheiro, as peças não foram montadas corretamente, como pode ser visto na Figura 44. As deformações da madeira são visíveis com flechas consideráveis e deformações transversais, Figura 45 e Figura 46. Além disto, após a inserção de um toldo na área externa, apoiado na estrutura, foi

necessário contraventá-la com tirantes indicados na Figura 45. Estes tirantes foram colocados de forma global, interligando pontos com problemas a pontos fixos das extremidades da edificação. Em outras palavras, não são contraventamentos entre as tesouras. Nas ligações foram utilizadas abraçadeiras de metal, Figura 47, e chapas de aço para junção das peças, resultando em emenda imprópria, que continua deficiente. Apresenta espaçamento considerável entre as junções dos banzos inferiores, Figura 48.



Figura 44 – Ligações inadequadas entre montantes, diagonais e banzos



Figura 45 – Contraventamento adicional para estabilização global da estrutura e detalhe da ligação da diagonal com banzo inferior



Figura 46 – Flechas aparentes nos banzos

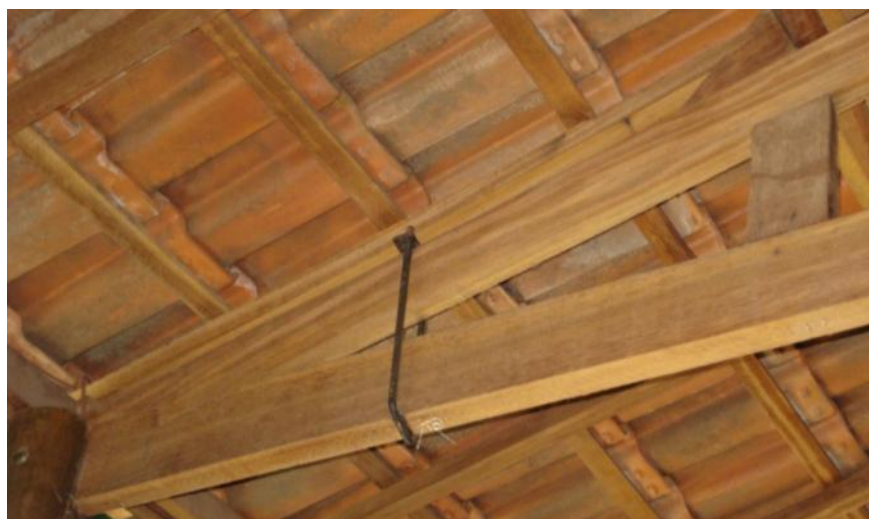


Figura 47 – Abraçadeiras de metal



Figura 48 – Ligação de peças com chapas: espaçamento grande entre as peças devido à tração

Em função do exposto, pode ser notado que as condições da estrutura são extremamente impróprias, onde o ponto principal é a falha de execução.

4.2.1.3 Bar e restaurante 3

É um estabelecimento comercial e foi construído em 2003 para funcionamento de uma pizzaria. De acordo com o diretor executivo, o prédio foi construído para trazer uma ambientação rústica e agradável para os clientes. O proprietário optou pela utilização da madeira, especificamente o eucalipto tratado, em função da sua execução rápida e limpa, da sustentabilidade do material e de conhecer estruturas extremamente belas com este material e que funcionam em ótimas condições.

A estrutura de aproximadamente 580 m² foi projetada por um escritório de engenharia e executada por uma empresa especializada em eucaliptos na cidade. É constituída por uma tesoura de madeira principal, indicada na Figura 49, com vãos de 15 m a 20 m de comprimento, 6,85 m de pé-direito e, peças de eucalipto com diâmetro médio de aproximadamente 25 cm. A cobertura é feita de telhas cerâmicas diretamente apoiadas em caibros sobre peças de eucalipto de diâmetros menores, formando as estruturas secundárias. A Figura 50 permite a visualização das peças envolvidas na transferência das solicitações das telhas para a estrutura principal. Também é possível observar a execução das ligações por meio de parafusos metálicos.

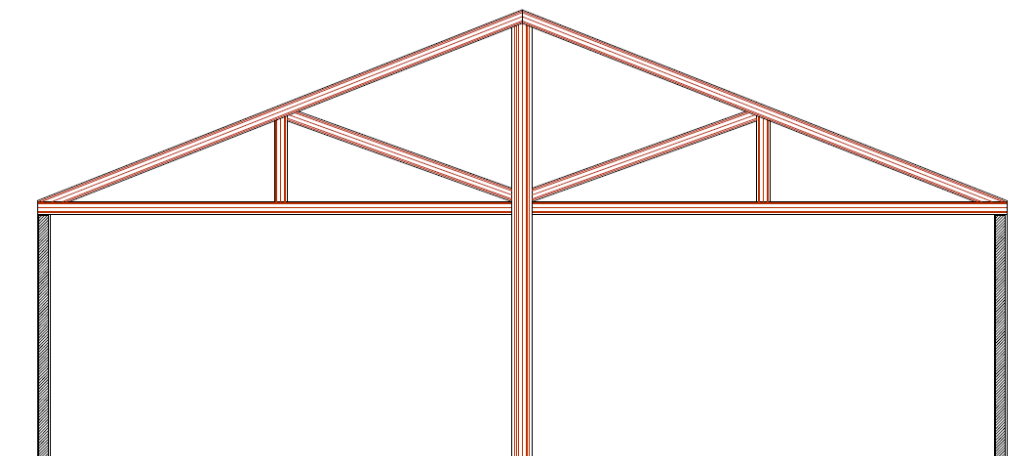


Figura 49 – Esquema estrutural estrutura do Bar e Restaurante 3



Figura 50 – Ligações parafusadas e detalhes do apoio das telhas

A estrutura sofreu uma única intervenção até o momento, que foi o acréscimo de cabos de aço para garantir a estabilidade do conjunto. Aparentemente ela funciona em perfeitas condições, apresentando apenas algumas patologias características do tipo de madeira – eucalipto –, como rachaduras.

A Figura 51 ilustra uma visão geral da construção que tem estruturas secundárias nos cantos da edificação como pode ser visto na Figura 52.



Figura 51 – Estrutura principal da construção



Figura 52 – Estrutura secundária

4.2.1.4 Bar e Restaurante 4

Esta estrutura localiza-se em um bairro periférico de Uberlândia e abriga um estabelecimento comercial do tipo lanchonete. A proposta original consistiu na construção de um espaço aberto com cobertura de duas águas formada por tesouras de madeira. A área retangular projetada da cobertura corresponde a aproximadamente 156 m^2 ($12 \text{ m} \times 13 \text{ m}$).

Esta estrutura foi acompanhada ao longo dos últimos quatro anos. Inicialmente foi construída usando o sistema de telhado em duas águas, formado por treliças. A construção

foi executada de forma empírica e resultou em sistema inusitado em termos de configuração geométrica, conforme mostrado na Figura 53.

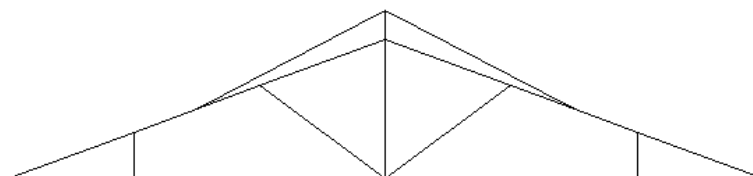


Figura 53 – Tesoura com duas inclinações do banzo superior

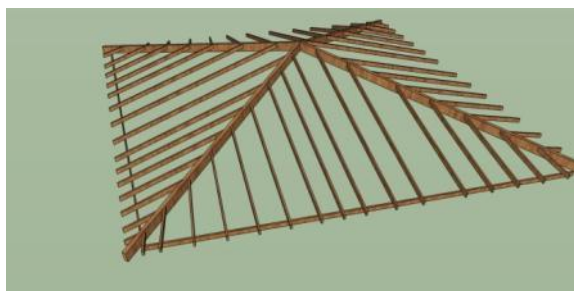
Em 2008 a cobertura foi substituída por outra estrutura aparente, novamente de madeira, formando um telhado de quatro águas (Figura 54). É importante ressaltar que, nas duas vezes a estrutura foi montada por um marceneiro, sem a existência de quaisquer projetos.

O novo sistema tem um arranjo estrutural onde predominam quatro planos caracterizados por um conjunto de vigas paralelas, constituindo em um reticulado próximo ao de uma placa.



Figura 54 – Perspectiva em maquete da lanchonete

De acordo com o proprietário, a estrutura é composta por pilares de Pau Brasil, quatro vigas principais de Cumaru, as vigas de fechamento em Angelim e as vigotas e ripas em Garapa. É uma cobertura em quatro águas, formada por vigas como mostrado nas Figura 55a, b, c e d.



a) Vista superior frontal



b) Vista superior lateral



c) Vista geral da edificação



d) Vista frontal da edificação

Figura 55 – Esquema estrutural da cobertura

A estrutura possui ligações com chapas metálicas parafusadas, pregos e entalhes na madeira. Atualmente apresenta boas condições de trabalho.

4.2.1.5 Concessionária de automóveis

A estrutura foi projetada em dezembro de 2006 para funcionamento de um estabelecimento comercial do tipo Bar/Lanchonete. O proprietário idealizou a estrutura e o engenheiro civil realizou o cálculo estrutural. Porém, o cálculo não contemplou o dimensionamento das peças de madeira, ficando, portanto, caracterizado pelas dimensões definidas no projeto arquitetônico.

A estrutura caracteriza-se por um conjunto simples do tipo pórtico, com pilares roliços de eucalipto apoiados em blocos de concreto. Chama atenção a configuração espacial do

telhado mostrado na Figura 56, onde também pode ser observado o uso de telhas cerâmicas para a cobertura.



Figura 56 – Vista do ponto mais alto da estrutura

É um conjunto formado por peças roliças de eucalipto como elementos principais, associados ao uso de peças serradas de madeira para suportar as telhas e distribuí-las à estrutura principal – Figura 57.



a) Fixação do pilar no solo



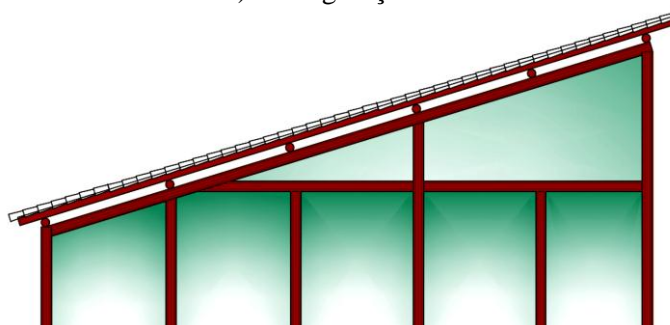
b) Vigas circulares e fixação das vigas serradas que recebem a cobertura

Figura 57 – Pilares apoiados sobre blocos de concreto e vigas de madeira serrada apoiadas sobre vigas circulares

Em 2009 o estabelecimento sofreu intervenção no layout e fechamentos para ser adaptado à mudança de uso. O local foi reformado para o funcionamento de uma concessionária de veículos e oficina, passando da configuração mostrada na Figura 58a para a situação indicada na Figura 58b. A estrutura de sustentação em madeira foi mantida.



a) Configuração inicial



b) Configuração após reforma

Figura 58 – Vista frontal da estrutura antes e depois das modificações

Foram necessários ajustes na estrutura durante a reforma devido ao aparecimento de patologias, como a presença de peças com deformações excessivas e ligações deficientes, onde foram empregadas peças auxiliares para apoios de parte da cobertura, como ilustrado na Figura 59a. Chama a atenção uma emenda de peça de beiral – elemento em balanço sujeito à flexão –, onde foi executada uma emenda com um pino vertical em superfície inclinada como mostrado na Figura 59b.

Apesar dos detalhes mostrados, a estrutura interna apresenta bom estado de conservação. Algumas peças foram tratadas e outras substituídas. Atualmente, o conjunto funciona em bom estado.



a) Elemento provisório de sustentação da viga de beiral



b) Detalhe de emenda em beiral

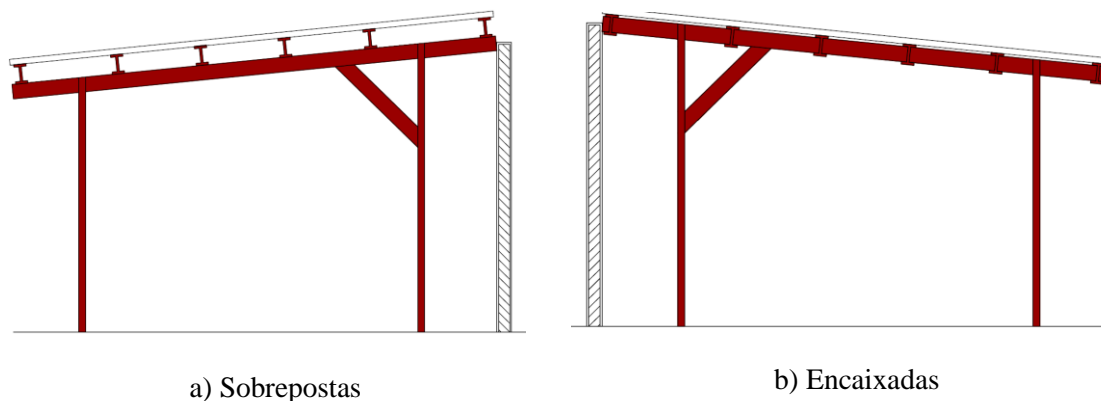
Figura 59 – Vista geral do telhado e emenda inadequada em beiral

4.2.1.6 Cobertura para estacionamento 1

O estacionamento foi construído em 1995 por uma construtora atuante na região na época. O proprietário já adquiriu o imóvel pronto e transformou-o em lava-jato. Parte da estrutura do fundo teve que ser derrubada em função das patologias ocasionadas na madeira pelo contato direto com a água.

Segundo o atual proprietário a estrutura foi construída em Angelim Vermelho. É sustentada por dois pilares de seção transversal $15\text{ cm} \times 7\text{ cm}$ intertravados por uma viga de mesma dimensão sobre as quais se apoiam vigas em seção “I” que sustentam as telhas de fibrocimento de 6 mm. O interessante deste sistema é o uso de vigas com seção transversal do tipo I, solidarizadas por pregos, algo não usual na região. Os pilares são distanciados de 4,5 m.

Nas extremidades da cobertura as vigas que sustentam as telhas são apoiadas sobre as vigas que formam um pórtico (Figura 60a) do lado direito do estacionamento, ou encaixadas nestas mesmas vigas através dos banzos inferiores e superiores (Figura 60b) no lado esquerdo do estacionamento.



a) Sobrepostas

b) Encaixadas

Figura 60 – Esquema estrutural do estacionamento

A estrutura local apresenta algumas patologias, como deformações nas vigas gerando flechas em praticamente todas elas (Figura 61). Além disto, algumas ligações entre peças não foram calculadas para garantir a estabilidade do conjunto. Há o caso da ligação entre pilar e mão francesa que é indevidamente ligada por apenas um prego como visto na Figura 62. É notório o descolamento entre as peças. Na Figura 63 pode ser visto o uso de arame como um suposto reforço para garantir o posicionamento das peças de madeira.



Figura 61 – Situação atual das vigas apresentando deformações excessivas



Figura 62 – Folga na ligação de partes da estrutura



Figura 63 – Suposto reforço de partes da viga com arame

Enfim, esta estrutura apresenta o uso de seção transversal composta, que é interessante como alternativa não usual, porém apresenta diversos defeitos de execução e manutenção que comprometem o seu funcionamento. Consequência da falta de projeto.

4.2.1.7 Cobertura para estacionamento 2

Esta cobertura foi construída em agosto de 2004. No local havia uma residência que ocupava dois terrenos e que foi demolida para a construção do estacionamento. O estacionamento ocupa uma área de 275,28 m² de terreno sendo 128,58 m² construídos, de acordo com o alvará de licença. A execução foi realizada por carpinteiro, sendo que não houve cálculo estrutural para o desenvolvimento da cobertura. Apesar de não ter sido calculada, torna-se uma estrutura interessante na medida em que faz uso de vãos livres, permitindo maior flexibilidade para manobras de veículos – Figura 64a –, diferentemente dos estacionamentos tradicionais – Figura 64b. Tirou-se vantagem do sistema em balanço, que também é interessante estruturalmente.



a) Estrutura em balanço



b) Estrutura convencional

Figura 64 – Estruturas de estacionamentos

A estrutura é caracterizada por uma viga em balanço fixada ao pilar e apoiada em uma escora (diagonal) – Figura 65. Ao todo são cinco estruturas de madeira compostas por pilares de seção transversal de 20 cm × 20 cm e vigotas de 7 cm × 17 cm e 7 cm × 14 cm, cobertas com telhas de fibrocimento.

Observa-se que há grande precariedade na execução da estrutura, com ligações mal executadas, por exemplo, a ligação entre banzo superior e diagonal – Figura 66a –, bem como a ligação entre o banzo superior e o pilar – Figura 66b. Esta ligação tracionada, que é bastante importante para o sistema, é feita com apenas um parafuso, contrariando as prescrições da ABNT NBR 7190:1997.

Apesar de não existir projeto, algumas ligações foram executadas corretamente, por exemplo, a ligação entre viga superior e a mão francesa, feita pelo encaixe da diagonal na viga superior, devido ao contato por compressão, Figura 65 e Figura 66.

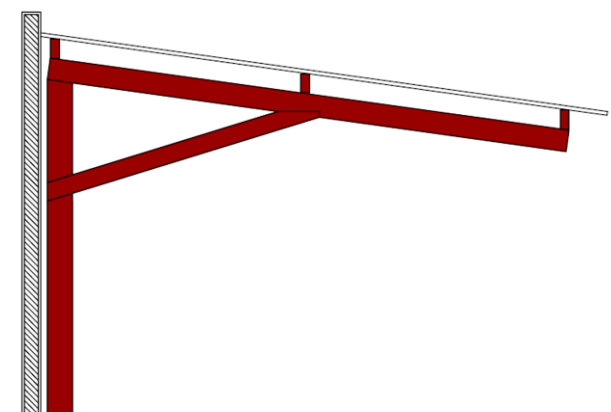


Figura 65 – Esquema estrutural do estacionamento



a) Ligação por entalhe



b) Ligação entre banzo e pilar

Figura 66 – Detalhe de ligações

A ligação entre a diagonal e o pilar, predominante solicitado por compressão, poderia ter sido feita por contato entre as peças com dispositivos de ligações para impedir eventual inversão de esforços pela ação do vento. No entanto, fez-se uma ligação por encaixe associada a pregos, que promoveu um significativo enfraquecimento da seção transversal do pilar, como pode ser visto na Figura 67.



