



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia de Materiais e Construção
Curso de Especialização em Construção Civil



Monografia

"SISTEMA CONSTRUTIVO MODULAR"

Autor: Wagner Rocha Soutto Mayor
Orientador: Prof. Roberto Rafael Guidugli Filho

Agosto / 2012

Wagner Rocha Soutto Mayor

"SISTEMA CONSTRUTIVO MODULAR"

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil
Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Fabricação e Montagem
Orientador: Prof. Roberto Rafael Guidugli Filho

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2012

“ (...) A interação entre o mundo de nossos corpos e o mundo de nossas habitações está sempre em fluxo. (...) Estejamos nós, conscientes ou não desse processo, nossos corpos e nosso movimento estão em constante diálogo com nossos edifícios.”

*Robert Yudell
Body, Memory and Architecture
1977*

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO -----	01
2- FUNDAMENTAÇÃO -----	02
2.1- A História e Evolução dos Pré-Fabricados no Brasil -----	02
2.2- Estudo da modulação -----	04
2.3- Diferença entre pré-moldados e pré-fabricados -----	15
2.4- Características dos pré-fabricados (opção pelo Concreto) -----	16
2.5- Justificativa do tema -----	18
3- OBRAS ANÁLOGAS (Características pré-fabricadas de porte similar) -----	21
3.1- Prefeitura de Belo Horizonte - Alvenaria -----	21
3.2- Diamond House - Madeira -----	24
3.3- Capremol - Painéis pré-moldados maciços -----	27
3.4- Usiminas (Usiteto) - Estruturas Metálicas -----	31
3.5- Precon - Blocos de concreto autoclavado -----	33
3.6- Cohab - Alvenaria -----	37
3.7- Casas Kurten - Madeira -----	40
3.8- R4 Tecnologia Aplicada - Painéis pré-fabricados alveolares -----	41
4- PROJETO DA HABITAÇÃO -----	43
4.1- Definição do projeto (conceito) -----	43
4.2- Programa -----	44
4.2.1- Necessidades do Usuário -----	45
4.2.2- Necessidades das atividades -----	45
4.2.3- Necessidades de acessórios -----	46
4.2.4- Qualidades e Relações Desejadas -----	46
4.3- Elementos da habitação proposta -----	47
4.3.1- Terreno -----	47
4.3.2- Fundação / Baldrames -----	48
4.3.3- Painéis Curvos: Piso, Cobertura, Fachadas Laterais e Torre -----	50
4.3.4- Painéis Planos: Divisórias, Fundos, Fachada Frontal e Torre -----	51
4.3.5- Travamentos -----	54
4.3.6- Esquadrias -----	55
4.3.7- Forro -----	55
4.3.8- Instalações Hidro-sanitarias -----	56
4.3.9- Instalação Elétrica -----	57
4.3.10- Demais Elementos -----	57
4.4- Dados para otimização do dimensionamento (modulação) -----	58
4.4.1- Modelagem -----	58
4.4.2- Ligações -----	59
4.4.3- Tolerâncias -----	60
4.5- Croquis da Habitação (Estudo) -----	61
4.6- Croquis das Fôrmas (Fabricação) -----	62
4.7- Plantas da Habitação Proposta -----	65
4.8- Perspectivas -----	68
4.9- Fabricação -----	69
4.9.1- Processo Fabril -----	69
4.9.2- Materiais (Pré-fabricados em Concreto) -----	73
4.9.3- Fôrmas Metálicas (Concretagem e Transporte) -----	74
4.9.4- Montagem -----	77
4.9.5- Critérios Legais de Aplicação -----	78

4.10- Sustentabilidade aplicada ao projeto	80
4.10.1- Energia Solar	80
4.10.2- Captação de água de chuva	81
4.10.3- Utilização do Concreto	84
4.10.4- Outras medidas	85
5- CONCLUSÃO	86
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
6.1- Livros	87
6.2- Internet	87
6.3- Glossário	89
7- ANEXOS	90
7.1- EMBASAMENTO LEGAL	90
7.1.1- Legislações Pertinentes	90
7.1.2- Normas	93
7.1.2.1- Acessibilidade	93
7.1.2.2- Acústica	93
7.1.2.3- Ar Condicionado	93
7.1.2.4- Argamassa	93
7.1.2.5- Argamassa - Assentamento	93
7.1.2.6- Argamassa - Revestimento	93
7.1.2.7- Azulejo / Cerâmica	94
7.1.2.8- Caixilhos	94
7.1.2.9- Elétrica	94
7.1.2.10- Estrutura	94
7.1.2.11- Estrutura - Concreto	94
7.1.2.12- Fundação	95
7.1.2.13- Fundação - Solo	95
7.1.2.14- Gás	95
7.1.2.15- Gesso	95
7.1.2.16- Gesso Acartonado	95
7.1.2.17- Hidráulica	95
7.1.2.18- Hidráulica AF	95
7.1.2.19- Hidráulica AP	95
7.1.2.20- Hidráulica AQ	95
7.1.2.21- Hidráulica Cerâmico	95
7.1.2.22- Hidráulica Esgoto	96
7.1.2.23- Impermeabilização	96
7.1.2.24- Incorporação	96
7.1.2.25- Lajes pré-fabricadas	96
7.1.2.26- Manutenção	96
7.1.2.27- Pintura	96
7.1.2.28- Piso	96
7.1.2.29- Porta	97
7.1.2.30- Projetos	97
7.1.2.31- Segurança	97
7.1.2.32- Telefonia	97
7.1.2.33- Topografia	97
7.1.2.34- Vidro	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Modelo de construção industrializada reticulada-----	04
Figura 2- Modelo de construção industrializada em montagem com grua-----	05
Figura 3- Composições e Conceito (Estudo da Bauhaus)-----	07
Figura 4- Conceito – Sistema de desenvolvimento por malhas-----	08
Figura 5- Conceito – Regularidade, continuidade, crescimento e expansão-----	09
Figura 6- Conceito – Elaboração partindo de formas geométricas básicas-----	10
Figura 7- Modelo de construção modular para terrenos acidentados-----	11
Figura 8- Modelo de construção industrializada reticulada-----	11
Figura 9- Delimitações espaciais-----	12
Figura 10- Aplicações de esquadrias de acordo com modulações-----	13
Figura 11- Modulações e suas características-----	14
Figura 12- Déficit habitacional absoluto e relativo por Estado (2007)-----	18
Figura 13- Déficit habitacional por inadequação por faixa de renda (2007)-----	19
Figura 14- Tabela com modelos prontos de residências fornecidas pela PBH-----	22
Figura 15- Modelo de residência N°1-Prefeitura de Belo Horizonte-----	23
Figura 16- Fachada casa Diamond House-----	24
Figura 17- Conjuntos montados Diamond House-----	24
Figura 18- Desenho comercial vendas. Planta e Fachada. Diamond House-----	26
Figura 19- Visada externa casa pronta. Capremol-----	27
Figura 20- Visada externa casa pronta. Capremol-----	27
Figura 21- Fabricação dos painéis. Capremol-----	28
Figura 22- Formas das galgas de parede. Capremol-----	28
Figura 23- Estoque dos painéis. Capremol-----	28
Figura 24- Estoque das treliças base. Capremol-----	28
Figura 25- Estoque dos painéis. Capremol-----	28
Figura 26- Gabaritos montagem painéis. Capremol-----	28
Figura 27- Forma travas galgas. Capremol-----	28
Figura 28- Formas metálicas painéis. Capremol-----	28
Figura 29- Radier da casa pré-moldada a ser edificada. Capremol-----	29
Figura 30- Enchimento dos painéis. Capremol-----	29
Figura 31- Enchimento dos painéis. Capremol-----	29
Figura 32- Preparo para telhado. Capremol-----	29
Figura 33- Montagem dos painéis. Capremol-----	29
Figura 34- Montagem dos painéis. Capremol-----	29
Figura 35- Escoramento dos painéis. Capremol-----	29
Figura 36- Detalhe enchimento dos painéis. Capremol-----	30
Figura 37- Detalhe dutos nos painéis. Capremol-----	30
Figura 38- Detalhe travamento painéis. Capremol-----	30
Figura 39- Detalhe montagem painéis. Capremol-----	30
Figura 40- Detalhe enchimento painéis. Capremol-----	30
Figura 41- Detalhe interno dos painéis. Capremol-----	30
Figura 42- Detalhe enchimento painéis. Capremol-----	30
Figura 43- Detalhe montagem painéis. Capremol-----	30
Figura 44- Estrutura em aço sem vedações. Usiminas-----	32
Figura 45- Casa do Programa Usiteto. Usiminas-----	32
Figura 46- Planta Baixa. Usiminas-----	32
Figura 47- Fotos folder da empresa.Precon-----	33
Figura 48- Visada da casa, construída com tijolos SICAL.Precon-----	33
Figura 49- Folder Promocional Divulgação.Precon-----	33
Figura 50- Folder Promocional Divulgação.Precon-----	33
Figura 51- Base da casa demarcada e moldada no local (Radier).Precon-----	34
Figura 52- Paredes levantadas com tijolos do tipo SICAL. Precon-----	34
Figura 53- Visada interna paredes levantadas com tijolos do tipo SICAL.Precon-----	34
Figura 54- Visada geral paredes levantadas com tijolos do tipo SICAL.Precon-----	35
Figura 55- Visada externa paredes levantadas com tijolos do tipo SICAL.Precon-----	35
Figura 56- Visada externa paredes em fase final com tijolos do tipo SICAL.Precon-----	35
Figura 57- Visada externa das paredes rebocadas.Precon-----	36
Figura 58- Engradamento do telhado com perfis metálicos.Precon-----	36

Figura 59- Visada da casa acabada construída com tijolos do tipo SICAL Precon -----	36
Figura 60- Casa Modelo 1.Precon -----	37
Figura 61- Casa Modelo 2.Precon -----	37
Figura 62- Casa na cidade de São Joaquim de Bicas, 2009. Cohab -----	38
Figura 63- Casa na cidade de Alvorada de Minas, 2010. Cohab -----	38
Figura 64- Planta Técnica. Cohab -----	39
Figura 65- Planta Humanizada. Cohab -----	39
Figura 66- Planta Fachadas Frente e Fundos. Cohab -----	39
Figura 67- Planta Fachadas laterais. Cohab -----	39
Figura 68- Fachada Frontal. Casas Kurten -----	40
Figura 69- Planta Humanizada. Casas Kurten -----	41
Figura 70- Painéis prontos para montagem. Fonte: R4 Tecno -----	42
Figura 71- Casa Montada. (Sem acabamento final). Fonte: R4 Tecno -----	42
Figura 72- Painéis de base são montados e preparados acima dos baldrames -----	48
Figura 73- Reservatório coleta água pluvial sob a residência -----	49
Figura 74- Modelo de painéis (fachadas e Divisórias) -----	52
Figura 75- Montagem painéis de cobertura, piso, torre, fachadas bilaterais e divisórias -----	54
Figura 76- Detalhe explicativo do sistema de circulação de ar (Condicionamento) -----	56
Figura 77- Croqui de montagem esquemática da habitação proposta -----	61
Figura 78- Croqui de montagem esquemática da habitação -----	62
Figura 79- Croqui simplificado da fôrma dos painéis planos -----	63
Figura 80- Croqui simplificado da fôrma dos painéis curvos -----	64
Figura 81- Planta Humanizada com sugestão da disposição do mobiliário (<i>Layout</i>) -----	66
Figura 82- Planta Técnica - Identifica as modulações e suas respectivas dimensões -----	66
Figura 83- Fachada Frontal - Construção em balanço e características construtivas -----	67
Figura 84- Fachada Lateral Direita - Construção em balanço e características construtivas -----	67
Figura 85- Desenho inicial em 3D, para estudo de probabilidades -----	68
Figura 86- Perspectiva do Sistema Construtivo Modular -----	68
Figura 87- Vãos e Escoramentos -----	71
Figura 88- Teoria Coordenação Modular -----	71
Figura 89- Catálogo Base para Vãos de Esquadrias -----	72
Figura 90- Detalhe face perfis alveolares -----	74
Figura 91- Painéis Alveolares prontos para transporte -----	74
Figura 92- Exemplo de Formas Metálicas para concretagem -----	76
Figura 93- Exemplo de Formas Metálicas para concretagem -----	76
Figura 94- Transporte dos pré-fabricados -----	76
Figura 95- Guindauto Madal - Similar ao Munck -----	77
Figura 96- Guindauto Dymaq -----	77
Figura 97- Planta Exemplo da Prefeitura - Manual Prefeitura de Belo Horizonte -----	78
Figura 98- Requisitos mínimos sobre dimensões, áreas e vãos - Manual PBH -----	79
Figura 99- Esquema de funcionamento da energia solar e os elementos que o integram -----	81
Figura 100- Desenho esquemático captação da água, seus elementos e reservatório coletor --	82
Figura 101- Desenho esquemático da pré-filtragem água antes chegada ao reservatório -----	82
Figura 102- Desenho esquemático implantação sistema captação água de chuva -----	83
Figura 103- Desenho da base do Sistema Construtivo Modular, evidenciando o reservatório --	83
Figura 104- Tabela comparativa de materiais. (Emissão) -----	85
Figura 105- Tabela comparativa de materiais. (Consumo de Energia) -----	85

RESUMO

A norma de Coordenação Modular para edificações, NBR 15873/2010, define e especifica os termos e os princípios da modulação, permitindo a utilização de Módulos como uma unidade de medida, padronizando e regulando proporções em uma composição arquitetônica, aplicando-as ao *Sistema Construtivo Modular*, tema deste.

O presente estudo desenvolve conceitualmente uma proposta de moradia em pré-fabricados, com a finalidade de abranger principalmente o público alvo entre as classes B e C, auxiliando como coadjuvante na diminuição do déficit de moradias no Brasil.

Relaciona-se alguns tipos de tipologias construtivas disponíveis no mercado, executadas em diferentes materiais, para se ter ampla visão, de processos, tecnologias, aplicações disponíveis, auxiliando na definição de um novo segmento de habitação.

Toda a concepção do projeto *Sistema Construtivo Modular* é baseada na utilização de elementos pré-fabricados em concreto, estes, modulares, compatíveis ao *design* e a tipologia construtiva proposta, ideais pela racionalidade construtiva, plasticidade e versatilidade compatível a fabricação de elementos personalizados, idênticos, utilizando apenas dois modelos de painéis, curvo e plano.

Foca-se a utilização de elementos pré-fabricados por meio de uma industrialização seriada, aplicando menor número de elementos construtivos, intercambiáveis entre si agregando ao produto um design diferenciado, formatado como um “*kit*”, análogo aos existentes, porém numa singular concepção industrial, agilizando cognitivamente todo o processo fabril, bem como sua montagem, intuitiva e de relativa facilidade de interpretação.

Assim sendo, a elaboração e construção de uma moradia nestes termos, seria relevante, pois supriria de forma satisfatória um nicho imobiliário, com imóveis de propostas semelhantes, nos moldes análogos de industrialização em pré-fabricados.

Palavras-chave: Módulo, Modular, Pré-fabricados, Painéis, Modulação, Habitação, Moradia.