Figura 67 – Entalhe desnecessário de parte importante da seção transversal do pilar para ligação

A estrutura não sofreu alterações ao longo de sua construção, apenas intervenções decorrentes de patologias. Algumas tentativas ineficientes de correções foram empregadas, tal como está ilustrado na Figura 68. Outras formas, como reforço com parafusos e chapas de aço são mostradas na Figura 69.



Figura 68 – Presença de agentes patológicos e reforço inadequado em ligação viga-pilar



Figura 69 – Reforço inadequado de madeira e chapas de aço amarradas

Pode ser observado que um dos pontos críticos é o pilar, sobre o qual recai toda a solicitação proveniente da cobertura. É possível notar a existência de deformação acentuada, além de fissuras consideráveis (Figura 70).



Figura 70 – Deformações e fissuras em pilar

Infelizmente, a estrutura que é interessante pelo seu arranjo, apresenta diversos defeitos provenientes da falta de projeto, execução e conservação.

4.2.1.8 Cobertura para estacionamento 3

De acordo com o atual proprietário, o local foi construído para funcionar como bar na década de 90. Assim foi durante 18 anos, até que o proprietário fechou o estabelecimento e o vendeu para transformá-lo em estacionamento. A estrutura foi mantida e as paredes derrubadas. A estrutura foi construída por um carpinteiro, tendo os pilares em Aroeira e vigotas e caibros em Angelim Vermelho. O esquema de distribuição de barras está mostrado na Figura 71. É uma tesoura não convencional que não pode ser considerada como treliça, mas como um pórtico de ligações rígidas e semirrígidas. As tesouras cobrem um vão de 9 m – largura – por 28 m de comprimento. Tem um esquema estrutural semelhante ao da estrutura discutida na Seção 4.2.1.2, Figura 42, pág. 61.

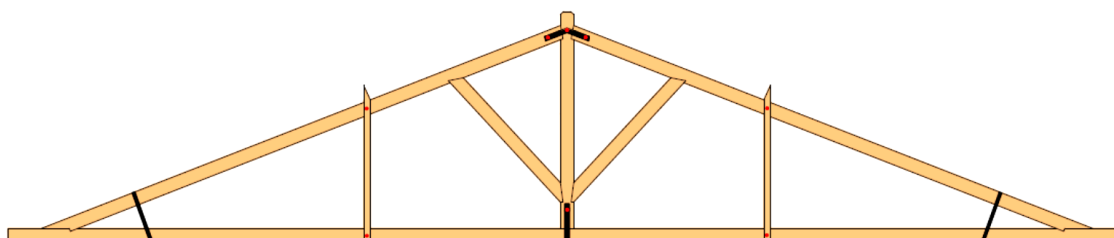


Figura 71 – Esquema estrutural do estacionamento

A cobertura é em telhas tipo “plan” de cerâmica mostrada na Figura 72. Possui estruturas auxiliares em uma das extremidades da edificação, o que caracteriza uma cobertura com três águas.



Figura 72 – Estrutura principal do estacionamento

A estrutura apresenta ligações clássicas formadas por encaixes das diagonais no montante central e chapas de aço parafusado nas ligações – Figura 73a. Os montantes intermediários são ligados aos banzos por parafusos, como mostrado na Figura 73b. O uso de braçadeiras de aço para ligar o montante central ao banzo inferior segue o padrão visto na maioria das estruturas de madeira do tipo treliçado, Figura 73c. A ligação de apoio, entre banzos, é feita por encaixe e uma abraçadeira metálica – cintas de amarração – que prendem os banzos entre si, Figura 73d.

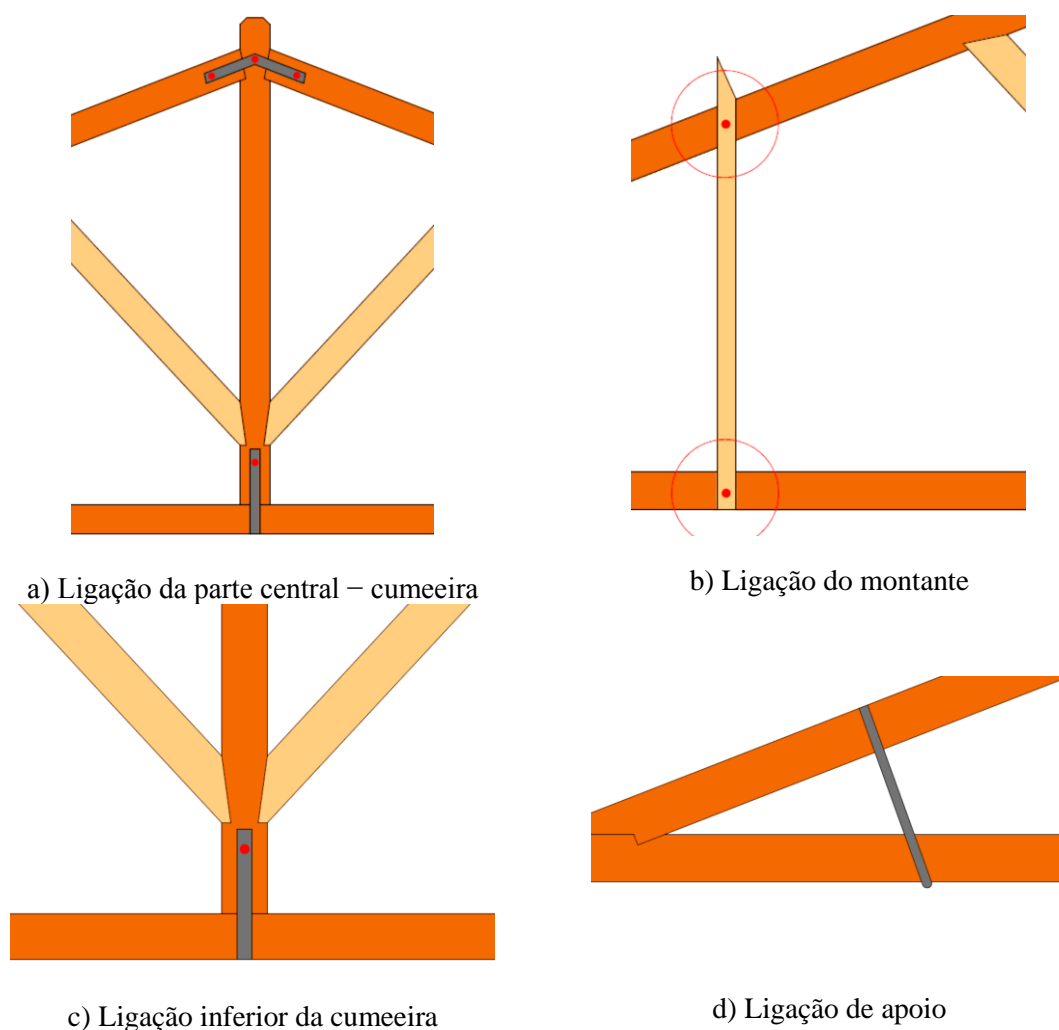


Figura 73 – Detalhe de ligações

Todas as ligações mostradas podem receber críticas quanto à sua concepção devido ao uso de chapas metálicas em ângulo (Figura 73a), ligação com apenas um pino (Figura 73b), montantes afastados do nó vinculado a uma braçadeira formando um sistema “pendular” (Figura 73c) e uso de encaixe em situação imprópria (Figura 73d). Este último caso representa uma patologia grave vista em muitas estruturas.

Para ilustrar esta patologia clássica tem-se a Figura 74, onde aparece uma fissura na parte superior do dente. Trata-se de uma cobertura que abriga um abrigo infantil, que exigiu intervenção, dada as condições precárias.



Figura 74 – Patologia clássica em nó entre banzo inferior e superior

Esta forma de ligação apresenta o inconveniente do descolamento da região do dente após a deformação da ligação, como ilustrado na Figura 75. Como consequência surge o tipo de fissura já comentada, uma vez que o ponto de referência em torno do qual ocorre o giro da ligação está na extremidade do banzo superior. Isto promove o afastamento entre os banzos, chegando ao extremo de se perder o contato entre as partes. Isto é amenizado pela existência de uma braçadeira, mostrada na Figura 74. No entanto, nem sempre é suficiente, como é o caso mostrado, quando esta ligação ocorre afastada da extremidade do banzo inferior, pelo efeito acentuado da flexão do banzo inferior. Para minorar o problema, sugere-se fazer o encaixe próximo à extremidade do banzo superior, como indicado na Figura 75c.

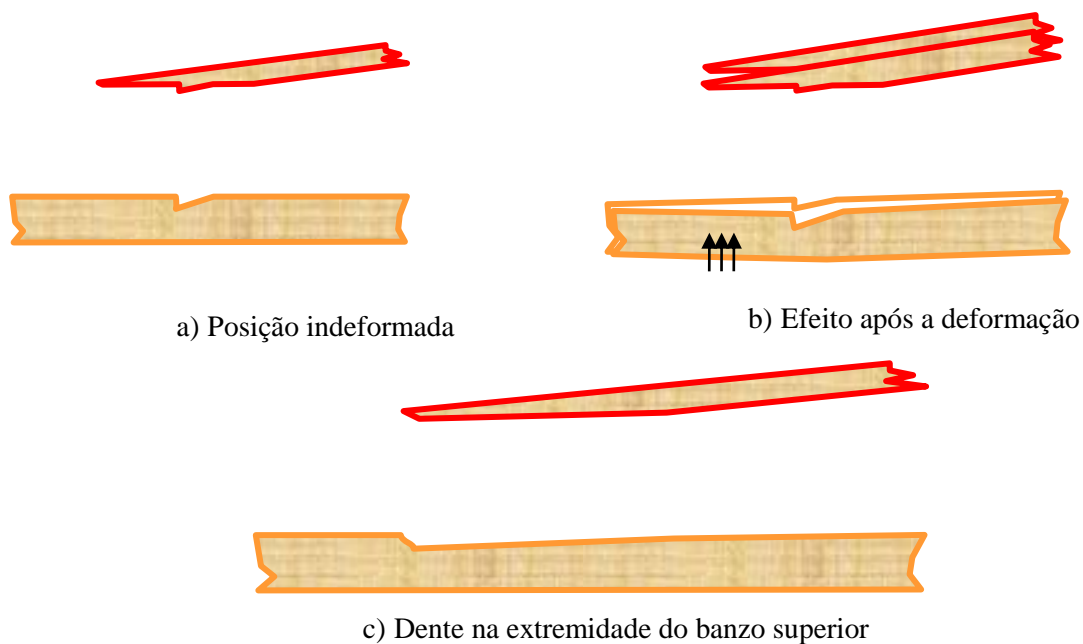


Figura 75 – Efeito indesejável do posicionamento do dente

Apesar das condições precárias e a falta de projeto, a estrutura designada por “Cobertura para estacionamento 3” aparenta bom estado de conservação, sem evidências de severos comprometimentos.

4.2.1.9 Espaço Cultural e Esportivo

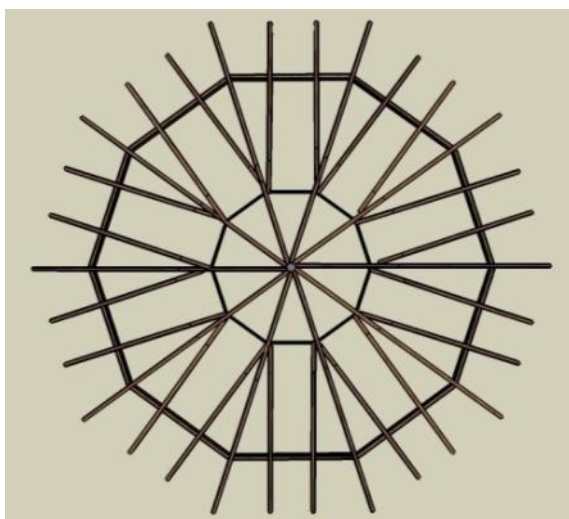
O Espaço Cultural e Esportivo foi construído e inaugurado em abril de 2008. É um espaço destinado aos frequentadores do parque e ao desenvolvimento de atividades esportivas e culturais (Figura 76).



Figura 76 – Espaço Cultural e de Lazer

O projeto foi solicitado por uma Secretaria Municipal a uma marcenaria da cidade de Uberlândia, responsável por outras obras públicas municipais, sendo que foram discutidos apenas verbalmente os detalhes da construção e rascunhado em croqui a idéia principal para desenvolvimento da estrutura. Não houve projeto estrutural.

A estrutura da cobertura foi construída em madeira Angelim sobre pilares na forma de postes de Eucalipto tratado, equidistantes de 4 metros. A área é constituída por dez pilares formando um decágono. A estrutura vence vãos de aproximadamente 17 metros de largura. A Figura 77 apresenta o esquema estrutural da estrutura.



a)



b)



c)



d)

Figura 77 – Vistas da maquete esquemática da estrutura do Espaço do Parque

A estrutura avaliada, embora não tenha sido calculada para execução, apresenta condições de utilização em termos estruturais, conforme mostra a Seção 4.2.2.2.

4.2.1.10 Galpão em arco

Esta edificação foi construída na década de 1950 para ser sede de uma concessionária de automóveis. Anos depois a construção foi vendida tendo funcionado com diversos outros usos. O galpão ficou fechado por alguns anos e atualmente está em reforma. Os arcos do tipo treliçado foram projetados e calculados por especialista em estruturas de madeira, atuante em Uberlândia na época. É um sistema misto de madeira e aço, onde as peças principais são de madeira e as diagonais e tirantes são de barras circulares metálicas. As estruturas são apoiadas em pilares de concreto por meio de um encaixe do arco em um tipo de console – Figura 78.

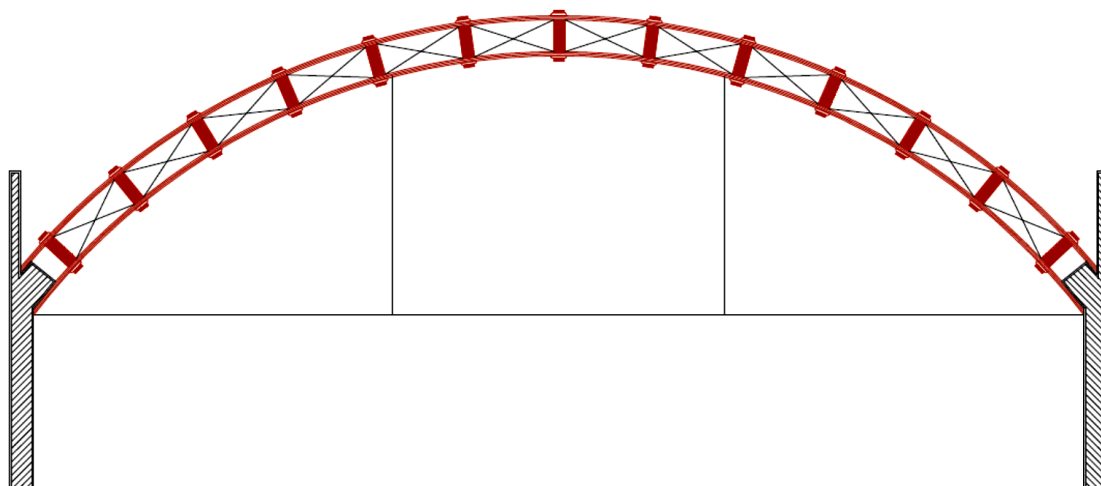


Figura 78 – Arco treliçado misto

Ao todo são seis arcos vencendo um vão de aproximadamente 20,85 m de comprimento (Figura 80) e distanciados entre si a cada 6,10 m. A altura do arco (seção transversal) é de 80 cm e sendo, aproximadamente, 4,35 m de altura do tirante ao ponto mais alto.

Os banzos são formados por três lâminas de madeira pregadas resultando em uma seção transversal de 20 cm × 8,5 cm, Figura 79. Os montantes são de madeira maciça encaixados nos banzos. As peças diagonais são de barras circulares metálicas formando um X.

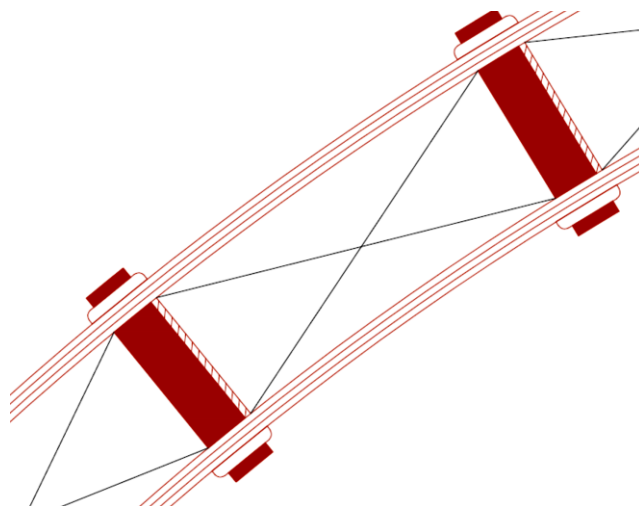


Figura 79 – Detalhe da estrutura em madeira laminada colada

Atualmente a estrutura apresenta algumas patologias, como peças com ligeiras perdas de estabilidade e com fissuras. Acredita-se que estas patologias são decorrentes de falta de manutenção, pois há relatos que indicam a existência de pontos onde a cobertura ficou destelhada durante o período em que não teve utilização. Portanto, é um efeito das intempéries. A estrutura está sendo recuperada com a substituição de peças danificadas e de telhas. O local, anteriormente um galpão, será reformado para construção de um centro comercial (Figura 81) e não mais ficará visível devido à colocação de forro.