1- INTRODUÇÃO

Nesse universo, é inegável que a luta de alguns setores em favor da racionalização dos processos construtivos começa a apresentar resultados, consideradas as limitações de mercado e apesar da falta de uma política oficial voltada ao estímulo de pesquisas, impulsionados pela necessidade de racionalização, os pré-fabricados deixaram de ser algo presumível para se converterem em base real de uma ascensão da construção, setor que mais uma vez, na atual fase de demanda de edificações modulares, está conseguindo respostas rápidas e satisfatórias.

Empresas do ramo e experientes laboratórios de apoio buscam incessantemente a melhor composição entre as matérias-primas disponíveis, elementos químicos compatíveis e agregando materiais diversos ao concreto para obter a mistura e/ou composição ideal às condições, apresentando periodicamente novas pesquisas, tecnologias e inovações desenvolvidas neste campo de aplicação.

Atualmente no mercado imobiliário, existem vários sistemas construtivos disponíveis que visam dinamizar racionalmente um empreendimento sob vários aspectos: elementos em perfis metálicos, elementos de vedações maciças em concreto (paredes mais esbeltas), pré-fabricados alveolares e afins em concreto, sendo executados *in loco* ou com produções seriadas em fábricas, moldados em fôrmas de alumínio, aço e até mesmo em plástico.

Outros sistemas construtivos no mercado são executados em painéis em *stell framing* (abordados em aula), em cerâmicas diversas, trabalhadas em usina ou no próprio canteiro, sistemas em alvenaria estrutural e pré-fabricados em madeira, portanto, todos tendo como principal meta, a obtenção de alto grau de racionalização, integração, rapidez e facilidade de montagem.

No que se refere ao custo-benefício, a construção industrializada em pré-fabricados pode agregar elementos e materiais diversos, como também, ações voltadas para um baixo consumo energético e melhor eficiência ambiental, atualmente em pauta, como citada em pormenores no tópico 4.10, pág.80, sustentabilidade aplicada ao projeto.

Segundo prévias pesquisas, embasadas em mídias diversas e literaturas específicas, tanto as construções pré-fabricadas como as pré-moldadas (Tópico 2.3, pág.15), são tendências plausíveis de consolidação no mercado, verificando em muitos aspectos, a real necessidade e relevância da atual aplicação de tais empreendimentos.

2- FUNDAMENTAÇÃO

2.1- A história e a evolução dos pré-fabricados no Brasil

A teoria da modulação é um ponto que se discute há muito tempo, sendo anterior à revolução industrial, concomitantemente à idéia de produção em série. A simples adoção de um sistema de medidas coerente, de forma a buscar uma multiplicidade fabril se constituiu em um passo para a coordenação modular. O sentido moderno de *módulo*, no entanto, aparece em épocas recentes ligado à industrialização, tendo como demonstração mais evidente de aplicação desse conceito data da Europa da época posterior à guerra, período de grande demanda habitacional, e maior concentração perto das fábricas.

Durante os últimos duzentos anos ocorreram mudanças nos métodos de produção. O homem, ao utilizar máquinas e introduzir cadeias de fabricação (produção em série), conseguiu produzir mais em menor tempo. Os tradicionais métodos artesanais eram lentos, sendo substituídos pela mecanização. Entretanto, a indústria de construções custou a mecanizar-se. Quase todas as edificações continuam sendo construídas do mesmo modo, por meio do processo tradicional de sobreposição de tijolos, lajes, etc., tal como vem sendo feito há séculos. Atualmente, muitas máquinas são empregadas em construção, permitindo erguer um número muito maior de edificações em menos tempo, gerando grande economia.

Em países como o Brasil, onde o desenvolvimento e o subdesenvolvimento se mesclam segundo contingências da economia, a construção é um espelho nítido dessa realidade, dependendo da região, apresentam técnicas extremamente avançadas, ao lado de técnicas artesanais, arraigadas na tradição ou em cego conservadorismo.

Hoje, nota-se que o Brasil poderia obter ainda mais avanços na área do pré-fabricado, caso houvesse uma política dirigida para as pesquisas e para o aprimoramento das técnicas existentes. Os avanços já obtidos refletem de certa forma, seu potencial.

A construção está inserida na cultura geral da humanidade, estabelecendo o nexo entre a criatividade dos projetistas e os modelos práticos em que o pensamento onde adquire forma, consistência e espaço, por seus vários segmentos, como história, economia, arquitetura, política e sociologia. Os avanços são lentos, mas invariavelmente obedecem ao influxo dos grandes movimentos econômicos e históricos, sejam coletivos, envolvendo comunidades inteiras, sejam mais específicos, de menor abrangência social.

Cada vez mais mecanizada, a indústria da construção se tornou complexa e, num certo momento, ficou claro que os investimentos nela aplicados só poderiam ser satisfatoriamente amortizados se houvesse grandes e contínuas demandas. As políticas de desenvolvimento mudaram e levaram em conta a evolução das técnicas, o aprimoramento dos equipamentos, resultantes de experiências e da análise de aperfeiçoamentos tecnológicos amadurecidos na prática, com absoluta competência e coerência.

No decorrer de nossa história e em razão do empenho e fortalecimento de algumas empresas, foram surgindo no país vários processos construtivos, e com aplicação de diferentes materiais. O fato, porém, é que, com a criação do Banco Nacional da Habitação (BNH), em 1966, o governo adotou uma política equivocada de desestímulo à industrialização, na expectativa de incentivar o emprego maciço de mão-de-obra não qualificada em canteiro. Isso teria atrasado ainda mais processo de industrialização, caso os empresários, vislumbrando as amplas possibilidades dos pré-fabricados no futuro, não firmassem pelo propósito de mudar esse quadro.

Prova evidente dos avanços referidos é a norma produzida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que fixa as condições exigíveis, no projeto, para a execução e controle de estruturas pré-fabricadas de concreto armado. Ela se aplica, segundo a entidade, também a estruturas mistas: aquelas constituídas parcialmente de elementos pré-fabricados, moldados no local, como também, estruturas pré-fabricadas em madeiras e metal.

Dentro do processo da construção brasileira, começou no canteiro e progrediu ativamente para a usina fixa. Mas uma travessia muito coerente, muito contínua. Alguns fatores históricos e econômicos esclarecem esse avanço da racionalização para a substituição de componentes e da pré-fabricação para industrialização.

O desenvolvimento da racionalização motivou estudos que levaram à coordenação modular, cujos projetos permitissem ágil versatilidade de divisões internas, baseada nos intercâmbios dos componentes.

A industrialização está essencialmente associada aos conceitos de organização e de produção em série, os quais deverão ser entendidos neste estudo, analisando de forma mais ampla as relações de produção envolvidas e a mecanização dos meios de produção. A história da industrialização identifica-se, com a história da mecanização, com a evolução das ferramentas e máquinas para produção de bens.

2.2- Estudo da modulação

Módulo é uma unidade de medida utilizada para padronizar as dimensões de materiais construtivos ou regular as proporções de uma composição arquitetônica. Existem muitos métodos e tecnologias para construção e montagem em série, cada um tendo suas vantagens e desvantagens.

A seguir, as figuras 1 e 2 ilustram exemplos de processos de construções industrializadas, suas formas, volumes onde se percebe nitidamente padronizações entre os aspectos construtivos lineares, sendo que a partir desta análise verifica-se a consolidação formais de conceitos fabris pertinentes a um melhor desenvolvimento projetual e fabril.

Em vigor a Norma de Coordenação Modular para edificações, NBR 15873/2010, especifica como padrão a medida de 100 mm para módulos básicos, além de definir os termos e os princípios da coordenação modular para edificações. O conceito de coordenação se aplica ao projeto e construção de edificações de todos os tipos e também à produção de componentes construtivos.

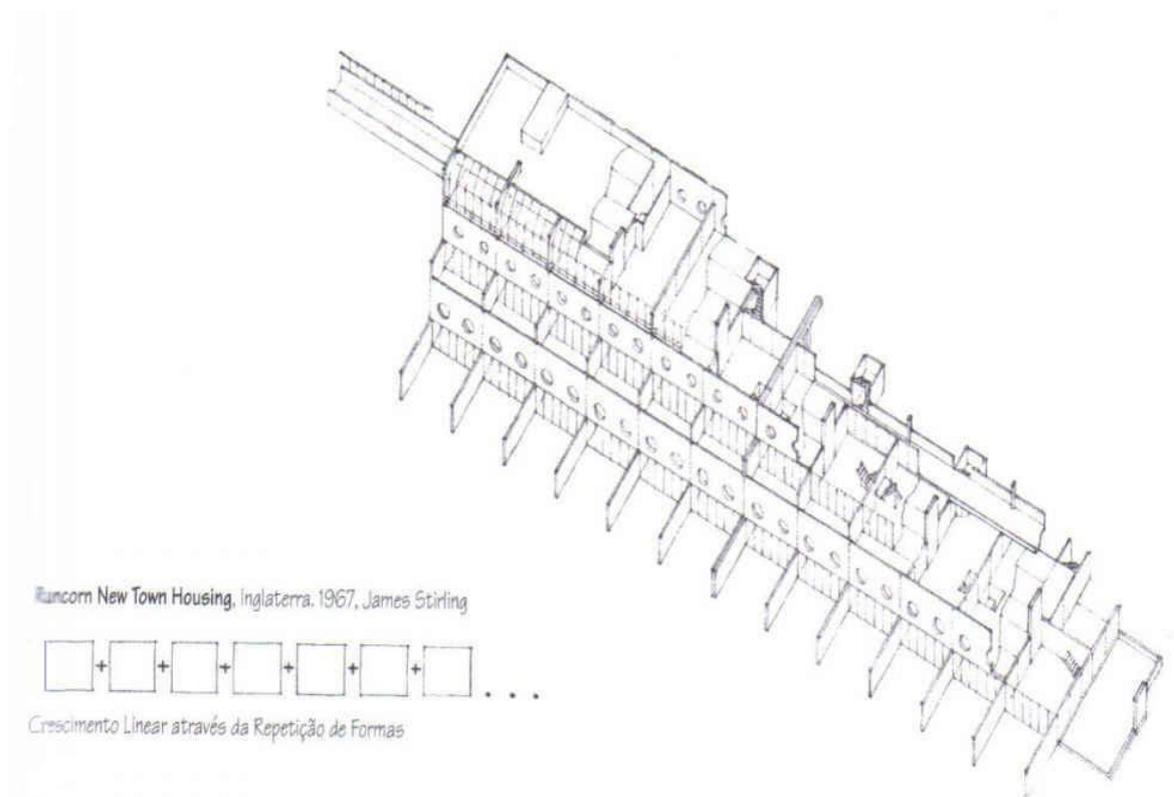


Figura 1 - Modelo de construção industrializada reticulada.

Fonte: Livro Arquitetura Forma, Espaço e Ordem - Francis D. K. Ching. 61

O objetivo é permitir que os sistemas e componentes tenham medidas padronizadas de forma industrial e sejam compatibilizados desde o projeto, tornando a construção mais racionalizada e com alto índice de produtividade. A norma cancela e substitui a ABNT NBR 5706 - Norma de Coordenação Modular da Construção, que fixava as condições exigíveis a serem observadas na elaboração de projetos coordenados modularmente, sintetizando assim, outras 24 normas da ABNT que fazem referência à Coordenação Modular. De acordo com o coordenador do Projeto Modulação do Programa de Inovação Tecnológica (PIT) da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), *Mário William Esper*, tendo o Brasil como um dos pioneiros na aprovação da norma de coordenação modular decimétrica (módulo 10 cm), NB-25R - 1950.

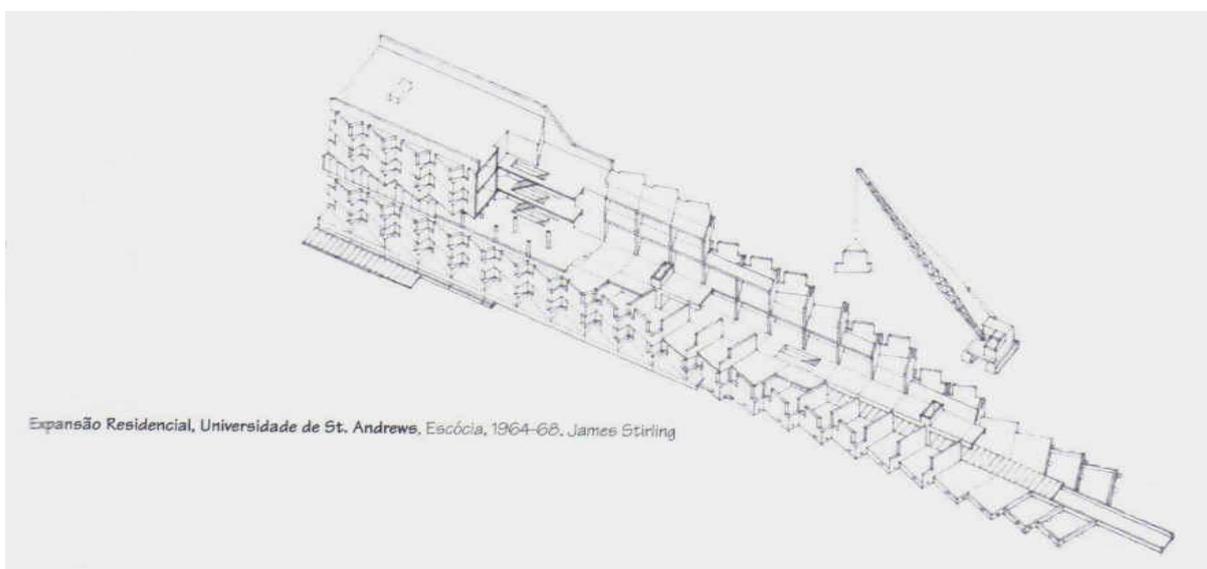


Figura 2 - Modelo de construção industrializada em montagem com grua.

Fonte: Livro Arquitetura Forma, Espaço e Ordem - Francis D. K. Ching. 201

De acordo com a nova Norma NBR 15873, tem-se como objetivo a coordenação modular, sua multiplicidade, visando promover a compatibilidade dimensional entre elementos construtivos (definidos nos projetos das edificações) e componentes construtivos (definidos pelos respectivos fabricantes), permitindo racionalizar processos. Significando:

- a) Ampliar a cooperação entre os agentes de toda a cadeia produtiva da construção civil;
- b) Estreitar a variedade de medidas de coordenação empregadas na fabricação de componentes construtivos;
- c) Simplificar o processo de marcação no canteiro de obras para posicionamento e instalação de componentes construtivos;
- d) Aumentar a intercambialidade de componentes tanto na construção inicial quanto em reformas e melhorias ao longo da vida útil projetada da edificação.

A coordenação modular é considerada atualmente um dos pilares para se industrializar a construção, processo que transforma a tarefa de construir em uma atividade de montagem. A técnica permite o uso de kits e de componentes que são montados com maior facilidade em projetos de volume de construção, como é o caso da habitação popular convencional e a habitação proposta em estudo de caso, podendo simplificar e baratear a execução de projetos nos canteiros de obras.