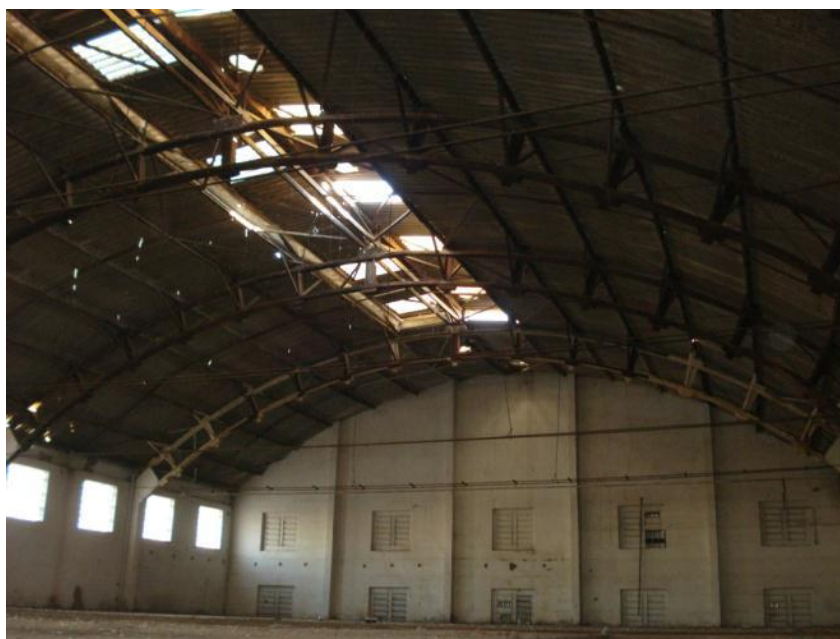


Figura 80 – Galpão antes da reforma (abril/2010)



Figura 81 – Galpão em reforma em 2010

A Figura 82 apresenta o detalhe da ligação do arco com o pilar de concreto. Os pilares foram construídos especialmente para receber os dois banzos que se encaixam no consolo de concreto. Os banzos de madeira são parafusados na peça de concreto. O conjunto resulta numa ligação do tipo engaste, o que produz maior rigidez ao arco.



Figura 82 – Detalhe de ligação parafusada entre treliça e pilar

Esta estrutura, embora muito antiga, ainda tem condições de serviço e poderá ser mantida por tempo indefinido desde que seja garantida a sua manutenção, especialmente quanto à sua proteção contra intempéries. Essa condição somente é possível por ter sido fruto de uma construção projetada, bem construída e que recebeu acompanhamento de montagem. Sabe-se que existe na cidade outra estrutura semelhante a esta que está em plena condição de uso. O acesso a esta estrutura é dificultado, pois atualmente atende a uma entidade de ensino, sendo que o teto foi todo forrado abaixo de um conjunto de pequenas salas.

4.2.1.11 Galpão de oficina mecânica

O galpão foi construído na década de 50 por um especialista em construção de estruturas de madeira (carpinteiro), residente na cidade na época. Foi construído com a finalidade de ser um local de revenda de carros. Na época, ocupava uma área de aproximadamente 20 m × 40 m (Figura 83). Parte do galpão foi vendida a outro estabelecimento comercial, porém, a estrutura não foi derrubada, apenas separada por uma parede. Atualmente a empresa continua funcionando no local como oficina em uma área de 20 m × 26,80 m. É uma cobertura com telhas cerâmicas, formada por quatro águas e lanternim para favorecer a iluminação natural interna, como ilustrado na Figura 84. De acordo com o proprietário, a madeira da estrutura de telhado é peroba rosa.

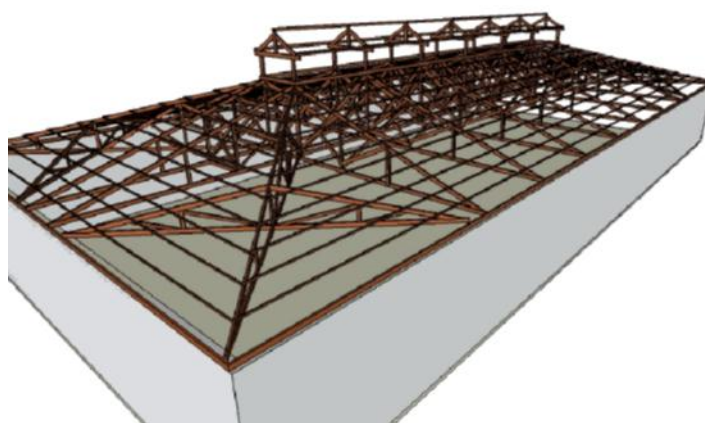


Figura 83 – Maquete virtual
Fonte: Projeto PIBEG-Madeira 2004

A sua configuração é do tipo treliça convencional com contraventamentos laterais bem executados e aparentemente bem dosados para a sua condição de serviço. Apesar de antiga a estrutura não apresenta sinais de instabilidades ou de outros tipos de patologias.



Figura 84 – Estrutura da cobertura do galpão para oficina mecânica

A Figura 85 ilustra a região interna da cobertura onde pode ser observado o lanternim.



Figura 85 – Visualização do lanternim

4.2.1.12 Igreja Espírito Santo do Cerrado



Figura 86 – Fachada original da igreja
Imagem: BARDI (1999).

A *Igreja Espírito Santo do Cerrado*, localizada em Uberlândia–MG, foi projetada por Lina Bo Bardi em 1975 (Figura 86). É o único projeto da arquiteta no Estado e foi tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais (IEPHA) em 09 de maio de 1997. Foi elaborada para ocupar um terreno de pequenas dimensões no bairro Jaraguá e seu programa previu a construção de uma capela, uma residência pequena para as freiras e um salão de reuniões. Projetada em bairro periférico da cidade, até então de baixa renda, foi construída pelos próprios moradores, já que havia restrições econômicas. A igreja apresenta em sua planta de formato curvo, materiais tipicamente regionais, dentre estes, a madeira na estrutura dos telhados, esquadrias, fechamentos e outros.

O conjunto arquitetônico sofreu muitas intervenções ao longo de sua existência, acarretando em uma descaracterização da obra. As razões justificadas foram: questões de segurança, estéticas ou de uso e conservação. A estrutura da cobertura recebeu escoramento nos pilares de madeira devido à aparente instabilidade estrutural, sendo eliminados após laudo de análises apresentados por empresa de engenharia contratada.

Para conceber a estrutura do telhado do volume principal do conjunto, cobertura de um volume circular, a arquiteta focou um ponto central e traçou três linhas imaginárias, dividindo o volume em seis partes principais (Figura 87a). A partir de então, definiu uma estrutura primária central hexagonal (Figura 87b) formada por seis pilares equidistantes. Dois destes pilares delimitaram a área de acesso e os outros dois opostos delimitaram o altar. Desta forma, Lina traçou linhas retas paralelas a partir dos dois pilares delimitantes do altar até a “linha imaginária” central (Figura 87c). A estrutura suportada por dois pilares formou um pórtico central, cujo objetivo foi dar suporte às peças das estruturas secundárias e terciárias, (Figura 87d) e à peça hexagonal de cumeeira, que apoiaria a escultura do Espírito Santo na parte externa do telhado (escultura esta não colocada no projeto construído) – Figura 88. A estrutura primária foi construída com Aroeiras Lavradas de dimensionamento de aproximadamente 20 cm × 20 cm. Lina também propôs uma estrutura secundária, formada por vigas de peroba de, aproximadamente, 6 cm × 20 cm ou 6 cm × 16 cm, e uma estrutura terciária, composta por caibros de peroba de aproximadamente 5 cm × 6 cm.

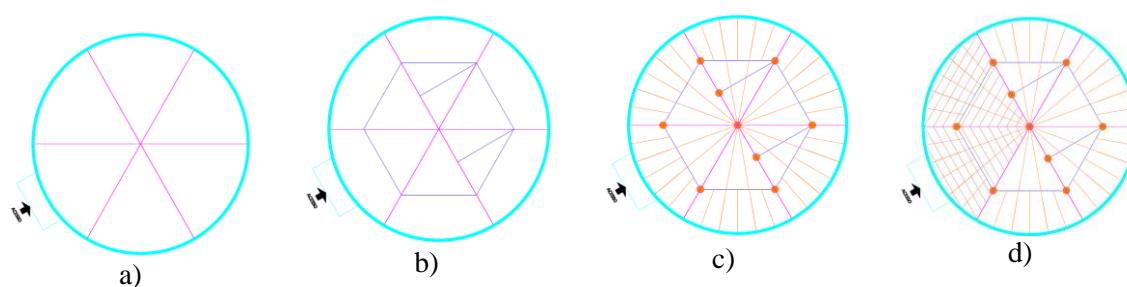


Figura 87 – Croquis adaptados de Bardi (1999):

Divisão do volume em seis partes (a), linhas imaginárias hexagonais e do altar ao centro (b), estruturas primária e secundária (c), estrutura primária, secundária e terciária (d)

É importante ressaltar que Lina indicou no projeto a necessidade do engenheiro calculista analisar o pré-dimensionamento proposto para as peças de madeira, observado em um de seus croquis. Porém, não foi realizado o cálculo estrutural das peças de madeira. Acredita-se que, em função da falta de recursos da obra, ou pela cultura arraigada na sociedade onde peças de madeira não são dimensionadas. É interessante observar que os documentos indicam todo o detalhamento da estrutura de concreto e fundações feitos de forma cabal, com todos os detalhes convencionais de projetos estruturais.

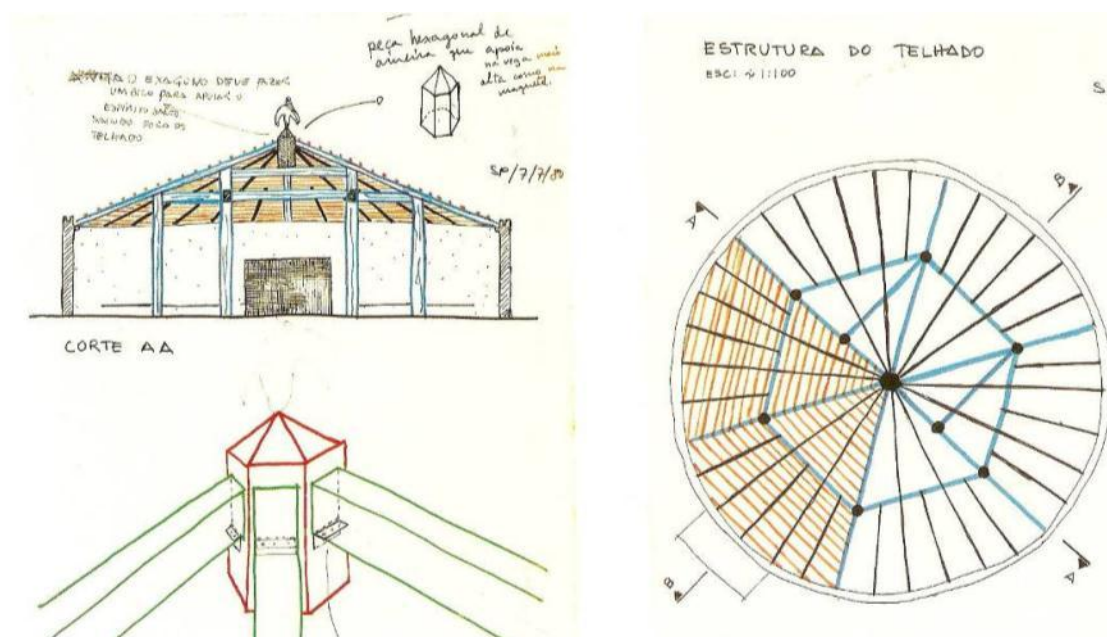


Figura 88 – Croquis da estrutura do telhado
Croquis: BARDI (1999).

O Projeto de Reforma e Restauro da Igreja Espírito Santo do Cerrado foi elaborado com o objetivo de reformar e restaurar o patrimônio. Uma das principais propostas do projeto foi a recuperação da cobertura. A justificativa foram os fatores de degradação identificados, “relacionados à presença de cupins, infiltrações de água pelo telhado e o desgaste natural dos materiais em função do uso” (Projeto de Reforma e Restauro da Igreja Espírito Santo do Cerrado).

De acordo com o projeto (MOURA, 2007), a estrutura do telhado representava perigo aos frequentadores do local, apresentando vigas com início de fissuras. As medidas propostas foram o tratamento de peças e substituição do telhado, sem a descaracterização do projeto original, e a manutenção.

Em maio de 2007, foi apresentado um Laudo Técnico, elaborado por empresa contratada para verificar as condições das estruturas no telhado da paróquia. Para a execução desse, foi realizada vistoria *in loco* e prova de cargas nas peças estruturais que apresentavam fissuras.

Os elementos vistoriados foram os pilares de madeira, as peças de travamento horizontal da estrutura, os montantes de madeira, as terças, caibros e ripas.

Na data 06 de julho de 2007 foi realizado um novo Laudo de Execução descrevendo os serviços executados no telhado da igreja no período de julho e agosto de 2007. Foram, portanto, realizados: a substituição de cinco vigas danificadas com diâmetro de 25 cm por peças de Ipê, madeira com características semelhantes à Aroeira que estava em falta na região; o reforço através da colocação de parafusos de aço diâmetro ½”, nos apoios das vigas com os pilares da estrutura; substituição de quatro terças danificadas de 7 cm × 15 cm; troca de telhas quebradas e emboçamento da cumeeira; e, limpeza das calhas e da marquise de concreto.

Na data 30 de julho de 2007, foi realizada nova Vistoria Técnica visual, pela mesma empresa, confirmando as perfeitas condições da estrutura após a reforma. O engenheiro responsável explicou no laudo que não foram realizadas provas de carga nesta nova vistoria, pois, antes da reforma a estrutura, apesar de apresentar algumas fissuras, trabalhava em perfeitas condições. Isto reforça que, após a substituição das peças ela passa a trabalhar como quando foi construída.

Cálculos estruturais apresentados na seção 4.2.2.3 mostraram a instabilidade daquelas peças e a necessidade de substituição para garantia de segurança da comunidade.

4.2.1.13 Parque Siquierolli

O parque está situado na Av. Nossa Senhora do Carmo, 707, Uberlândia-MG. Sua inauguração foi em agosto de 2002, quando a construção foi finalizada.

No projeto original, do arquiteto Luiz Antônio Bossa, duas construções foram desenvolvidas com a finalidade de abrigarem a Secretaria Municipal do Meio Ambiente e a sede da Unidade de Conservação ou Museu da Biodiversidade, Figura 89.



Figura 89 – Fachada Museu da Biodiversidade

De acordo com o arquiteto, as construções não foram edificadas conforme as finalidades. Apenas um prédio foi construído e, após sua inauguração, os funcionários da Prefeitura não concordaram em deslocar-se para o mesmo, devido à distância do centro administrativo. Em função disto, o prédio foi transformado na sede do museu e a outra construção não foi executada.

O prédio teve sua estrutura calculada pelo arquiteto e apresenta boas condições de uso. A estrutura é caracterizada por sua configuração espacial diferenciada, Figura 90. O material utilizado na estrutura principal é o eucalipto, Figura 91. Também foram empregadas peças serradas de madeira como suporte das telhas cerâmicas. De acordo com visitas ao local e entrevistas com funcionários, até o momento o prédio não apresenta nenhum problema aparente, apenas deficiência de circulação de ar.

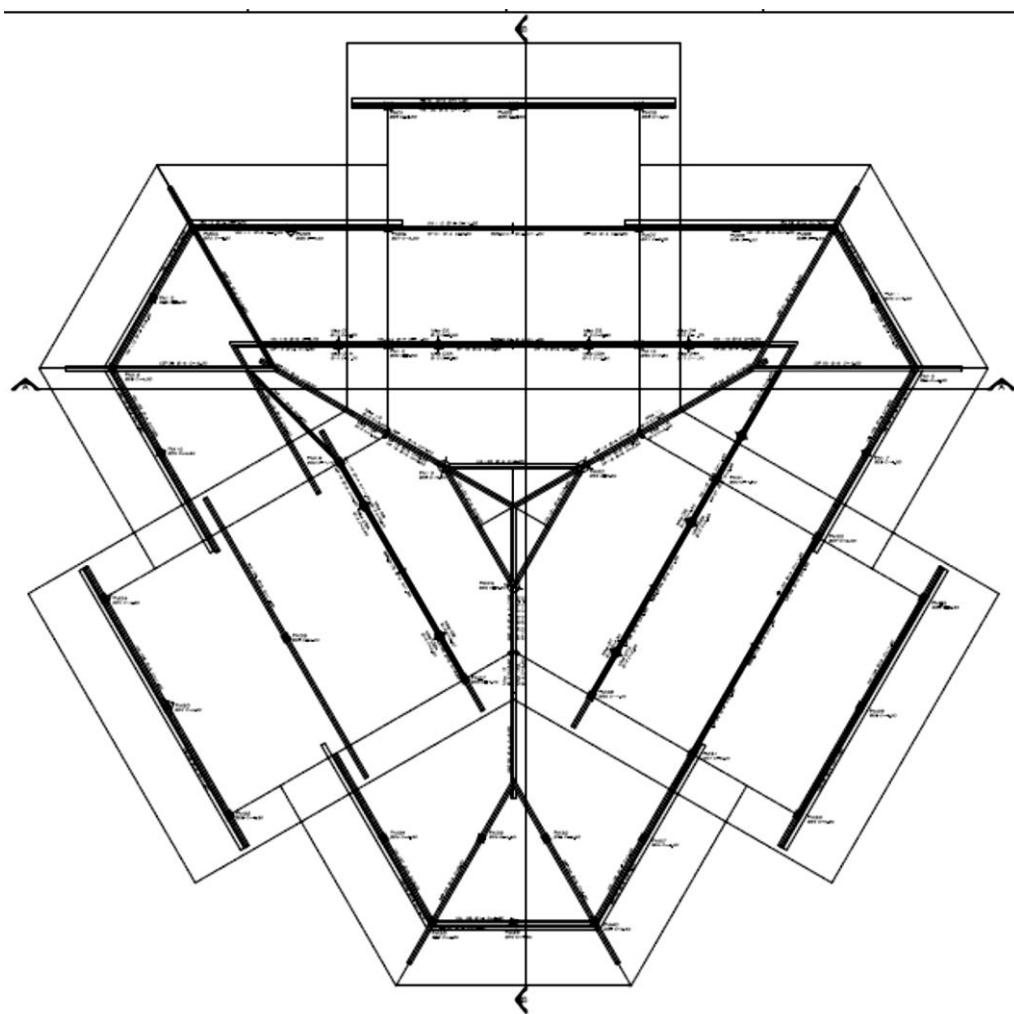


Figura 90 – Esquema estrutural em planta do Museu de Biodiversidade

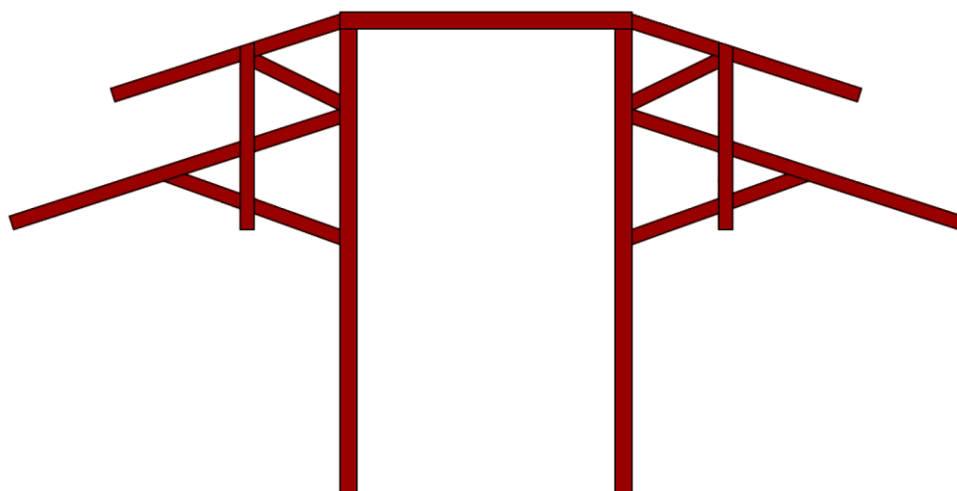


Figura 91 – Pórtico da estrutura principal



Figura 92 – Detalhe de parte da estrutura do pórtico



Figura 93 - Vista geral do pórtico no interior

4.2.1.14 Pátio de um colégio

A estrutura foi construída na década de 50 para funcionar como galpão industrial de móveis na cidade. Passou por algumas mudanças de uso ao longo de sua existência, mas preserva a estrutura original do telhado.

A estrutura de cobertura caracteriza-se pelo formato em arco de madeira laminada pregada e apresenta o formato mostrado na Figura 94. É coberta com telhas de fibrocimento. São dois galpões de aproximadamente 5000 m² ao todo, sendo que cada um deles possui 13 arcos de madeira atirantados vencendo 20 m de vão cada.

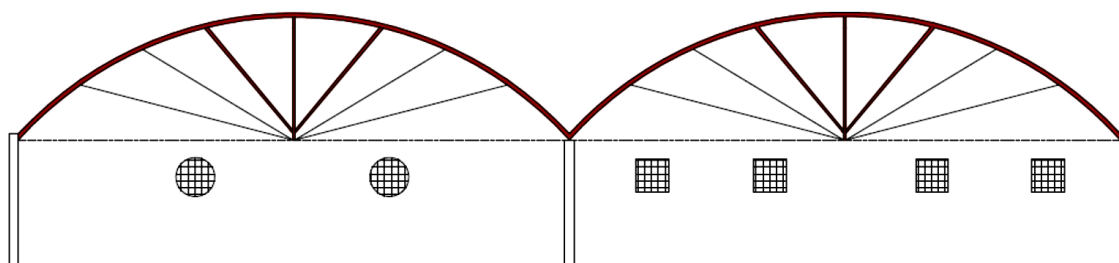


Figura 94 - Esquema estrutural das coberturas do pátio de colégio

A seção transversal dos arcos tem a forma de I e é composta por lâminas horizontais pregadas entre si. Não se tem informações detalhadas sobre os projetos, mas tudo indica que foram projetados por empresa especializada que atuou na época.

O local já foi alugado para outras funções, após o fechamento da fábrica. Para o funcionamento do colégio foi necessária a contratação de um escritório de arquitetura para inserção de salas de aula e definição de layouts, bem como para solucionar problemas de acústica e de ventilação. A cobertura foi revestida por material acústico (lã de vidro). Foram criados dutos no telhado para circulação de ar e substituídas algumas telhas por telhas de vidro, para aproveitamento da iluminação natural, Figura 95.

Os arcos são contraventados em madeira e atirantados com barras de aço, Figura 96. A estrutura é composta de abraçadeiras metálicas (Figura 97) que contém tirantes que fazem a ligação das abraçadeiras ao montante central (Figura 98), contribuindo para o arqueamento da madeira.

A estrutura possui elementos centrais de madeira interligando o arco ao tirante. Resulta em sistema parecido ao de uma treliça, Figura 96. Além disto, também tem tirantes metálicos

interligando o ponto central inferior a pontos ao longo do arco, Figura 97, afixados por abraçadeiras. Isto causa um efeito de arco com múltiplos tirantes ancorados desde os apoios até pontos mais centrais.

Em consequência da mudança de uso do local, a estrutura recebeu uma avaliação profissional e limpeza, portanto, está em ótimas condições de uso. Isto denota o cuidado com a sua construção, uso e manutenção.



Figura 95 – Revestimento acústico, circulação de ar e iluminação natural



Figura 96 – Arcos em madeira laminada colada atirantados em aço



Figura 97 – Abraçadeiras para fixação dos tirantes



Figura 98 – Montante central: ligação de tirantes

4.2.1.15 Residência com estrutura de eucalipto

A residência foi projetada por uma arquiteta e calculada por um engenheiro civil para ser toda em estrutura de eucalipto tratado, como ilustra a Figura 99, onde aparecem os pilares e as vigas do primeiro pavimento. Serão três pavimentos com fechamento em tijolo, sendo que a parte interna será revestida de tijolinho, lajes de isopor e forro de madeira acompanhando o telhado.

O projeto encontra-se em fase de execução. Durante a fase construtiva, o engenheiro responsável verificou alguns equívocos de execução provenientes da dificuldade de mão de obra especializada: os pilares foram todos concretados junto à fundação, o que dificultou o encaixe das vigas superiores, Figura 99. Foi necessário afastá-los para encaixar as vigas. De acordo com o engenheiro, a execução deveria ser feita em etapas: primeiro deveria ser concretada uma fileira de pilares; em seguida, as vigas e pilares da próxima fileira em conjunto, e assim sucessivamente. Outro problema de execução foi o corte incorreto nas ligações, Figura 101. O carpinteiro responsável atualmente teve que corrigir o corte inadequado das peças para possibilitar os encaixes.

A Figura 100 ilustra a ligação entre pilar e vigas executadas por encaixe e auxílio de parafusos.



a) Vista geral da fachada



b) Montagem da estrutura

Figura 99 – Detalhes da residência com estrutura de eucalipto



Figura 100 – Ligações parafusadas e encaixadas



Figura 101 – Encaixe incorreto da madeira

Esta estrutura revela dois aspectos interessantes. O primeiro é a demanda gerada pela preferência pelo uso da madeira. De outro lado, existe a falta de oferta de projetistas e mão de obra. Conforme relato do proprietário, houve dificuldades para encontrar na cidade engenheiro com a especialização em projetos de estruturas de madeira. Para a execução,

ocorre algo parecido, com escassez de profissionais preparados para a montagem, especialmente de edificações em eucalipto.

4.2.1.16 Residência tipo chalé

O projeto foi resultado de uma reforma no local que, anteriormente, possuía apenas um pavimento. Em 1997 os proprietários optaram por aumentar a área da casa e desenvolveram uma estrutura de telhado que pudesse servir como cobertura e pavimento superior. A estrutura de madeira foi calculada por profissional especializado.

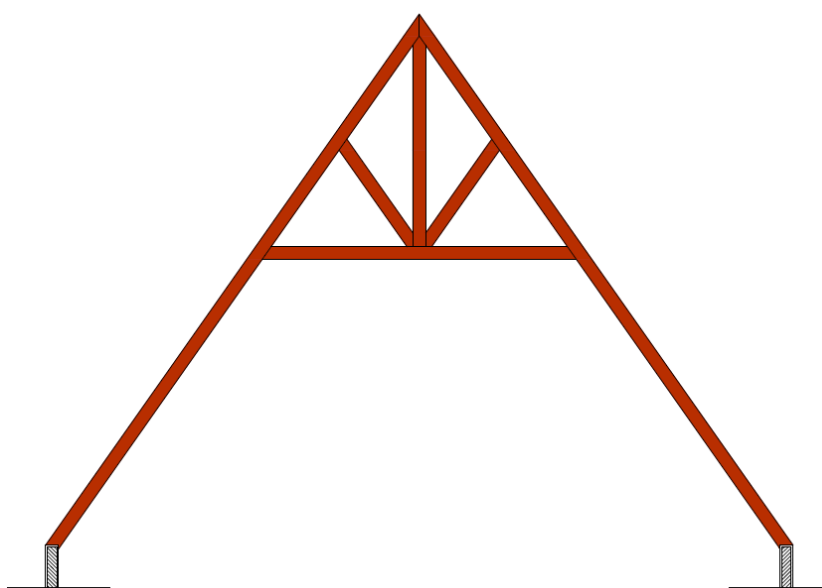


Figura 102 – Esquema estrutural da residência tipo chalé

A estrutura principal da residência teve que ser reforçada para sustentar o segundo piso. Para o apoio das tesouras de madeira Maçaranduba aparentes, foi levantada uma parede – pilar – de 50 cm de altura, mostradas na Figura 102 e Figura 103. As estruturas sustentam 9 m de vão e 12 mil telhas no formato escama de peixe, amarradas e trazidas do sul do país. As ligações são parafusadas, Figura 104. Até o momento as estruturas trabalham em perfeitas condições, sem quaisquer tipos de intervenções e reforços.



Figura 103 – Vista das estruturas aparentes

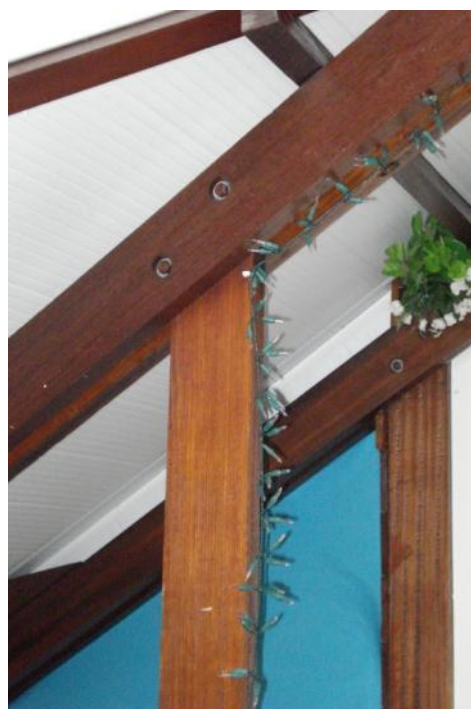


Figura 104 – Detalhe das ligações

4.2.1.17 Salão de festas

A edificação foi projetada pelo arquiteto Luiz Antônio Bossa e possui, aproximadamente, três anos de construção (2007).

O proprietário solicitou ao arquiteto o projeto, visualizado na Figura 105, de uma área de lazer em uma chácara que serviria como salão de festas, Figura 106 e Figura 107. A construção foi toda executada em estrutura de eucalipto tratado, sendo uma área aberta e de grandes vãos coberta com telhas de concreto, Figura 108.

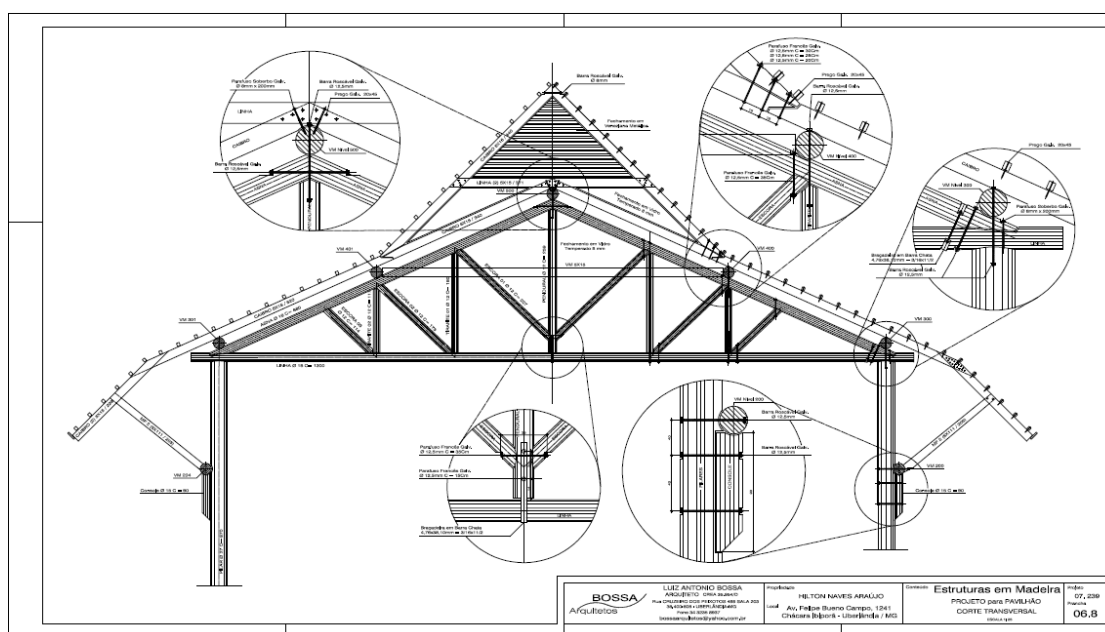


Figura 105 – Esquema estrutural do salão de Festas: projeto do arquiteto Bossa

As ligações são parafusadas, com chapas de aço e, em alguns pontos receberam amarração de cabo de aço, Figura 109. Até o momento, e sendo uma estrutura recente, não foram verificados quaisquer tipos de patologias aparentes. De acordo com o arquiteto, foi realizado um cálculo estrutural de toda a área projetada.



Figura 106 – Fachada principal



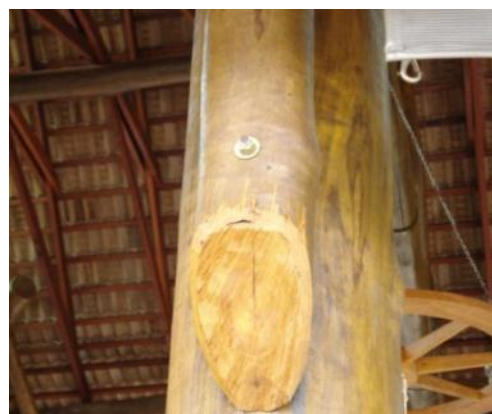
Figura 107 – Fachada lateral



Figura 108 – Vista interna da estrutura principal



a) Cinta de amarração



b) Tipo de fixação

Figura 109 – Detalhes da estrutura do salão de festas

4.2.1.18 Sede de empresa 1

Trata de edificações projetadas pelo arquiteto Luiz Antônio Bossa em 1999, sendo um dos projetos pioneiros em madeira eucalipto em Uberlândia. O objetivo do projeto era vender o conceito do material em estruturas habitacionais, quebrando paradigmas e preconceitos existentes sobre este. Na Figura 110 é mostrada uma visão geral do conjunto de edificações da sede da empresa especializada na produção de postes tratados de eucalipto.



Figura 110 – Sede da empresa 1

Na Figura 111 são mostrados os pilares da área externa. São peças tratadas e fixadas às fundações.



Figura 111 – Detalhes dos pilares externos

O arquiteto desenvolveu o conceito, calculou a estrutura e acompanhou toda a execução da mesma. As estruturas dos telhados caracterizam-se por pórticos simples. As vigas e pilares foram executados em eucalipto não processado, apenas tratado, e os forros foram executados em eucalipto cerrado, Figura 112a. A escada foi também toda construída em madeira de reflorestamento, Figura 112b. Durante o processo de construção, segundo Bossa, ocorreram alguns problemas: em algumas peças foram detectadas rachaduras, torção, sendo que em algumas ocasiões isto foi fruto do emprego de madeira ainda imprópria para uso. Foi detectado higroscopia entre o pilar de madeira e o bloco de concreto, Figura 113. Ocorreu oxidação dos elementos de ligações, entre outros. Os

problemas foram corrigidos ao longo da obra, servindo de exemplo para o aperfeiçoamento das técnicas construtivas com a madeira.



a) Vigas e forro em eucalipto serrado



b) Escada

Figura 112 – Interior da construção



Figura 113 – Pilar apoiado em concreto e viga parafusada

A construção possui aproximadamente 16 anos e funciona em perfeitas condições até o momento. Não houve intervenções na estrutura e nem foram verificadas patologias aparentes.

A empresa, que é especializada na produção e venda de madeira tratada de reflorestamento, informa que de acordo com levantamentos da mesma, a maioria dos clientes não chega com projetos na empresa. Apenas compram a madeira para a execução de estruturas sem o projeto do cálculo estrutural. A orientação da empresa é que os clientes procurem o profissional responsável para desenvolvimento de projetos adequados às normas, para evitarem gastos desnecessários decorrentes do superdimensionamento ou, prejuízos decorrentes do subdimensionamento.

4.2.1.19 Sede de empresa 2

Esta empresa também comercializa produtos de forma idêntica ao caso tratado anteriormente. É, portanto, uma empresa especializada na venda de madeiras tratadas. Os prédios foram projetados e calculados pelo arquiteto Luiz Antônio Bossa, e construídos em 2001. A Figura 114 ilustra a visão geral da edificação principal da sede da empresa, onde é possível observar elementos estruturais externos de eucalipto.



Figura 114 – Edificação da sede de empresa

A estrutura externa foi projetada para suportar todo o conjunto, não sendo apenas decorativa. Os seis elementos secundários externos (três de cada lado) também possuem função estrutural, absorvendo parte da solicitação aplicada na estrutura.

De acordo com o arquiteto, a estrutura principal é toda construída em eucalipto tratado e os acabamentos feitos em ipê (Figura 115).