A modulação contribui para a racionalização do processo construtivo, pois, como já foi exposto, garante flexibilidade de combinação de elementos, além de contribuir para uma precisão maior na definição e alcance de medidas. Também contribui para o aumento da repetição de componentes e para a produção em série, já que, ao fixar uma medida básica da qual as demais devem ser múltiplos ou mesmo submúltiplos, limitando as variações dimensionais para um mesmo elemento construtivo.

Estabelecendo uma medida que serve de unidade-base para determinar as restantes, a modulação visa coordenar as dimensões das partes de uma edificação, assegurando em paralelo, a flexibilidade de combinação de medidas e facilidade de produção. A definição de um módulo implica que todos os componentes, ou parte significativa deles, tenham suas dimensões estabelecidas pela multiplicação ou fração de uma mesma unidade, fazendo com que se possa obter facilmente uma mesma medida pela combinação de diferentes elementos, o que resulta numa inter-relação harmônica dos componentes entre si e com o total do empreendimento.

Pode-se caracterizar um sistema modular de medidas:

- a) Conter medidas funcionais (nominais e inteiras) e de elementos construtivos típicos;
- b) Ser aditiva em si mesma, intercambiáveis e múltiplas, submúltiplas, para um módulo previamente padronizado.

O espaço ocupado por um elemento ou componente denomina-se espaço de coordenação, levando em consideração as tolerâncias requeridas em razão de suas deformações (mecânicas, térmicas ou por umidade), como também, as de fabricação, marcação e montagem da habitação, também, o processo de instalação e seus materiais de ligação entre componentes. Essas folgas perimetrais (tolerâncias) são denominadas ajustes de coordenação, conforme o tópico 4.4.3, pág. 60.

O sistema modular de medidas é baseado na unidade de medida básica da Composição da Coordenação Modular (Figura 3), o módulo, e em alguns múltiplos inteiros ou fracionários dele. O módulo constitui o espaço entre os planos do sistema de referência em que se baseia a Coordenação Modular. Os componentes deverão ocupar espaços determinados por esses planos e a eles também deverão referir-se suas medidas.

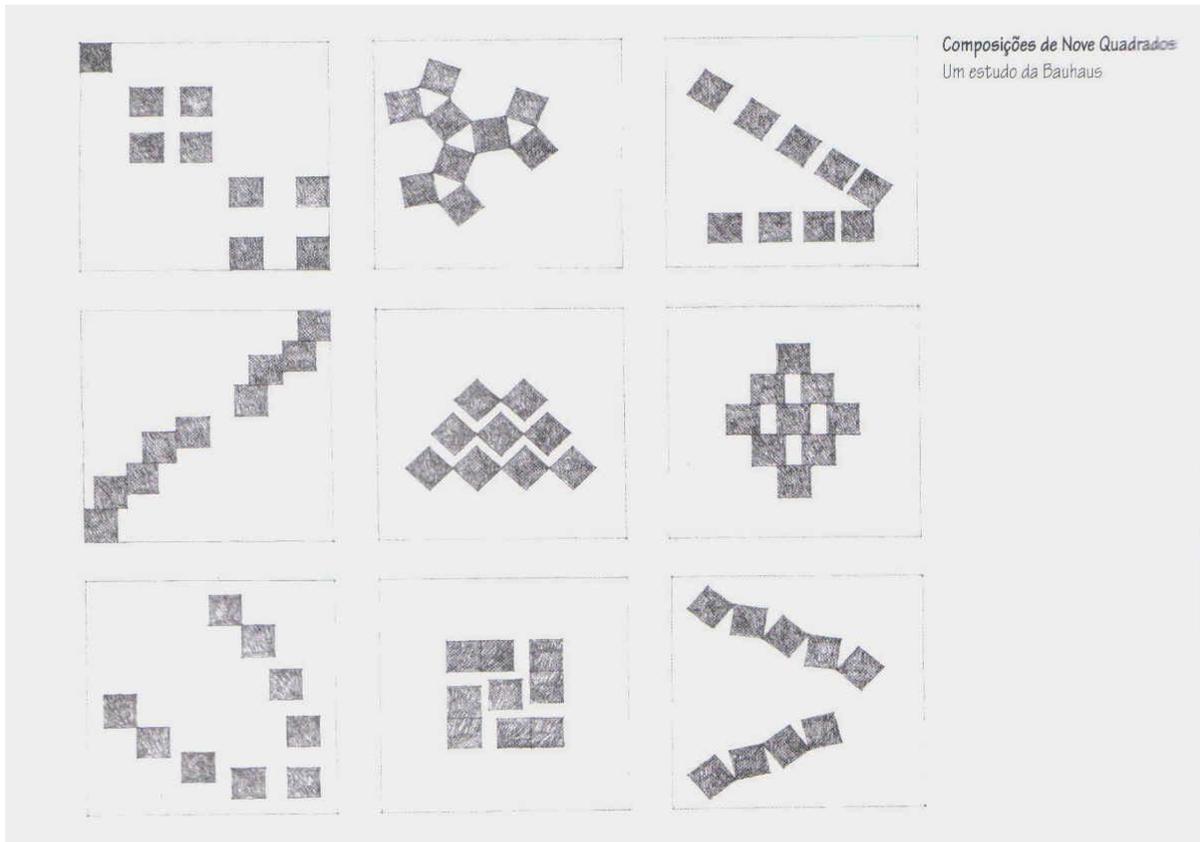


Figura 3 - Conceito – Composições e Conceito (Estudo da Bauhaus).
Fonte: Livro Arquitetura Forma, Espaço e Ordem - Francis D. K. Ching. 188.

Uma malha é estabelecida em arquitetura mais freqüentemente por um sistema estrutural composto por colunas e vigas. Dentro do campo dessa malha, os espaços podem ocorrer como eventos isolados ou como repetições do módulo da malha. Independentemente de sua disposição dentro do campo, esses espaços, podem se interagir em função das necessidades de uso dentro de uma partição arquitetural.

Como podemos verificar na figura 4, uma malha é um sistema de dois ou mais conjuntos de linhas paralelas regularmente espaçadas que se entrecruzam. Ela gera um padrão geométrico de pontos regularmente espaçados nas intersecções das linhas e campos regularmente moldados, definidos pelas próprias linhas e gerando espaços modulares entre si.

A malha quadrada, quando projetada em terceira dimensão, gera uma rede espacial de pontos e linhas de referência. Dentro dessa estrutura modular, qualquer número de formas e espaços pode ser visualmente organizado.