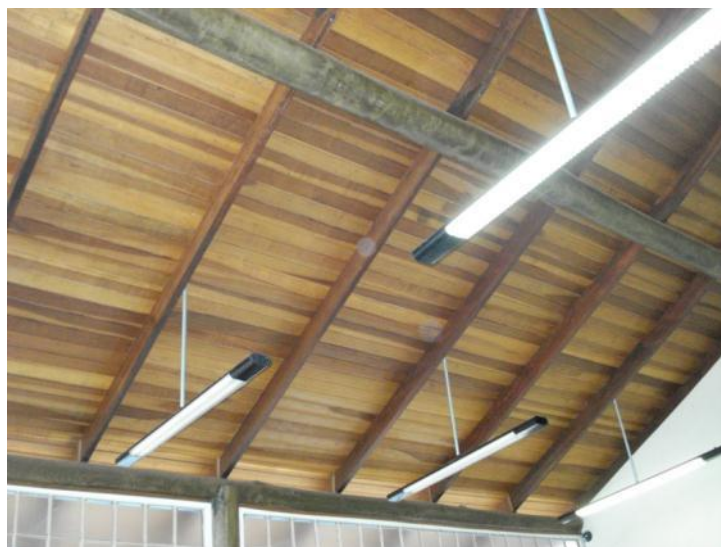


Figura 115 – Forro em ipê

As ligações foram feitas com entalhes na madeira e parafusos, como é mostrado na Figura 116 e Figura 117. Nesta última figura pode ser observada a dimensão do beiral que é significativa no sentido de proteger as peças de madeira que compõem a edificação.



Figura 116 – Ligações com entalhes



Figura 117 – Fixação das peças de beirais

A estrutura ainda não sofreu intervenções e, até o momento, trabalha sem problemas, exceto por aqueles desenvolvidos devido às variações dimensionais da madeira. São problemas de pequenas rachaduras, intrínsecas às características do eucalipto. A movimentação do conjunto chegou a provocar a quebra de vidros de fechamento como destacado na Figura 118.



Figura 118 – Movimentação da estrutura provocou trincas no vidro que foi repostado

4.2.1.20 Casos gerais

Com o mero objetivo de ilustrar outros tipos de construções em madeira encontradas em Uberlândia, serão mencionados alguns casos descritos a seguir.

Na Figura 119 tem-se uma cobertura do tipo duas águas com os dois banzos inclinados. As peças do banzo inferior se cruzam no ponto central. Tem aspecto de leveza e apresenta bom funcionamento.



Figura 119 – Cobertura de espaço para festas.
Fonte: <http://www2.centershop.com.br/chacara/>

O uso de madeiras da classe das coníferas, provenientes de reflorestamentos, já começa a ter espaço no mercado. São peças do gênero Pinus submetidas a tratamento químico contra fungos e insetos. Estas estruturas estão sendo usadas em coberturas residenciais para sustentação de telhas cerâmicas. São produzidas em série para atender um conjunto residencial e, portanto, são produzidas em ambiente industrial. As ligações são feitas por meio de chapas dentadas, o que também caracteriza uma aplicação ainda restrita no Brasil.



a) Descarga das estruturas
pré-montadas



b) Estrutura já aplicada



c) Ligações por chapas metálicas dentadas



d) Vista inferior das estruturas já montadas

Figura 120 – Aplicação de Pinus para estruturas de coberturas residenciais

Especialmente este último caso demonstra o avanço na área de madeiras de reflorestamento, espécie cercada de mitos e preconceitos. Com certeza deve se tornar comum com o passar do tempo à medida que os seus benefícios forem entendidos pelos consumidores.

4.2.2 ANÁLISE ESTRUTURAL

Nesta Seção é apresentado o cálculo estrutural de três estruturas escolhidas pelas suas características já discutidas.

4.2.2.1 Estrutura Bar e Restaurante 4

Esta estrutura foi discutida na Seção 4.2.1.4 deste capítulo. Para esta estrutura foi estimado um carregamento de peso próprio (madeira e telhas) coletado em campo, além de uma sobrecarga de $0,25 \text{ kN/m}^2$. As solicitações foram aplicadas sobre os nós, onde a combinação de carregamento foi majorada por 1,4 (coeficientes de majoração) para as ações permanentes e sobrecarga. Esta forma estrutural, apesar do seu ineditismo, tem um comportamento bastante curioso: a máxima flecha não ocorre no centro. O maior deslocamento ocorre próximo aos apoios como ilustra a Figura 121, extraída do software Gestrut (2010) após análises de carregamentos.

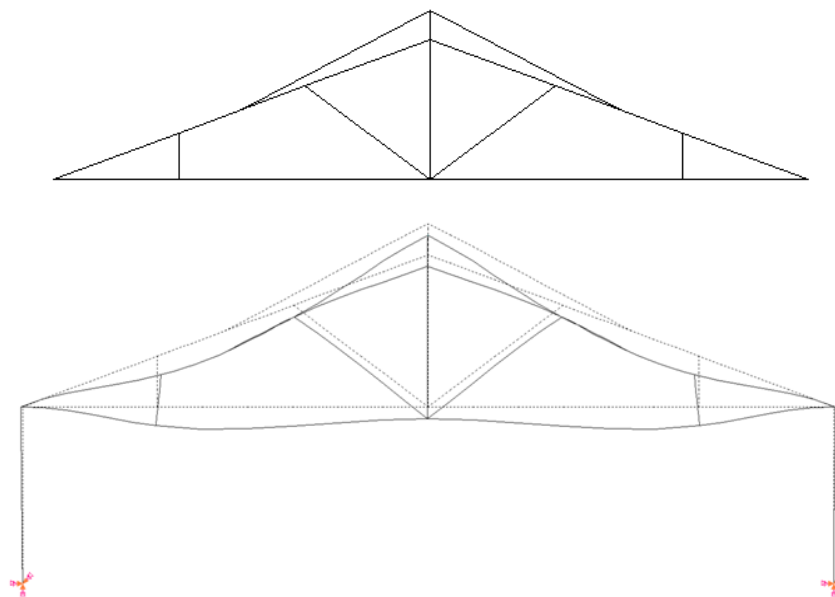


Figura 121 – Estrutura lanchonete deformada – tracejado indica estrutura indeformada

O dimensionamento das barras desta estrutura revela que há folga de material em termos de resistência e rigidez, porém apresenta problema de instabilidade. O maior índice de aproveitamento atinge 0,597, enquanto que a verificação na flexocompressão atinge 0,76 na direção X, e 4,815 na direção Y. Os comprimentos teóricos de referência são iguais aos encontrados no local da construção. Isto traduz exatamente o que estava ocorrendo na prática. A estrutura apresentava significativa perda de estabilidade, caracterizada pela acentuada deformação que se podia constatar visualmente. Acredita-se que a estrutura não sofreu colapso total devido às contenções em uma das extremidades da edificação. Isto lhe permitiu uma sobrevida.

Em análise considerando contraventamentos transversais em todos os nós do banzo superior, o índice de aproveitamento reduz para 1,473, ainda superior ao permitido. Então, para se ter uma estrutura estável seria necessário contraventar todos os nós e os pontos médios de todas as barras do banzo superior. Neste caso, o índice de aproveitamento reduziria para 0,796.

Conclui-se, portanto, que a estrutura não precisaria ser desfeita se contraventamentos apropriados fossem utilizados nos pontos indicados. No entanto, a estrutura apresentou severo comprometimento ao ponto de ser demolida. Felizmente, nenhum acidente grave ocorreu com a estrutura da edificação. Apenas houve prejuízo financeiro referente ao custo

efetivo da estrutura e pelos dias parados da empresa. Este caso elucida a importância dos contraventamentos como destaca Moliterno (2009).

4.2.2.1.1 Dimensionamento da estrutura atual

Após a demolição da estrutura foi levantada nova cobertura em estrutura de madeira. Esta é caracterizada por um telhado de quatro águas, conforme descrito no item 4.2.1.4. A estrutura lançada no software Gestrut pode ser visualizada como indicado na Figura 122a, b e c.

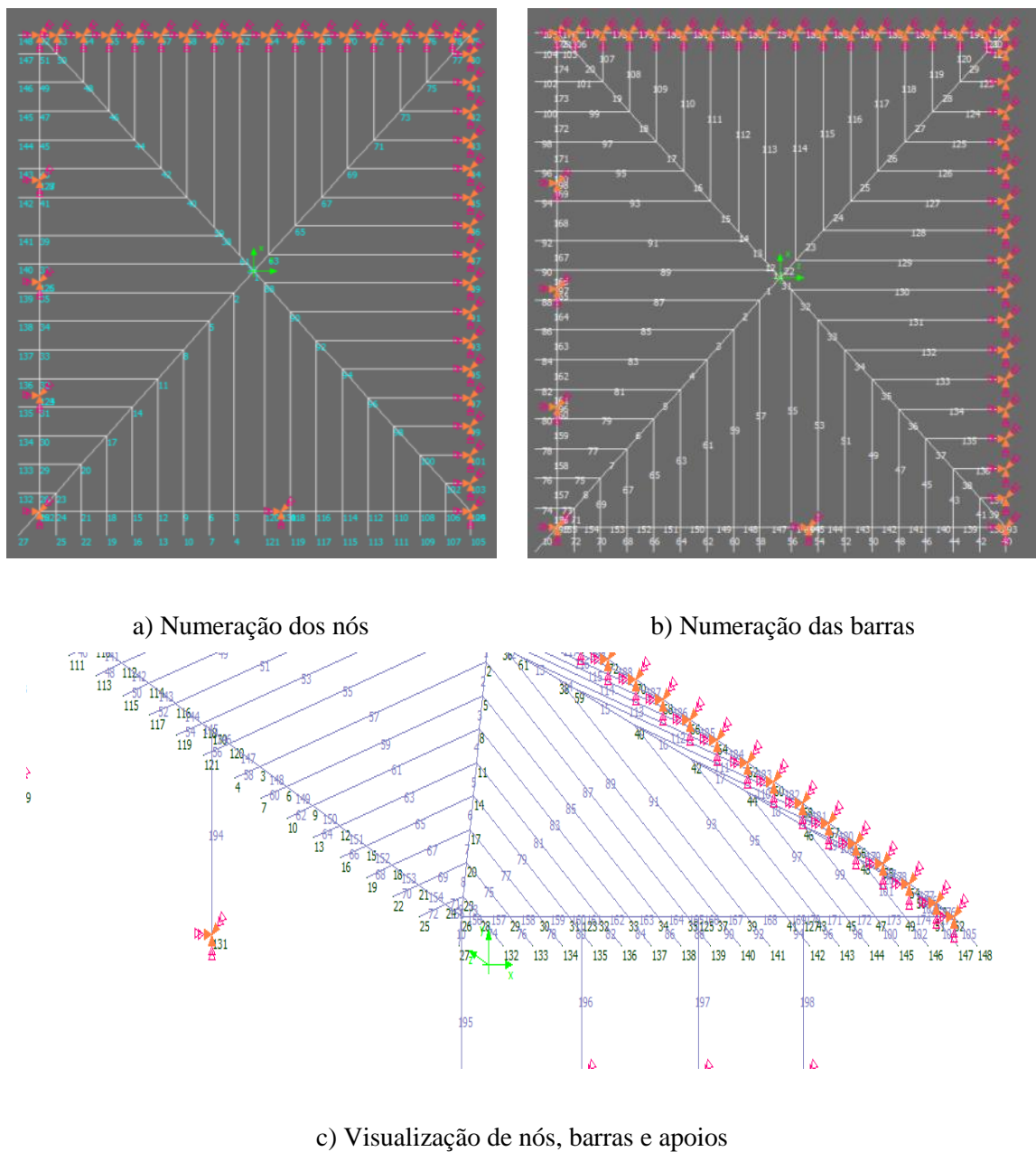


Figura 122 – Vista geral do sistema estrutural

A estrutura é formada por quatro águas definidas por um conjunto de peças paralelas que são submetidas à flexocompressão. Foram considerados carregamentos devido ao peso próprio das peças de madeira e das telhas cerâmicas. A massa específica da madeira foi adotada como sendo a da madeira mais densa, ou seja, 1000 kg/cm^3 – Dicotiledônea C60, em função das características do material fornecidas pelo proprietário. Para as telhas foi admitido um carregamento de $0,50 \text{ kN/m}^2$. Como no caso comentado da estrutura anterior, considerou-se uma sobrecarga de $0,25 \text{ kN/m}^2$. Por isto, o efeito do vento foi negligenciado, pois não atua como efeito de sucção devido às telhas serem do tipo cerâmica que não oferecem resistência ao seu arrancamento. A sobrecarga admitida pode ser considerada como um efeito significativo que abrigaria também efeitos de vento de sobrepressão.

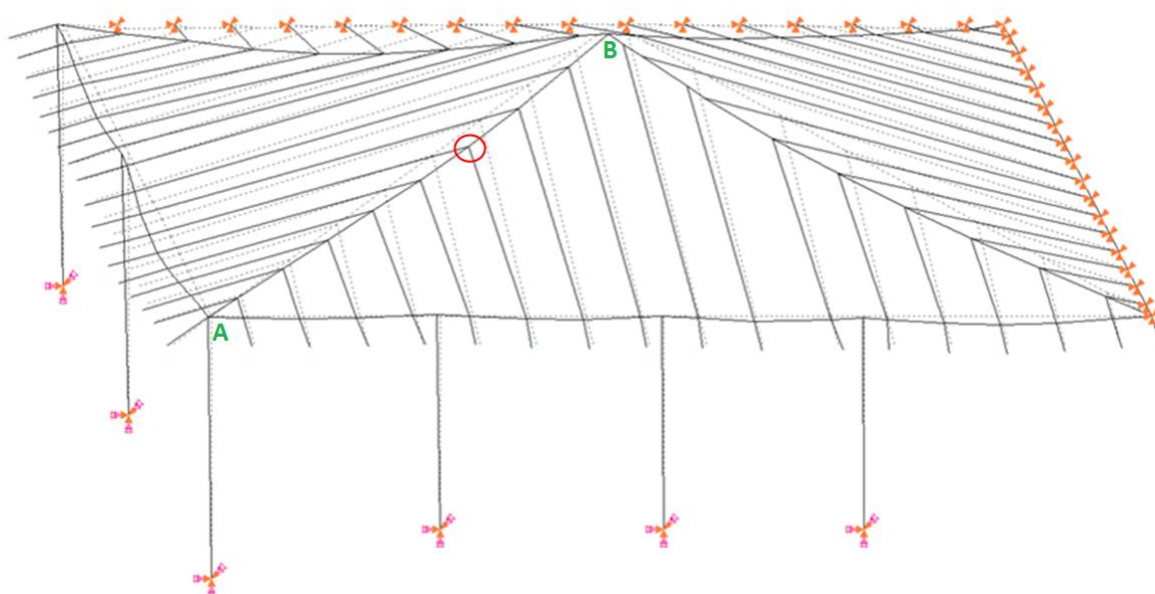


Figura 123 – Estrutura com deformação ampliada em 100 vezes

O deslocamento máximo ocorre no nó 8 – circundado em vermelho na Figura 123 – e vale $1,97 \text{ cm}$. Isto é curioso, pois este nó está afastado em relação ao ponto central. Há lógica, nisto, pois duas faces da cobertura têm vinculações fixas e as outras duas são apoiadas sobre pilares. Isto promove um movimento em direção aos pilares, como pode ser notado na ilustração da Figura 123. Além disto, o trecho da diagonal ao qual este nó faz parte – A a B – tem significativa flexão com pontos de referência no pilar de canto e no ponto central. Então, além dos deslocamentos verticais dos dois nós citados há os deslocamentos provenientes da flexão do trecho. Mesmo assim, este deslocamento não é relevante, pois pela ABNT NBR 7190:1997 a máxima flecha pode atingir $L/200$, que para o caso vale $1312/200=6,6 \text{ cm}$. Portanto, não há problemas em relação à flecha.

As verificações para o estado limite último e de utilização foram feitas via programa computacional Gestrut. Os máximos esforços de cálculo ocorrem no trecho A-B e correspondem a um momento fletor máximo de 1163,51 kN·cm conjugado à uma força axial de 42,78 kN. Atuam numa seção transversal de 10 cm × 30 cm e, portanto, a barra tem momento de inércia igual a 22500 cm⁴ e área de 300 cm². O dimensionamento está de acordo com a ABNT NBR 7190:1997 para solicitação de flexocompressão onde a verificação da resistência indica que apenas 33% da seção transversal está sendo usada, como indicado na expressão:

$$\left(\frac{42,78}{300} \right)^2 + \frac{1163,51 \times \frac{30}{2}}{22500 \times 2,4} = 0,33 < 1,0$$

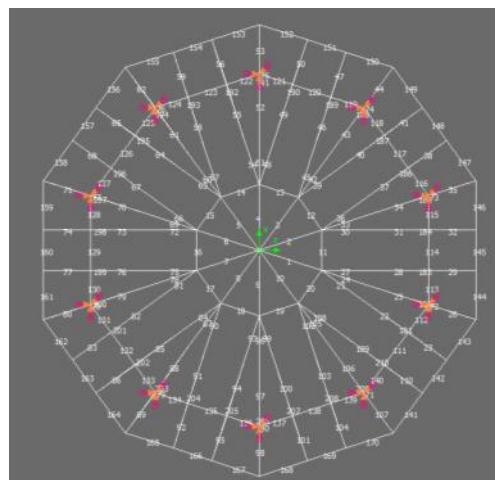
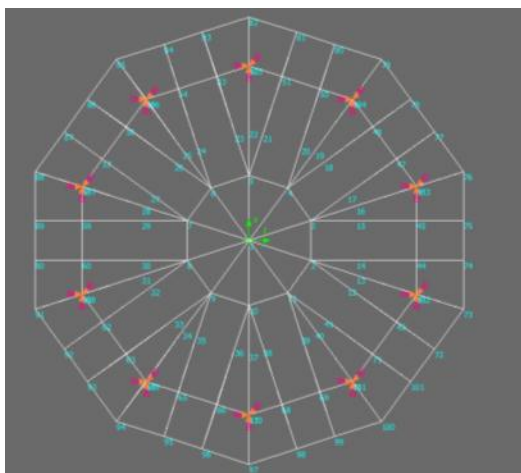
Na verificação da estabilidade para a solicitação de flexocompressão considerou-se que o comprimento teórico de referência (L_0) para a direção x é igual ao comprimento total da barra A-B, ou seja, $L_{0,x} = 628,54$ cm. Isto produz um índice de esbeltez igual a 72,58, o que caracteriza a peça como medianamente esbelta. Na direção y há travamentos ao longo da barra e, por isto, considerou-se a maior das distâncias entre as peças que se apoiam no trecho A-B. Isto significa que $L_{0,y} = 103,16$ cm e, portanto, o índice de esbeltez vale 35,74 indicando ser uma peça curta. Nestas condições a peça é suficiente para a estabilidade, com índices de aproveitamento iguais a 0,43 e 0,14, respectivamente para as direções x e y.

4.2.2.1.2 Conclusão sobre a cobertura quatro águas

Diante das condições avaliadas e das estimativas de dimensões e materiais, pode ser concluído que a estrutura apresenta condições de trabalho com significativa folga, caso a madeira tenha resistência equivalente à Dicotiledônea C60. Pode ser mostrado que a mesma estrutura teria condições de serviço para madeiras do tipo Dicotiledônea da classe C30.

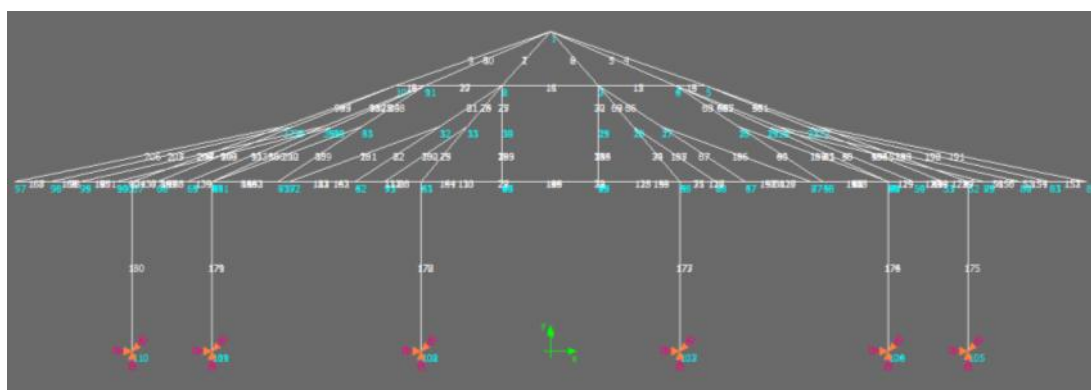
4.2.2.2 Estrutura Espaço Cultural e Centro Esportivo

Com a identificação da estrutura apresentada no item 4.2.1.9, foram extraídos dela os nós e barras característicos de sua forma. O lançamento das coordenadas dos nós no Gestrut e a ligação entre eles resultaram no esquema apresentado na Figura 124.



a) Numeração dos nós

b) Numeração das barras



c) Vista frontal

Figura 124 – Vistas do sistema estrutural

A Tabela 2 indica as cinco áreas diferentes da parte superior da cobertura que recebem as telhas, a partir das quais é possível calcular as solicitações nas barras da estrutura (Figura 126). Foi usada uma aproximação para as áreas triangulares. Por exemplo, nas barras associadas à área A1, que é triangular, considerou-se que a força é distribuída uniformemente ao longo da barra, enquanto deveria ser linearmente distribuída. Entende-se que esta aproximação seja aceitável tendo em vista a estimativa do cálculo.

Tabela 2 – Áreas dos planos da cobertura que recebem as telhas

Área	cm ²
A ₁	18324,5
A ₂	4891,2
A ₃	26798,6
A ₄	48369,8
A ₅	60751,8

As forças foram consideradas distribuídas ao longo da barra, como resultado da força total – área × força distribuída – dividida pelo comprimento da barra projetado horizontalmente, como ilustra a Figura 125.

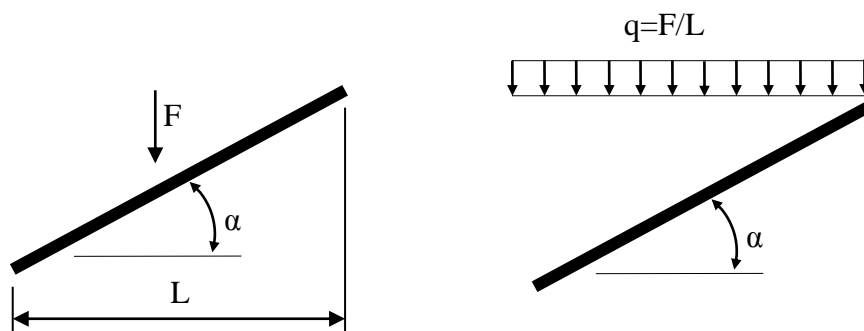


Figura 125 – Transformação de carregamento concentrado para distribuído

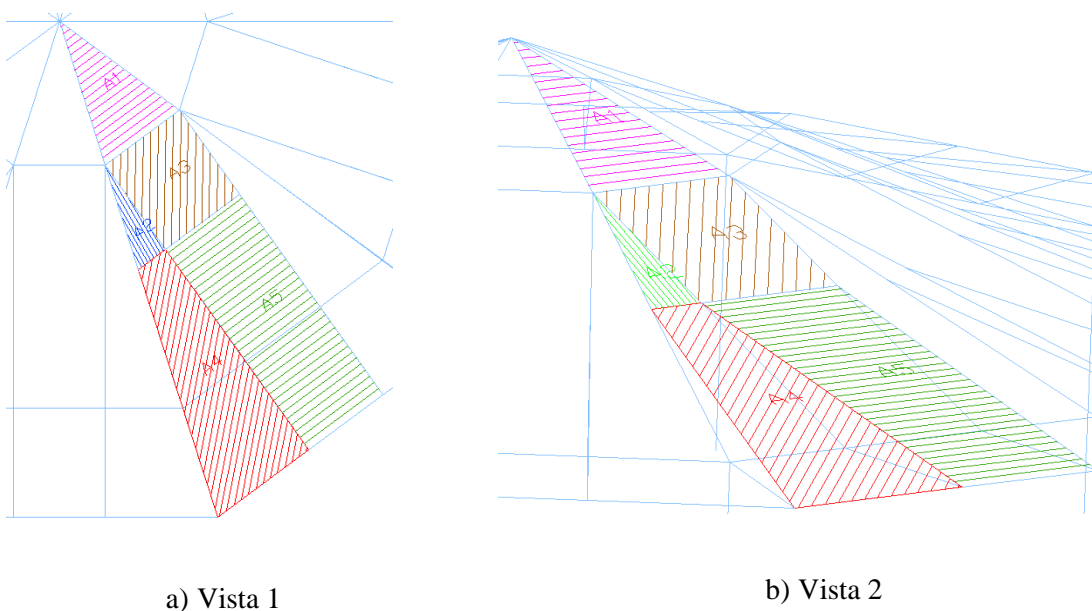


Figura 126 – Áreas demarcadas da parte superior da cobertura que recebe as telhas

Para facilitar a aplicação de forças no programa computacional Gestrut (2010), que possui um módulo específico facilitador de introdução de forças distribuídas – Figura 127 –, os carregamentos sobre as barras serão convertidos em forças por unidade de comprimento distribuídas na direção horizontal.

Figura 127 – Tela para introdução de forças distribuídas em barras inclinadas no GESTRUT

A cobertura é composta por telhas cerâmicas do tipo americana – seca: 12 telhas/m², onde cada telha pesa 3,4 kg/m². Portanto, $q = 12 \times 3,4 = 40,8 \text{ kg/m}^2$. Isto equivale a $q = 40,8 \times 10^{-4} \text{ kN/cm}^2$.

Tabela 3 – Cálculo de força distribuída

Barras	Área (A _i) cm ²	Força total (q×A _i) kN	Comprimento (L _j) cm	Força distribuída (q×A _i /L _j) kN/cm
1 a 10	$q \times A_1$	0,75	241,84	0,0030915
24 a 105 @9	$q \times A_2$	0,20	176,11	0,0011332
27;30/36;39/45;48/.../99;102/108;21	$q \times (A_2 + A_3) / 2$	0,65	167,50	0,0038595
182 a 209 @3	$q \times A_4$	1,97	417,95	0,0047218
183;184/186;187/.../207;208/210;181	$q \times (A_4 + A_5) / 2$	2,23	397,50	0,0056002

A área inclinada total da cobertura é igual 2.123.970,815 cm² (212,4 m²). Como decorrência a estrutura possui um peso de madeiramento igual a 61,29 kN – incluindo pilares e adotando densidade aparente da madeira igual a 1000 kg/m³. O peso das telhas cerâmicas corresponde a 86,68 kN.

É importante observar que na Seção 5.3 da ABNT NBR15310:2005 é informado que a absorção de água máxima da telha cerâmica pode atingir até 20 %. Isto implica que o peso total das telhas anteriormente informado subiria para 104,02 kN na situação de umidade máxima.

Este tipo de cobertura é composto por 10 setores geometricamente iguais. Estando a estrutura sujeita a carregamento simétrico, então bastará avaliar um destes setores. A Figura 128 ilustra as barras envolvidas no primeiro setor que será tomado como referência. Basta apenas avaliar as barras 1, 21, 24, 181 e 182 pertencentes ao banzo superior e, portanto, sujeitas à flexão composta por receberem diretamente as telhas. Além destas as barras 22, 23, 25 e 26 compõem a parte inferior do arranjo e estão sujeitas predominantemente à ação de forças axiais.

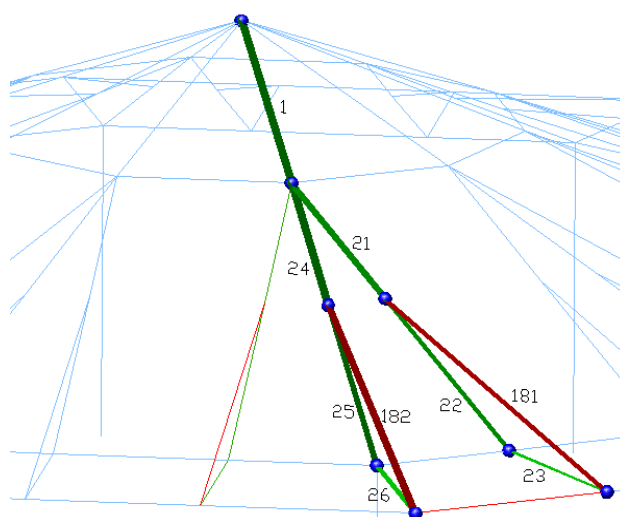


Figura 128 – Barras representativas de um setor

4.2.2.2.1 Esforços

O cálculo da cobertura considerada tridimensional, sem ação do vento, sem consideração de sobrecarga, feita pelo programa computacional Gestrut (2010), com coeficiente de majoração dos carregamentos γ_g e γ_q iguais a 1,4 e, também considerando aumento de 20 % para o peso das telhas, tem-se um peso total da estrutura incluindo peso próprio + 1,2×telhas: 165,31 kN.

São apresentados a seguir, separadamente, os esforços devidos ao peso próprio da madeira e das telhas. São os valores característicos.

4.2.2.2.2 Peso próprio

O total do peso próprio resulta em 61,29 kN. As barras tomadas como referência apresentam os seguintes esforços:

ESFORÇOS NAS BARRAS (Combinação de carregamento: G) - Sistema local

	N [kN]	Vy [kN]	Vx [kN]	Mt [kN·cm]	My [kN·cm]	Mx [kN·cm]
Barra 1 (1 → 2) (L = 256,339)						
	-0,26	0,09	0,00	1,85	-0,03	4,90
	-0,32	0,09	0,00	1,85	-0,06	-4,39
Barra 21 (2 → 12) (L = 179,671)						
	0,05	0,10	0,00	18,88	0,21	4,23
	0,00	0,03	0,00	18,88	0,45	1,70
Barra 24 (2 → 13) (L = 187,731)						
	-1,76	0,12	0,00	-1,36	-0,06	6,62
	-1,81	0,01	0,00	-1,36	-0,02	3,80
Barra 22 (12 → 42) (L = 238,161)						
	-1,04	-0,01	0,00	13,67	0,28	-9,08
	-1,10	0,18	0,00	13,67	0,36	-13,78
Barra 25 (13 → 43) (L = 248,915)						
	-2,76	-0,03	0,00	-1,08	-0,02	-11,68
	-2,83	0,20	0,00	-1,08	-0,03	-17,11
Barra 23 (42 → 72) (L = 175,011)						
	-0,98	0,17	0,01	-7,68	0,56	9,22
	-0,98	-0,04	-0,01	-7,68	0,59	9,83
Barra 26 (43 → 73) (L = 184,003)						
	-0,95	0,20	0,00	0,32	0,01	11,64
	-0,95	-0,06	0,00	0,32	-0,01	11,86
Barra 181 (12 → 72) (L = 406,473)						
	1,03	0,14	0,00	5,24	0,18	7,37
	0,97	0,15	0,00	5,24	0,23	-9,79
Barra 182 (13 → 73) (L = 426,510)						
	0,94	0,15	0,00	-0,29	-0,01	7,88
	0,88	0,17	0,00	-0,29	-0,02	-11,41

4.2.2.2.3 Telhas

As telhas com 20 % de absorção de água pesam 104,02 kN. Os esforços devidos a esse carregamento são dados a seguir.

ESFORÇOS NAS BARRAS (Combinação de carregamento: 1.2(Q1+Q2+Q3+Q4+Q5)) - Sistema local

	N [kN]	Vy [kN]	Vx [kN]	Mt [kN·cm]	My [kN·cm]	Mx [kN·cm]
Barra 1 (1 → 2) (L = 256,339)						
	-0,90	0,33	0,00	8,91	-0,11	14,09
	-1,20	0,51	0,00	8,91	-0,23	-36,93
Barra 21 (2 → 12) (L = 179,671)						
	0,27	0,63	0,01	73,71	0,67	30,29
	-0,01	0,09	-0,01	73,71	1,79	18,08
Barra 24 (2 → 13) (L = 187,731)						
	-7,10	0,34	0,00	-2,73	-0,20	19,44
	-7,18	-0,11	0,00	-2,73	0,00	22,94
Barra 22 (12 → 42) (L = 238,161)						
	-4,56	-0,68	0,01	52,99	1,05	-87,50
	-4,56	0,68	-0,01	52,99	1,27	-75,04
Barra 25 (13 → 43) (L = 248,915)						
	-10,01	-0,66	0,00	-2,33	-0,05	-87,45
	-10,01	0,66	0,00	-2,33	-0,07	-75,74
Barra 23 (42 → 72) (L = 175,011)						
	-4,04	0,56	0,03	-27,70	2,36	24,66
	-4,04	-0,56	-0,03	-27,70	2,41	74,02
Barra 26 (43 → 73) (L = 184,003)						
	-2,77	0,58	0,00	0,71	0,07	29,00
	-2,77	-0,58	0,00	0,71	0,00	77,76
Barra 181 (12 → 72) (L = 406,473)						
	4,41	1,28	0,00	20,85	0,76	69,41
	3,85	1,33	0,00	20,85	0,85	-79,00
Barra 182 (13 → 73) (L = 426,510)						
	2,69	1,14	0,00	-0,40	-0,02	64,51
	2,22	1,18	0,00	-0,40	-0,06	-72,58

4.2.2.2.4 Análise e dimensionamento

A estrutura tem uma geometria interessante com destaque à solicitação por tração das barras indicadas por FG e JK. Estas são responsáveis por um alívio gerado pelos balanços, promovendo um empuxo para cima dos trechos BGC e CJD, tornando o sistema eficiente em termos de distribuição de esforços.

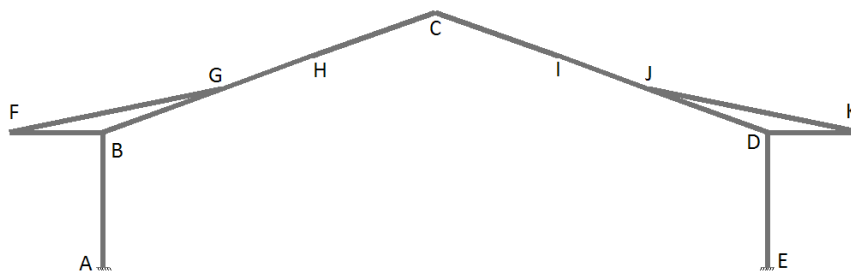


Figura 129 – Corte transversal da estrutura

O dimensionamento das barras foi feito pelo programa computacional Gestrut, após a determinação dos esforços. Foi considerada madeira do tipo Dicotiledônea da classe C40, que deve representar a classe da espécie efetivamente empregada na montagem da estrutura. O coeficiente de modificação (k_{mod}) foi adotado igual a 0,56.

A estrutura apresenta deslocamento vertical máximo igual a 0,6 cm, que é aproximadamente igual a 10 % do valor limite $L/200 = 1240/200 = 6,2$ cm.

Na Tabela 4 estão indicadas as solicitações que aparecem nas barras de referência mostradas na Figura 129. É possível notar que o momento fletor no meio do vão produzido pelas forças uniformemente distribuídas é sempre menor que os existentes nas extremidades da barra. Portanto, serão considerados no dimensionamento os momentos de extremidades em vez do momento fletor no meio do vão.

Tabela 4 – Informações sobre as barras dimensionadas

Barra	Carregamento	N1 kN	M1 kN·cm	q kN/cm	L cm	Mom. Fletor em L/2	Índice de aproveitamento
CH	Peso próprio	-0,32	-4,39	0,00071	256,34	28,42	0,26 ^a
	Telha	-1,51	-41,33	0,00275			
GH	Peso próprio	-1,81	6,62	0,00070	187,73	7,49	0,46 ^a
	Telha	-8,99	26,74	0,00100			
BG	Peso próprio	-2,83	17,11	0,00070	248,92	5,42	0,85
	Telha	-12,83	99,13	0			
FB	Peso próprio	-0,95	11,86	0,00075	184,00	3,17	0,57
	Telha	-5,02	89,63	0			
FG	Peso próprio	+1,03	11,41	0,00073	426,51	119,61	0,59
	Telha	+4,41	79,00	0,00453			

NOTA 1: pp indica peso próprio na expressão da última coluna

NOTA 2: Mom. fletor em L/2 calculado por $\frac{(q_{pp} + q_{telha}) \cdot L^2}{8}$ dado em kN·cm

^a Foi considerado $L = 256,34 + 187,73 = 444,07$ cm

^b peça flexotracionada: cálculo mostrado logo após esta tabela

A barra FG é flexotracionada e, portanto, foi verificada em relação à sua resistência de acordo com a ABNT NBR7190:1997. O momento fletor máximo de cálculo é igual a $1,4 \times 119,61 = 167,45$ kN·cm. Para a seção transversal 5 cm × 15 cm ($I_x = 1406,25$ cm⁴) tem-se uma tensão normal igual a $\sigma_d = 0,06 + 0,89 = 0,95$ kN/cm², que é inferior à resistência de cálculo à tração estimada para a madeira (1,6 kN/cm²). O índice de aproveitamento resulta, portanto, igual a $0,95/1,6 = 0,59$.