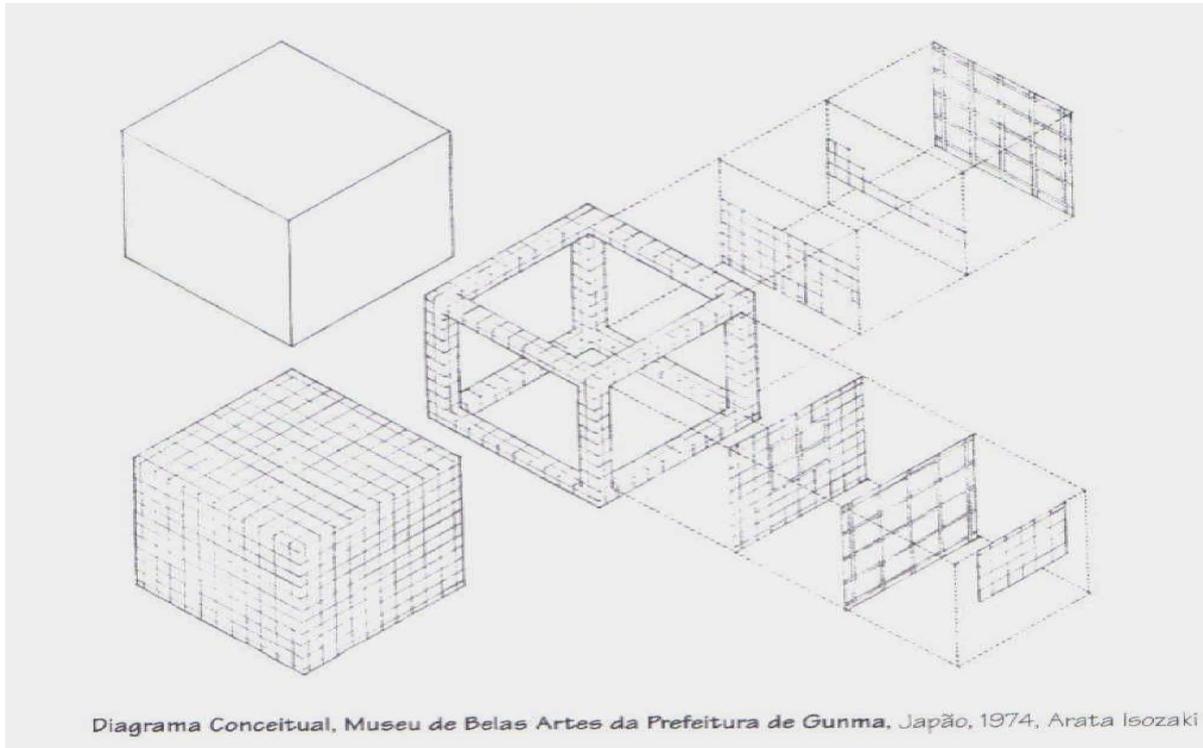


Figura 4 - Conceito – Sistema de desenvolvimento por malhas.

Fonte: Livro *Arquitetura Forma, Espaço e Ordem* - Francis D. K. Ching. 70.

O poder de organização de uma malha resulta da regularidade e continuidade de seu padrão, que permeia os elementos que organiza. Seu padrão estabelece no espaço um conjunto ou campo estável de pontos e retas de referência no espaço com o qual os espaços de uma organização em malha, embora sem padrões dimensionais, forma ou função, podem compartilhar uma relação comum. (Figura 4).

Para acomodar as exigências dimensionais específicas de seus espaços, ou para articular zonas de espaço para circulação ou serviço é possível tornar uma malha irregular em uma ou mais direções. Essa transformação dimensional criará um conjunto de módulos hierárquicos diferenciados pelo tamanho, pela proporção e pela localização.

Uma malha também pode sofrer outras transformações. Porções da malha podem deslizar para alterar a continuidade visual e espacial através de seu campo. Um padrão em malha pode ser interrompido para definir um espaço principal ou acomodar uma característica natural de seu terreno.

Como uma malha tridimensional consiste em unidades repetitivas, modulares, de espaço, pode ter uma parte subtraída, acrescentada ou disposta em camadas, e ainda manter sua identidade como uma malha que contém a capacidade de organizar espaços. (Figura 5). Tais manipulações formais podem ser utilizadas para adaptar uma forma em malha ao seu terreno, para definir uma entrada ou espaço externo ou para permitir seu crescimento e expansão. (Modulação).

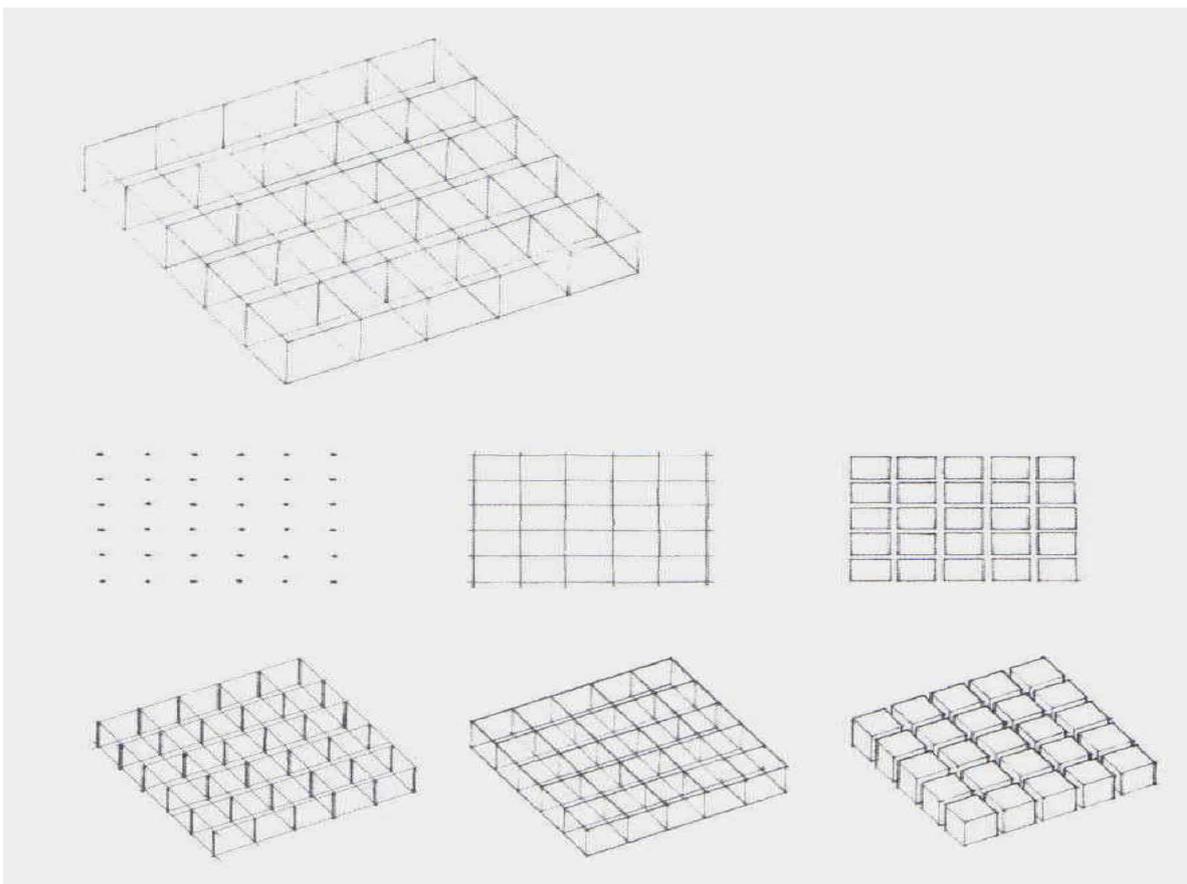


Figura 5 - Conceito – Regularidade, continuidade, crescimento e expansão.
Fonte: Livro *Arquitetura Forma, Espaço e Ordem* - Francis D. K. Ching. 220.

Uma porção da malha pode ser deslocada e descrever uma rotação ao redor de um ponto no padrão básico. Através de seu campo, uma malha pode transformar sua imagem de um padrão de pontos para retas, para planos e, finalmente, para volumes.

A malha mais comum é baseada na geometria do quadrado. (Figura 6). Devido à igualdade de suas dimensões e a sua simetria bilateral, uma malha quadrada é essencialmente não-hierárquica e não-direcional. Pode ser utilizada para dividir a escala de uma superfície em unidades mensuráveis e conferindo padrões uniformes. Pode ser utilizada para envolver várias superfícies de uma forma e unificá-las através de sua geometria repetitiva e difusa em todo o espaço a ser trabalhado.

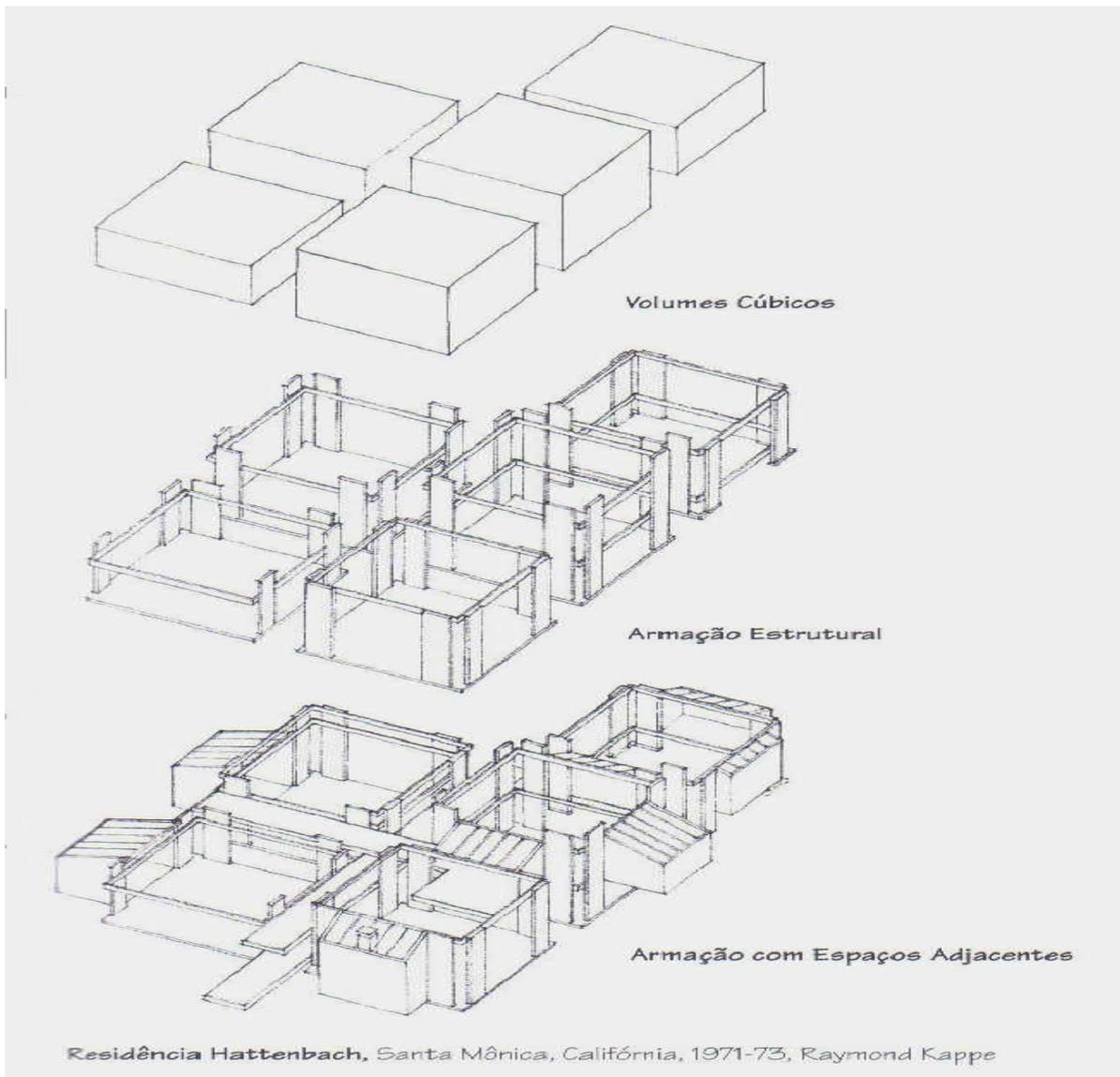


Figura 6- Conceito – Elaboração partindo de formas geométricas básicas.
Fonte: Livro Arquitetura Forma, Espaço e Ordem - Francis D. K. Ching. 71.

Pode-se dispor de maneira básica a organização de espaços para uma edificação, levando em consideração um programa típico de exigências para cada tipo de espaço dentro do processo construtivo:

- a)- Encerrem funções específicas ou exijam formas específicas.
- b)- Permitam uma flexibilidade de uso e possam ser livremente manipulados.
- c)- Sejam singulares e únicos em sua função para a organização arquitetônica.
- d)- Devam ser facilmente acessíveis.
- e)- Funções semelhantes que possam ser agrupados em um conjunto funcional ou repetidos em uma seqüência linear.
- f)- Exijam sua exposição ao exterior para fins de iluminação, ventilação, aparência ou acesso para espaços externos.
- g)- Devam ser segregados para fins de privacidade.

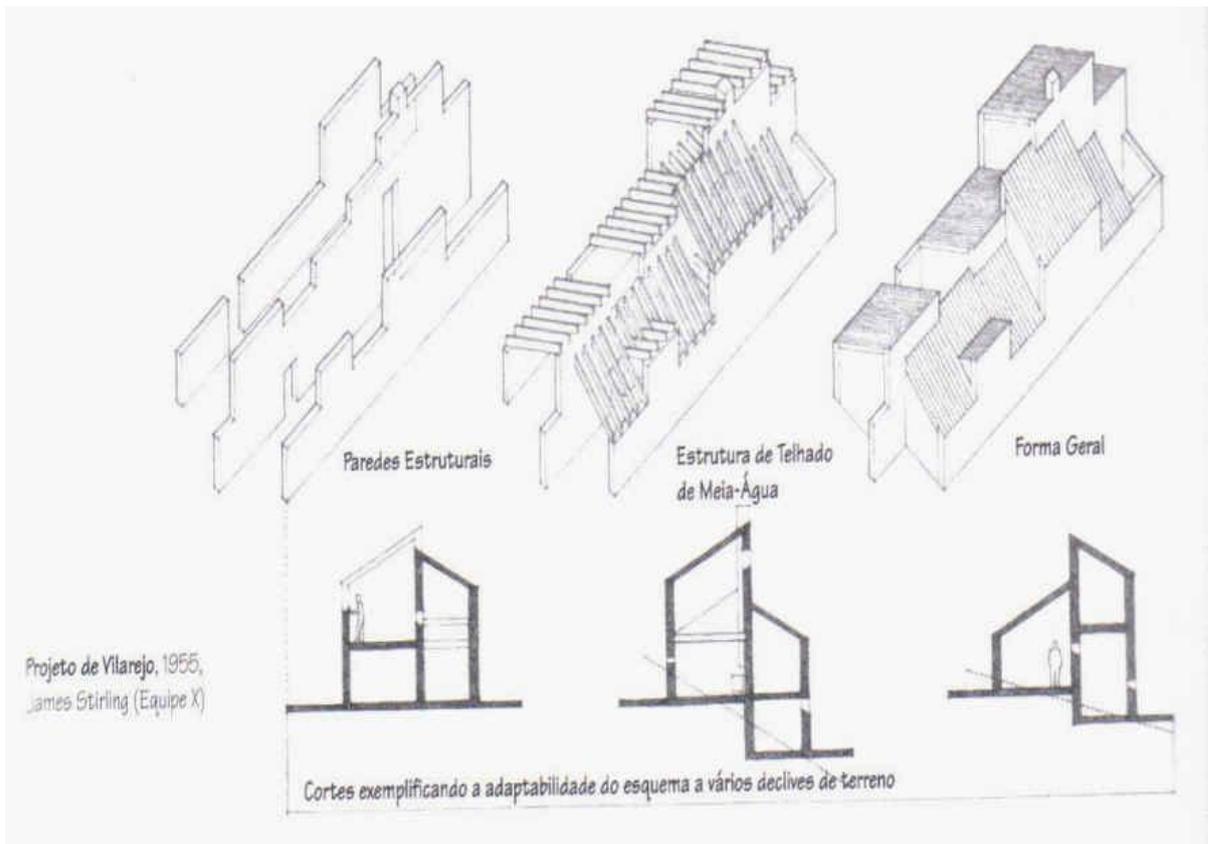


Figura 7 - Modelo de construção modular para terrenos acidentados.
 Fonte: Livro *Arquitetura Forma, Espaço e Ordem* - Francis D. K. Ching. 145.