A coluna da Tabela 4 indicada por “Índice de aproveitamento” permite concluir que a barra mais crítica é a BG, comprimida e próxima do apoio. Mesmo assim, trabalha com folga de 15 %.

4.2.2.2.5 Conclusão sobre a cobertura do tipo quiosque

Todas as exigências normativas foram verificadas. Há que se observar o fato de não terem sido consideradas ações como o vento e sobrecargas. Como ponto positivo, destaca-se o arranjo estrutural que favorece a distribuição de esforços, ficando como uma sugestão interessante para construções com estas características.

Apesar dos pontos considerados, lamenta-se o tratamento dado a uma construção sob a qual há um fluxo significativo de pessoas. Os riscos – não quantificados – são inúmeros.

4.2.2.3 Estrutura Igreja Espírito Santo do Cerrado

A Igreja Espírito Santo do Cerrado foi interditada em 2007 por aparentes falhas na estrutura de madeira, conforme apresentado no item 4.2.1.12. Essas falhas, mais especificadamente fissuras, foram identificadas em cinco, das seis vigas roliças principais da estrutura.

Considerando que a madeira usada foi a Aroeira lavrada, de acordo com projeto arquitetônico e relato dos responsáveis pela edificação, e que foi substituída por Ipê e, considerando que não foram realizados ensaios de caracterização em laboratório para identificação precisa das classes a que pertence tal material (apenas análises visuais), foram verificadas duas situações de cálculos:

- Dicotiledônea da Classe C60, com 22 cm de diâmetro (medidos *in loco*): situação antes da substituição das vigas (Figura 130);
- Dicotiledônea da Classe C40, com 25 cm de diâmetro (peças substituídas após a reforma).

Os cálculos consideraram as solicitações estimadas referentes ao madeiramento e cobertura de telhas de barro abaixo representadas; k_{mod} de 0,56; ações normais de longa duração e classe de umidade=1.

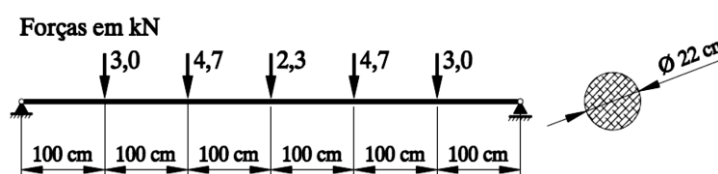


Figura 130 – Viga roliça de 22 cm de diâmetro com solicitações

A seguir é feita uma análise estrutural da condição antiga e da atual, na tentativa de justificar o reparo feito na edificação. Nesta análise apenas dois parâmetros foram considerados: a tensão normal (σ_x) e a flecha máxima (u). Os demais parâmetros – tensão cisalhante e estabilidade – não são importantes pelo fato da viga ser circular.

4.2.2.3.1 Análise da situação real

Considerando a classe C60 e vigas de seção circular de diâmetro de 22 cm, medidos no local, a tensão normal atuante encontrada foi $\sigma_x = 2,12 \text{ kN/cm}^2$, o que não indicaria insuficiência de capacidade da peça à compressão paralela, pois $f_{c0d} = 2,40 \text{ kN/cm}^2$.

A flecha gerada no centro foi de $u = 3,76 \text{ cm}$, ultrapassando a flecha limite de $u_{lim} = 3 \text{ cm}$.

Portanto, a condição de serviço da viga apenas não estava atendida quanto aos deslocamentos, o que não justificaria a falha observada in loco. Neste caso, ou as peças usadas não corresponderam ao material considerado, admitido como Aroeira, ou as peças foram usadas com falhas naturais na fase inicial de construção. De qualquer maneira ocorria deslocamento maior que o limite estabelecido por norma.

Em outra hipótese admitiu-se a madeira como da classe C40. Neste caso, justificaria a falha por deficiência de resistência, pois a tensão atuante ($\sigma_x = 2,12 \text{ kN/cm}^2$) excede a resistência de cálculo $f_{c0d} = 1,60 \text{ kN/cm}^2$. A flecha continuaria representando uma limitação, pois atingiria o valor de 4,76 cm, para um valor limite de 3 cm.

4.2.2.3.2 Análise da situação modificada

Para a solução do problema foram usadas peças circulares com diâmetros iguais a 25 cm da espécie Ipê (identificação generalizada). Como nenhuma caracterização laboratorial foi feita para conhecer as propriedades reais do material, considerou-se a possibilidade mais crítica, ou seja, que a madeira seja uma dicotiledônea C40, o que representa uma situação segura. Nesta hipótese as duas condições atendem às limitações, pois a máxima flecha da peça atinge o valor 2,84 cm, inferior a 3 cm, e a tensão σ_x atuante igual 1,45 kN/cm² também é inferior à resistência na compressão paralela ($f_{c0d} = 1,60 \text{ kN/cm}^2$). Portanto, a solução adotada representa uma condição segura para as vigas de cobertura da edificação, sem modificar as definições arquitetônicas.

4.2.2.3.3 Conclusão

Diante dos cálculos apresentados e das vistorias realizadas foi observado que a estrutura apresentava problemas referentes ao dimensionamento. A não existência de um projeto estrutural da cobertura ocasionou, no decorrer dos anos, o aparecimento de sinais que poderiam representar situações de perigo para a comunidade que frequenta o local. O

dimensionamento das peças precisava ser estudado e recalculado para verificação das possíveis falhas que começavam a aparecer.

A realização da prova de carga não permitiu ao engenheiro a observação visual da existência de flechas na madeira e da necessidade de substituição das peças, comprovadas pelos cálculos estruturais.

4.2.3 Casos Interessantes

Não é difícil encontrar construções em madeira com problemas estruturais aparentes. Isto acontece, conforme citado no decorrer do trabalho, muitas vezes em função da falta de conhecimento e projeto. A estrutura apresentada na Figura 131 ilustra uma destas situações, onde foi executada uma adaptação na forma de um mezanino em madeira, em estabelecimento comercial, sob e sobre o qual circulam grande quantidade de pessoas. A construção foi executada em duas fases: a primeira em 1998 e a segunda em 2003. Os proprietários rascunharam um projeto para solucionar o problema da falta de espaço local e solicitaram a um marceneiro a execução. De acordo com informações do proprietário, a estrutura foi construída com vigotas de Angelim Vermelho de (16×8) cm na primeira fase e vigotas de (12×6) cm na segunda fase. Os pilares foram construídos com duas peças de madeira de (12×6) cm unidas entre si e o piso de madeira compensada de 14 mm. Nota-se, portanto, claramente a inexistência de um estudo apropriado para o local, um descaso e falta de preocupação com as consequências advindas dos riscos provenientes de obra executada sem responsabilidade técnica.

Da Figura 131 pode ser notado que houve lógica ao se posicionar as emendas fletidas das vigas, alternando-as em relação às extremidades da viga. De outro lado, nota-se a total falta de preocupação com as patologias aparentes, como é o caso da torção da viga transversal de apoio, que serve de sustentação para as vigas mencionadas, destacada pela seta vermelha na Figura 131. A viga torcida parece estar sustentada por um gancho metálico fixado na alvenaria. É visível que a condição de trabalho desta viga de sustentação não é aceitável, porém nenhuma providência aparentemente foi tomada.



Figura 131 – Mezanino construído em madeira

Como pode ser deduzido a partir da Figura 132 não há nenhuma recomendação técnica para executar este tipo de emenda sujeita à flexão. Esta apresenta dois pinos verticais suportando as solicitações de um piso, em condição exclusiva de esforços de flexão. A emenda posicionada próxima aos apoios – menos traumático por envolver momento fletor menor –, envolve encaixes horizontais obtidos por meio da remoção de metade da seção transversal para cada uma das peças. O momento fletor é absorvido pela alavanca proporcionada pelos dois pinos distanciados horizontalmente. Nota-se pela Figura 132a que a emenda parece não ter qualidade. Há um distanciamento no encaixe inferior (por tração) e um contato na parte superior (por compressão), o que era o esperado. Na Figura 132b é totalmente visível o desalinhamento das peças, talvez seja até construtivo, considerando que parece existir total contato do piso com a viga o que garante estabilidade para o sistema. Também é visível o mau posicionamento dos pinos verticais que não estão centrados em relação à largura da viga. Há que se considerar um fator contribuinte para o sistema promovido pela contribuição da placa de compensado do piso que deve agregar resistência e rigidez como elemento horizontal, garantindo a viga com seção transversal do tipo T. Enfim, este caso revela um desrespeito público que coloca em risco a vida humana. A falta de projeto e, conseqüente mau funcionamento do sistema, implica na determinação de culpados para o insucesso desta construção, onde a vilã é sempre a madeira.



a) Emenda em flexão



b) Emenda em flexão – desalinhada

Figura 132 – Exemplo de emenda em flexão mal projetada

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

As discussões das estruturas analisadas mostraram uma enorme possibilidade de utilização da madeira em coberturas. São arranjos diferenciados que servem como coberturas em construções de pequenos a grandes vãos.

Observou-se que há uma quantidade significativa de estruturas de madeira na cidade de Uberlândia-MG. Estas construções ocorrem ao longo do tempo, originando estruturas com diferentes idades, desde aquelas construídas há mais de 50 anos até as recentemente construídas. Parece ser uma tendência a construção de estruturas empregando peças roliças de eucalipto, deixando-as expostas para causar efeitos visuais. Estão sendo empregadas em estabelecimentos comerciais e residenciais, em estruturas de cobertura, construções residenciais ou para causar efeito arquitetônico. Contribui para esta tendência a existência de empresas especializadas no fornecimento deste tipo de material, onde há um controle de qualidade que resulta em maior confiança do consumidor.

Mais da metade das construções analisadas utilizaram o eucalipto como elemento estrutural, o que significa que a sociedade já está inserindo com maior frequência a madeira de reflorestamento no mercado da construção civil. De acordo com Bossa (2010), a madeira roliça de Eucalipto tratado é uma grande promessa para o futuro, pois, é um material pronto para ser empregado com baixos custos de produção.

Observou-se também, por meio dos estudos de caso, que não foi possível confirmar a existência de projeto da maioria das estruturas de madeira. Por informações não oficiais, supõe-se que duas das estruturas, identificadas por “Galpão em arco” (no. 10) e “Pátio de Colégio” (no. 14), devem ter sido projetadas por empresa especializada que atuava na década de 1950, conforme pode ser observado na literatura. Pode ser considerado que este

tipo de estrutura não indica a atuação do carpinteiro, pois foge da concepção convencional. São estruturas de grandes vãos e ainda apresentam perfeitas condições de funcionamento. Isto demonstra que, quando há a preocupação com o desenvolvimento do projeto estrutural e acompanhamento adequado da execução, as estruturas de madeira possuem durabilidade inquestionável.

Além destas, somente em duas outras foi possível comprovar a existência de cálculo estrutural. Exceto uma, todas as demais estruturas em que se empregou peças roliças de eucalipto comprovou a presença de arquiteto no seu projeto, porém não foi possível saber sobre a efetiva participação do engenheiro de estruturas no cálculo das mesmas.

As estruturas avaliadas apresentam elementos de ligações convencionais, tais como, entalhes, parafusos, pregos, abraçadeiras e chapas de aço parafusadas, bem como cabos de aço e/ou madeiras para o contraventamento. A diferença é que devido à grande variedade de arranjos estruturais, cada ligação foi inserida de maneira a atender melhor as suas condições. Porém, a maior parte destas ligações foi executada de forma intuitiva, sem estudos apropriados ou adequação às normas. A consequência foi o aparecimento de patologias tais como flechas excessivas, rachaduras, perdas de estabilidade etc. Algumas das estruturas que apresentaram tais patologias sofreram intervenções, outras continuam com sérios problemas, e estão funcionando em severa condição de risco. Talvez pela visão errônea arraigada na sociedade voltada para as estruturas de madeira. Se estas apresentarem problemas, tudo parece comum, pois a falha ficará atribuída ao material, parecendo algo comum, sem consequências.

Além disto, foi observado que não há na cidade de Uberlândia uma fiscalização ativa no sentido de verificação destas estruturas e de seus projetos. A maioria das construções é executada sem a preocupação com a necessidade do cálculo estrutural, colocando em risco os usuários destes espaços. Não existem sequer leis no município que exijam a formalização dos projetos estruturais em madeira, de acordo com informações da Secretaria de Planejamento Urbano (Anexo A).

As análises das estruturas apresentadas no trabalho mostraram que sendo as estruturas calculadas adequadamente, não precisariam sofrer intervenções ou serem substituídas.

De uma forma geral, fica comprovada a importância da existência do projeto estrutural deixando um alerta aos órgãos de fiscalização que usualmente dão tratamentos diferenciados para materiais estruturais. Devem ser adotados procedimentos padronizados independentemente do material empregado. Além disto, é evidente a escassez de calculistas especializados em projeto de estruturas de madeira. Portanto, também cabe às universidades repensar currículos que contemplem de forma mais efetiva o ensino voltado para o dimensionamento de elementos em madeira, permitindo a formação de projetistas qualificados para dimensionar o material.

Por fim, há que se louvar a existência de processo de licitação recente para o cálculo estrutural de coberturas empregando eucalipto, processo em andamento, sob a responsabilidade da Prefeitura Municipal de Uberlândia. Acredita-se que este seja um passo importante e se torne um procedimento padrão para o futuro.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, R. B. de. **Sambladuras em tesouras de madeira tipo Howe**. 2006. 172 f. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, ago. 2006.

AMARANTH, E. **Os mitos em torno da casa enxaimel**. Revista eletrônica REVI. Agência Experimental de Jornalismo/Revi & Secord/Rede Bonja. Joinville: ago. 2007.

AMEDEU, Di. **Case in legno. Le principali caratteristiche**. Coffee news.it. Edilizia... e nom solo. 2011. Il. Color. Disponível em: < <http://www.coffeenews.it/case-in-legno-le-principali-caratteristiche>>. Acesso em: fev. 2011.

ARCHITECTURAL Timber Trusses. Timber Manual Datafile SS7. National Association of Forest Industries - NAFI, 2005. Disponível em: <<http://www.timber.org.au/resources/>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de Estruturas de Madeira. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 15310**: componentes cerâmicos – telhas – terminologia, requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro. 2005.

BAIRD, J. A.; OZELTON, E. C. **Timber Designers' Manual**. 2nd ed. London: Ed. Collins, 1984. ISBN 0-00-383402-6.

BALLON Framing. Toronto, 2003. Il color. Disponível em: <www.HousingToronto.com>. Acesso em: jan. 2011.

BOSSA, L. A. **Madeira em Uberlândia–MG**. Entrevista 26 de novembro de 2010.

BRASIL. Decreto de 03 de julho de 2003. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal. **República Federativa do Brasil: Casa Civil**, Brasília, DF, mar. 2004. 156 p.

BREYER, D. E.; FRIDLEY, K. J.; POLLOCK, D. G.; COBEEN, K.E. **Design of Wood structures – ASD**. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2003. ISBN 0-07-137932-0.

BUTLER, R. A. **Imagem Amazon Maloca**. 2006. Il. color. Disponível em: <<http://pt.mongabay.com/travel/files/p3272p.html>>. Acesso em: fev. de 2011.

CARVALHO, J. S. de; LAHR, F. A. R. **Contribuição para a definição de critérios para o dimensionamento da ligação entre peças estruturais de madeira por chapas metálicas com dentes estampados**. Cadernos de Engenharia de Estruturas. São Carlos, v.9, n. 36, p. 49-63, 2007. ISSN 1809-5860.

COFORD: National Council for Forest Research and Development. **Timber frame component elements**. Il. Woodspec, 2006. Disponível em: <<http://www.woodspeg.ie/sectionbdetaileddrawings/b6timberframe/>>. Acesso em: jan./2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº406 DE 02 de fevereiro de 2009. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de Plano de Manejo Florestal Sustentável-PMFS com fins madeireiros, para florestas nativas e suas formas de sucessão no bioma Amazônia. **DOU**, nº 26, 06 de fevereiro de 2009. P. 100.

CONSTRUÇÕES nobres em madeira. Revista Arquitetura e Construção. Ed. Abril. São Paulo, ano 25, nº195, jun. de 2010. Il. color.

CRISE freia corte de madeira. Jornal Correio, Uberlândia, Meio Ambiente, p. A7, 9 ago. 2010.

DELMAR, M. **Sistema de palafitas**. Maio, 2005. Il. color. Disponível em: <<http://www.baixaki.com.br/papel-de-parede/2519-palafitas-manaus-am.htm>>. Acesso em: fev. de 2011.

DIAS, A. **Encaixes Japoneses parte 1 – Kado tsugi**. Arquivo dwg 3D. Blog Estruturas de Madeira. Set, 2007. Disponível em: <http://estruturasdemadeira.blogspot.com/2007/09/encaixes-japoneses-parte-1-kado-tsugi_19.html>. Acesso em: 15 fev. 2011.

DIAS, J. F. ; ALMEIDA, R. O. ; DORNELAS, R. C. **Madeira legal, um objetivo a ser alcançado - estudo realizado na cidade de Uberlândia-MG**. In: XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010, Canela - RS. ENTAC 2010. Porto Alegre : ANTAC, 2010. v. 1. p. 1-10.

DUARTE, D.; GONÇALVES, J.C.S.; MULFARTH, R. K.; SASSE, A.; TERRIN, E. **O mercado da madeira e a construção civil**. AUT 221 – Arquitetura, Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. São Paulo: FAU-USP, 2006.

ESPÓSITO, S. S. **O uso da madeira na arquitetura dos séculos XX e XXI**. Dissertação do Curso de Mestrado em Arquitetura. Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2007.

FERRAZ, J. M. ; MENEZZI, C. H. S. D.; TEIXIERA, D. E.; OKINO, E. Y. A.; SOUZA, F. D.; BRAVIM, A.G. **Propriedades de painéis de partículas laminadas paralelas utilizados como alternativa à madeira maciça**. Lavras: Cerne, v.15, n. 01, jan. mar./2009. P. 67-74. ISSN 0104-7760.

FERREIRA, M. da C. de J. **Nara: mosteiros budistas e seus pagodes – patrimônios da humanidade**. Trabalho apresentado à disciplina de pós-graduação História da Arte Oriental. Universidade Independente de Lisboa. Lisboa, 2000.

GESUALDO, F.A.R. Versão Educacional. **Gestrut: Análise de estruturas tridimensionais reticuladas**, 2010.

GOUVÊA, I. Identidade Arquitetônica do Índio Brasileiro. Assentamentos Humanos. Universidade de Marília, v. 01, p. 020-025, 2007.

HERZOG, T.; NATTERER, J.; SCHWEITZER, R.; VOLZ, M.; WINTER, W. **Timber Construction Manual**. Basel: Birkhauser, 2008. 375p.

IGREJA Espírito Santo do Cerrado. Coordenado por Marcelo Carvalho Ferraz. Lisboa: Editorial Blau e Instituto Lina Bo e P. M. Bardi, 1999. ISBN: 972-8311-45-1.

KARLSEN, G. G. **Wooden Structures**. Moscow: Mir, 1967.

MADEIRA: uso sustentável da madeira na construção civil. Coordenador: Prof. Poffo Ferreira. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: SVMA: Sinduscon – SP, 2003. – (Publicação IPT; 2980).

MANEJO florestal sustentável e exploração de impacto reduzido na Amazônia brasileira. REVISTA ELO. Ed. RMC. São Paulo. Disponível em: <<http://www.sotreq.com.br/artigostecnicos/manejo-sustentavel.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2009.

MARQUEZ, F. L.; MEIRELLES, C.R.M. **Arquitetura em Bambu: técnicas construtivas na utilização do bambu como material arquitetônico**. São Paulo: Mackenzie, 2006.

MILLER, F.; TAYLOR, R.; WHITE, G. Seja Legal: **Boas práticas para manter a madeira ilegal fora de seus negócios**. Adaptação de André Dias et al. Brasília: WWF Internacional, jan. 2009. 77p.

MOLITERNO, A. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira**. Revisão de Reyolando M. L. R. da Fonseca Brasil. 3.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2009. 268p.

MOORE, F. **Understanding structures**. New York: McGraw-Hill, 1999.

OECKSLER, J. C. **Sistema enxaimel**. 2005. Il. color. Disponível em: <http://www.blumenauonline.com.br/conhecablumenau/cultura_arquitetura.aspx>. Acesso em: fev. 2011.

PACHECO, P. **Construção civil está aquecida**. Jornal Correio, Uberlândia, 12 jun. 2009.

PARTEL, H.; FERREIRA, N.S.S. Projeto e construção de uma estrutura de cobertura em cúpula utilizando o sistema VARAX e MLC. In: CALIL JUNIOR.; C.; MOLINA, J.C. (Ed.) **Coberturas em estruturas de madeira: exemplos de cálculo**. 1.ed. São Paulo: Pini, 2010. P. 185-201.

PECUÁRIA na Amazônia gera 44% das emissões. Revista Referência em Madeira. Curitiba, n.95, p.78, set. 2009.

PEIXOTO, D. **Favelas partidas: Barracos de pau-a-pique convivem com construções bem acabadas**. Carla Rocha, Fábio Vasconcellos, Selma Schmidt e Vera Araújo. Jornal O Globo. Ago. de 2009. Il. color.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de Madeira**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2003.

PROJETO Prodes: Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por satélite. Coordenação Geral de Observação da Terra – OBT. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE. 2009.

REBELLO, Y. C. P. **A Concepção Estrutural e a Arquitetura**. 3ª ed. São Paulo: Ed. Ziguarte, 2003. 271 p. ISBN 85-85570-03-2.

REBELLO, Y. C. P. **Algumas questões sobre o processo de concepção de arquitetura e da estrutura**. Universidade São Judas Tadeu, Ano XII, nº 47, dez/2006. P. 315-321.

REBELLO, Y. C. P.; LEITE, M. A. A. **As primeiras moradias**. Revista AU. Editora Pini. São Paulo, ano 22, nº 161, p. 76-79, ago., 2007.

REIS FILHO, N. G. **Quadro da Arquitetura no Brasil**. 2ª ed. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1973.

SANT'ANNA, S. S.; MEIRELLES, C. R. M. **A influência do sistema construtivo leve na linguagem arquitetônica californiana**. Artigo apresentado em III Fórum de pesquisa FAU-Mackenzie/ 2007. Los Angeles: 2006.

SANTOS, V. F. **Desflorestamento na Amazônia Legal: Uma análise discriminante**. In: Congresso da Sober, 2009, Porto Alegre. Anais do XLVII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2009

SHAEFFER, R. E. **Elementary structures for architects and builders**". New Jersey: Pearson Education, 2001.

SHODEK, D.L.; BECHTHOLD, M. **Structures**. New Jersey: Upper Saddle River, 2008.

SLAVID, R. **Arquitetura em Madera**. Barcelona: Ed. Art Blume, 2005. ISBN 84-9801-027-6.

TRAPANO, P. Di; BASTOS, L. E. G. **Qualidade ambiental e concepção arquitetônica - um estudo de caso: Renzo Piano/Centro Cultural Jean-Marie Tjibaou**. Arqtextos 082. Texto especial 406. Mar 2007. Portal Vitruvius: ISSN 1809-6298.

USO sustentável da madeira na construção civil. Comitê Temático de Materiais do Conselho Brasileiros de Construção Sustentável. São Paulo, ago. 2009.

WWF Brasil. **O que é certificação florestal?** Disponível em: <http://www.wwf.org.br/informacoes/questoes_ambientais/certificacao_florestal/index.cfm>. Acesso em: 27 out 2009.

ZENID, G. J. **Madeira: uso sustentável na construção civil**. 2ª ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: SVMA, 2009. (Publicação IPT: 3010)

APÊNDICE

APÊNDICE A

TABELA DE LEVANTAMENTO CADASTRAL DE OBRAS COM ESTRUTURAS DE COBERTURA APARENTES EM MADEIRA EM UBERLÂNDIA/MG										
Nº	ESTABELECIMENTOS VISITADOS	DÉCADA CONSTRUÇÃO	ARQUITETURA (TRAD. CULTURAL?)	MADEIRA (ORIGEM LEGAL?)	PROJETO ARQUITETÔNICO OU ESTRUTURAL	ARRANJO ESTRUTURAL	VÃO ARRANJOS	TIPOS LIGAÇÕES	PATOLOGIAS/ INTERVENÇÕES	ESTADO DE CONSERVAÇÃO
1	BAR E RESTAURANTE 1	2000	ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA - RELEITURA TRELIÇAS PERÍODO COLONIAL	PILARES EUCALIPTO E TRELIÇAS DE MADEIRA CERRADA	PROJETADA POR MARCENEIRO	TRELIÇA NÃO CONVENCIONAL	7,80 M CADA TRELIÇA COM APROXIMADAMENTE 407 M ²	PARAFUSADAS, CHAPAS DE AÇO PARAFUSADAS E ENTALHES	REFORÇO DE ABRAÇADEIRAS NAS EXTREMIDADES	BOM, PORÉM COM DESALINHAMENTOS ESTRUTURA CENTRAL
2	BAR E RESTAURANTE 2	2004	ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA - RELEITURA TRELIÇAS PERÍODO COLONIAL	PILARES EUCALIPTO E TRELIÇAS DE MADEIRA CERRADA	PROJETADA POR MARCENEIRO/ RECALCULADA POSTERIORMENTE POR ENGENHEIRO	TRELIÇA TRIANGULAR DUAS ÁGUAS COM DISTRIBUIÇÃO DE BARRAS NÃO CONVENCIONAL	10 M VÃO TRELIÇA E 19,15 M DE COMPRIMENTO	ABRAÇADEIRAS DE METAL, CHAPAS DE AÇO E PREGOS	RECÁLCULO DE ESTRUTURA E ACRÉSCIMO DE BARRAS DIAGONAIS E MONTANTES (2005-2007)	CONDIÇÕES IMPRÓPRIAS, ESPAÇAMENTOS EXCESSIVOS ENTRE BANZOS, FLAMBAGEM, EXECUÇÃO INADEQUADA
3	BAR E RESTAURANTE 3	2003	ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA NÃO TRADICIONAL	EUCALIPTO TRATADO	ESCRITÓRIO ENGENHARIA E MONTAGEM EMPRESA	TESOURA ARQUITETÔNICA TIPO HOWE EM EUCALIPTO	15,35 M COM 580 M ²	PARAFUSOS METÁLICOS	CABOS DE AÇO PARA GARANTIR ESTABILIDADE	BOM

					ESPECIALIZADA				E	
4	BAR E RESTAURANTE 4	2008	ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA SIMPLES	PAU BRASIL, CUMARU E ANGELIM VERMELHO	MARCENEIRO	4 PLANOS E VIGAS PARALELAS FORMANDO RETICULADO	12 M x 13 M VÃOS	PARAFUSADAS, CHAPAS DE AÇO PARAFUSADAS E ENTALHES	INSTABILIDADE DA PRIMEIRA ESTRUTURA LEVOU à SUBSTITUIÇÃO DA MESMA	BOM
5	CONCESSIONÁRIA DE AUTOMÓVEIS	2006	ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA	EUCALIPTO TRATADO E VIGAS SERRADAS	PROJETADA E EXECUTADA PO CONSTRUTOR	ESTRUTURA TIPO PÓRTICO SIMPLES	15 M VÃO COM APROX. 320 M ² DE COBERTURA	PINOS, PARAFUSOS, ENTALHES E PREGOS	DEFORMAÇÕES EXCESSIVAS E LIGAÇÕES DEFICIENTES	BOM ESTADO APÓS A REFORMA
6	COBERTURA PARA ESTACIONAMENTO 1	1995	ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA	ANGELIM VERMELHO	CONSTRUTORA	ESTRUTURA TIPO PÓRTICO COM VIGAS EM SEÇÃO I	4,95 M VÃO POR APROX. 45 M ² DE ÁREA COBERTA	PREGOS E ENCAIXES	DEFORMAÇÕES NAS VIGAS GERANDO FLECHAS, LIGAÇÕES NÃO CALCULADAS	DEFEITOS DE EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO: FUNCIONAMENTO COMPROMETIDO
7	COBERTURA PARA ESTACIONAMENTO 2	2004	ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA	MADEIRA CERRADA	CARPINTEIRO	ESTRUTURA EM BALANÇO COM VÃOS LIVRES	BALANÇO VENCENDO UM VÃO DE 4,10 M E 130 M ² CONSTRUÍDOS	ENTALHES, PARAFUSOS, PREGOS	LIGAÇÕES MAL EXECUTADAS, REFORÇOS COM PARAFUSOS E CHAPAS DE AÇO, CORREÇÕES INEFICIENTES	DEFEITOS DE EXECUÇÃO, FALTA DE PROJETO E CONSERVAÇÃO

8	COBERTURA PARA ESTACIONAMENTO 3	1990	ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA - RELEITURA PERÍODO COLONIAL	PILARES AROEIRA E VIGOTAS E CAIBROS EM ANGELIM VERMELHO	CARPINTEIRO	TESOURA NÃO CONVENCIONAL: PÓRTICO DE LIGAÇÕES RÍGIDAS E SEMI-RÍGIDAS	9 M DE VÃO POR 28 M COMPRIMENTO	ENCAIXES E CHAPAS DE AÇO PARAFUSADAS, PARAFUSOS E ABRAÇADEIRA METÁLICAS	LOCAL SOFREU MUDANÇA DE USO MAS PRESERVOU ESTRUTURA	BOM ESTADO DE CONSERVAÇÃO SEM EVIDÊNCIAS DE COMPROMETIMENTOS
9	ESPAÇO CULTURAL E ESPORTIVO	2008	ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA	PILARES DE EUCALIPTO TRATADO E VIGAS EM ANGELIM VERMELHO	CARPINTEIRO	10 PLANOS GEOMETRICAMENTE IGUAIS	12,40 M VÃO COM APROX. 113 M ²	PARAFUSOS E CHAPAS METÁLICAS PARAFUSADAS	NENHUMA	BOM ESTADO DE CONSERVAÇÃO SEM EVIDÊNCIAS DE COMPROMETIMENTOS
10	GALPÃO EM ARCO	1950	ARQUITETURA MODERNA (?)	MADEIRA LAMINADA PREGADA	ESPECIALISTA EM ESTRUTURAS DE MADEIRA/ ACOMPANHAMENTO DE OBRA	ARCO TRELIÇADO	20,85 M DE VÃO CADA ARCO EM APROX. 1900 M ² DE ÁREA	PREGOS, COLA, PARAFUSOS E ENCAIXES	PEÇAS COM PERDA DE ESTABILIDADE E RACHADURAS	ESTRUTURA EM RECUPERAÇÃO. BOAS CONDIÇÕES DE SERVIÇO POR TEMPO INDETERMINADO
11	GALPÃO DE OFICINA MECÂNICA	1950	ARQUITETURA MODERNA (?)	PEROBA ROSA SERRADA	ESPECIALISTA EM ESTRUTURAS DE MADEIRA/ ACOMPANHAMENTO DE OBRA	TRELIÇA CONVENCIONAL COM CONTRAVENTAMENTOS LATERAIS E LANTERNIM	20 M DE VÃO COM 800 M ² DE ÁREA	PREGOS, CHAPAS METÁLICAS PARAFUSADAS E ABRAÇADEIRAS	NÃO APRESENTA. ESTRUTURA BEM EXECUTADA	ESTRUTURA ESTÁVEL. ÓTIMAS CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO.
12	IGREJA ESPÍRITO SANTO DO CERRADO	1975	ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA	AROEIRAS LAVRADAS NA ESTRUTURA PRINCIPAL E CAIBROS DE PEROBA	ARQUITETA - PRÉ-DIMENSIONAMENTO	VOLUME CIRCULAR		PARAFUSOS E CHAPAS METÁLICAS PARAFUSADAS, ABRAÇADEIRAS	INFILTRAÇÕES, CUPINS E DESGASTE NATURAL: 2007 VIGAS SUBSTITUÍDAS, REFORÇO	BOAS CONDIÇÕES DE USO

									COM PARAFUSOS	
13	PARQUE SQUIEROLLI (MUSEU)	2002	ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA	EUCALIPTO TRATADO E PEÇAS SERRADAS	PROJETADO E CALCULADO POR ARQUITETO E EXECUTADO POR EMPRESA ESPECIALIZADA	CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DIFERENCIADA	12 M VÃO APROX. E 460 M ² ÁREA	PARAFUSOS E CHAPAS METÁLICAS PARAFUSADAS	NENHUMA	BOAS CONDIÇÕES DE USO
14	PÁTIO DE UM COLÉGIO	1950	ARQUITETURA MODERNA (?) GALPÃO DE MÓVEIS	MADEIRA LAMINADA PREGADA	ESPECIALISTA EM ESTRUTURAS DE MADEIRA	ESTRUTURA EM ARCO CONTRAVENTADA EM MADEIRA ATIRANTADO COM AÇO	20 M VÃO COM APROXIMADAMENTE 2500 M ² CADA GALPÃO	ABRACADEIRAS DE METAL, COLA, PARAFUSOS E PREGOS	MUDANÇA DE USOS E TRATAMENTO DE LIMPEZA	ÓTIMAS CONDIÇÕES DE USO
15	RESIDÊNCIA COM ESTRUTURA DE EUCALIPTO	2010	ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA	EUCALIPTO TRATADO	PROJETADA POR ARQUITETA E CALCULADA E ACOMPANHADA POR ENGENHEIRO CIVIL			PARAFUSADAS E ENTALHES	FALTA DE MÃO-DE-OBRA ESPECIALIZADA PARA EXECUÇÃO: ERROS DE CORTE E FUNDAÇÃO DOS PILARES	BOM
16	RESIDÊNCIA TIPO CHALÉ	1997	ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA - RELEITURA SUL DO PAÍS	MAÇARANDUBA ORIGEM DESCONHECIDA	PROJETADA E CALCULADA POR ENGENHEIROS CIVIS. EXECUÇÃO ACOMPANHADA	TESOURA ARQUITETÔNICA TIPO CHALÉ	8,7 M VÃO	PARAFUSADAS	NENHUMA	BOM
17	SALÃO DE FESTAS	2007	ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA	EUCALIPTO TRATADO E VIGAS SERRADAS	PROJETADO E CALCULADO POR ARQUITETO E EXECUTADO POR EMPRESA ESPECIALIZADA	TESOURA ARQUITETÔNICA TIPO HOWE EM EUCALIPTO	12 M VÃO E 390 M ² DE PAVILHÃO	PARAFUSADAS, COM CHAPAS DE AÇO PARAFUSADAS E COM ABRACADEIRAS	NENHUMA	BOM

								RAS		
18	SEDE DE EMPRESA 1	1999	ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA	EUCALIPTO TRATADO E VIGAS SERRADAS DE EUCALIPTO	PROJETADO E CALCULADO POR ARQUITETO E EXECUTADO POR EMPRESA ESPECIALIZADA	PÓRTICO SIMPLES: VIGAS E PILARES		ENTALHES, PREGOS E PARAFUSOS	NENHUMA	BOM
19	SEDE DE EMPRESA 2	2001	ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA	EUCALIPTO TRATADO E VIGAS SERRADAS DE IPÊ	PROJETADO E CALCULADO POR ARQUITETO E EXECUTADO POR EMPRESA ESPECIALIZADA	TESOURAS EM EUCALIPTO		ENTALHES, PREGOS E PARAFUSOS	NENHUMA	BOM

ANEXO

Anexo A



Diretoria de Aprovação de Projetos

Memorando nº 0109/2011 – SEPLAN/DAP

Em 13 de janeiro de 2011.

Ao Protocolo Geral

Em resposta ao processo nº 20054/2010, em nome de Renata Oliveira Almeida, o qual solicita informações sobre projeto estrutural de algumas edificações específicas com estrutura em madeira, informamos que antes da Lei Complementar nº 4796/88, não existia a obrigação de se apresentar projeto arquitetônico ao Município, tampouco o projeto estrutural. Posteriormente a esta Lei, os processos anteriores a 1999 foram microfilmados, não existindo assim, projeto arquitetônico em suas pastas, apenas cópias de documentos.

Assim, para nenhum dos imóveis solicitados foi encontrado o projeto estrutural por se tratarem de imóveis anteriores a 1988.

Segue, em anexo, mapa do loteamento onde identifica o proprietário do imóvel e cadastro dos outros imóveis com a área construída lançada.

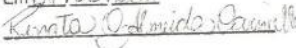
Atenciosamente,


LUCIANA VILLELA ALVES
Diretora de Aprovação de Projetos


RUBENS KAZUCHI YOSHIMOTO
Secretário Municipal de Planejamento Urbano

Estou ciente do(s) parecer (es) deste processo.

Em 11/02/2011


Renata Dalmeida Paiva