Paredes de sustentação paralelas são frequentemente utilizadas em conjuntos habitacionais multifamiliares. (Figuras 1, 2 e 7). Elas não só propiciam suporte estrutural para os pisos e coberturas de cada unidade habitacional como também servem para isolar as unidades umas das outras, bloquear a passagem de som e controlar a dispersão de fogo. O padrão de paredes de sustentação paralelas é particularmente apropriado para esquemas de habitação em série ou no centro de cidades, onde cada unidade tem duas orientações específicas ao uso.

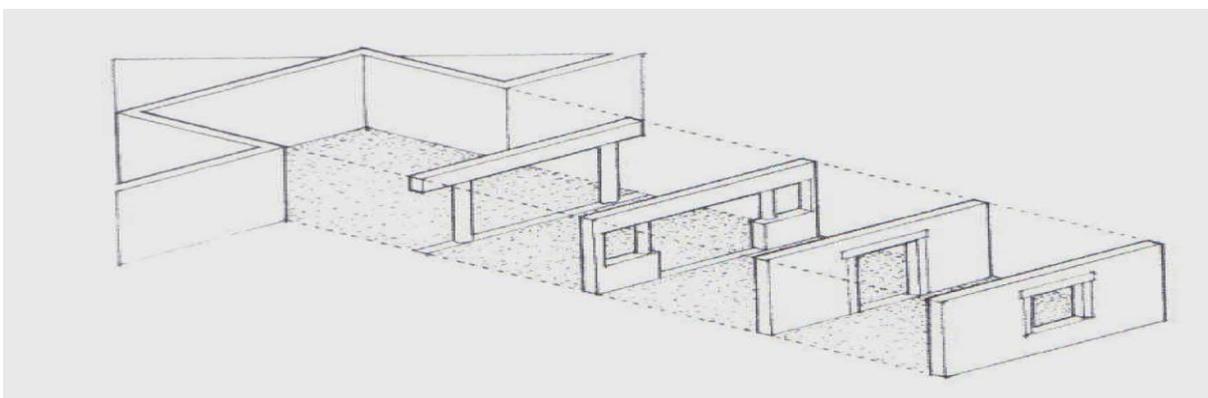


Figura 8 - Modelo de construção industrializada reticulada.
 Fonte: Livro *Arquitetura Forma, Espaço e Ordem* - Francis D. K. Ching. 158.

Nenhuma continuidade visual ou espacial é possível em espaços adjacentes sem aberturas nos planos que delimitam um campo espacial. Portas permitem a entrada em um recinto e determinam padrões de movimento e uso dentro dele. (Figura 8). Janelas permitem que a luz penetre o espaço e ilumine as superfícies de um recinto, oferecem vistas externas a partir do recinto, estabelecem relações visuais entre o recinto e os espaços adjacentes e propiciam a ventilação natural do espaço.

A maneira como esses espaços são dispostos pode esclarecer sua importância relativa e seu papel funcional ou simbólico na organização de uma edificação. A decisão quanto a que tipo de organização utilizar em uma situação específica dependerá de:

- a)- Exigências de programas arquitetônicos, (Tópico 4.2, pág.44) como proximidades funcionais, necessidades dimensionais, classificação hierárquica de espaços e requisitos indispensáveis para acesso, iluminação ou vista, entre outros.
- b)- Condições externas do terreno que possam limitar a forma ou o crescimento da organização, ou que possam encorajar a organização a se voltar para certas características de seu terreno e de desviar de outras. (condicionantes físicos).

Embora as aberturas em paredes proporcionem continuidade com os espaços adjacentes, podem, dependendo de seu tamanho, número e localização, anular ou não o propósito delimitador do espaço. Tais aberturas afetam a orientação e o fluxo do espaço, qualidade de luz, aparência, vistas, bem como o padrão de uso e percurso. (Figura 9).

Também na figura 9, aponta os espaços delimitados na escala de um recinto, em que a natureza das aberturas dentro de condicionantes periféricos que constitui o principal fator na determinação da qualidade de seu espaço.

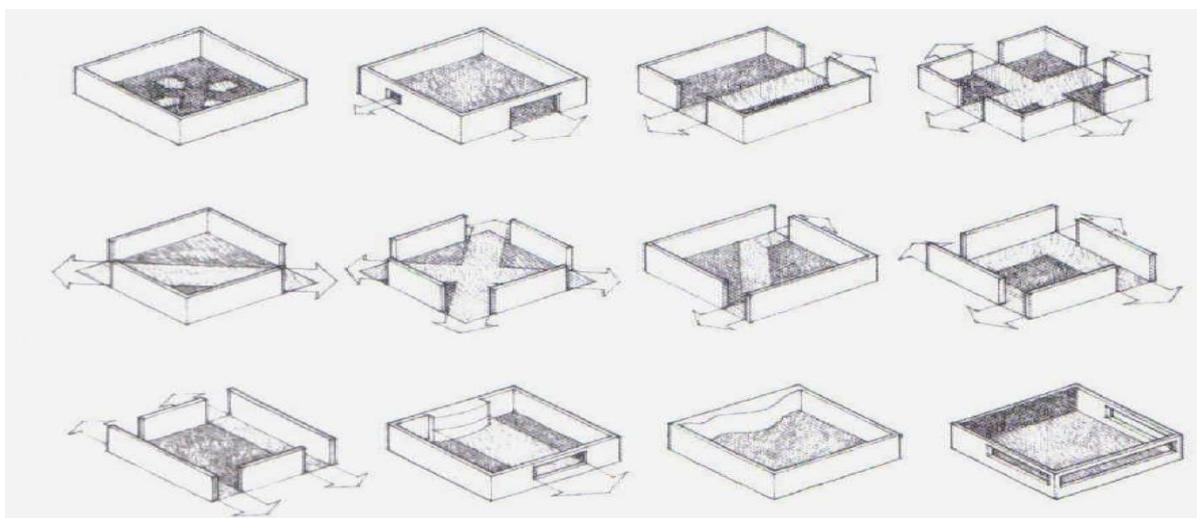


Figura 9 - Delimitações espaciais. Fonte: Livro Arquitetura Forma, Espaço e Ordem - Francis D. K. Ching.158.

Blocos de concreto e tijolo comum, por exemplo, são produzidos como unidades construtivas modulares. Embora difiram entre si em tamanho, ambos são proporcionados de acordo com uma base semelhante. Madeira compensada e outros materiais de revestimento também são fabricados como unidades modulares com proporções fixas. Perfis de aço têm proporções fixas geralmente aceitas pelos fabricantes de aço. Janelas, caixilhos e portas têm proporções estabelecidas pelos fabricantes individuais das unidades.

Muitos elementos arquitetônicos são dimensionados e proporcionados não só de acordo com suas propriedades estruturais e sua função, mas também com o processo através do qual são fabricados. Como esses elementos são produzidos em massa nas fábricas, têm tamanhos e proporções padrão que lhes são impostos pelos fabricantes individuais ou pelos padrões industriais (figura 10).

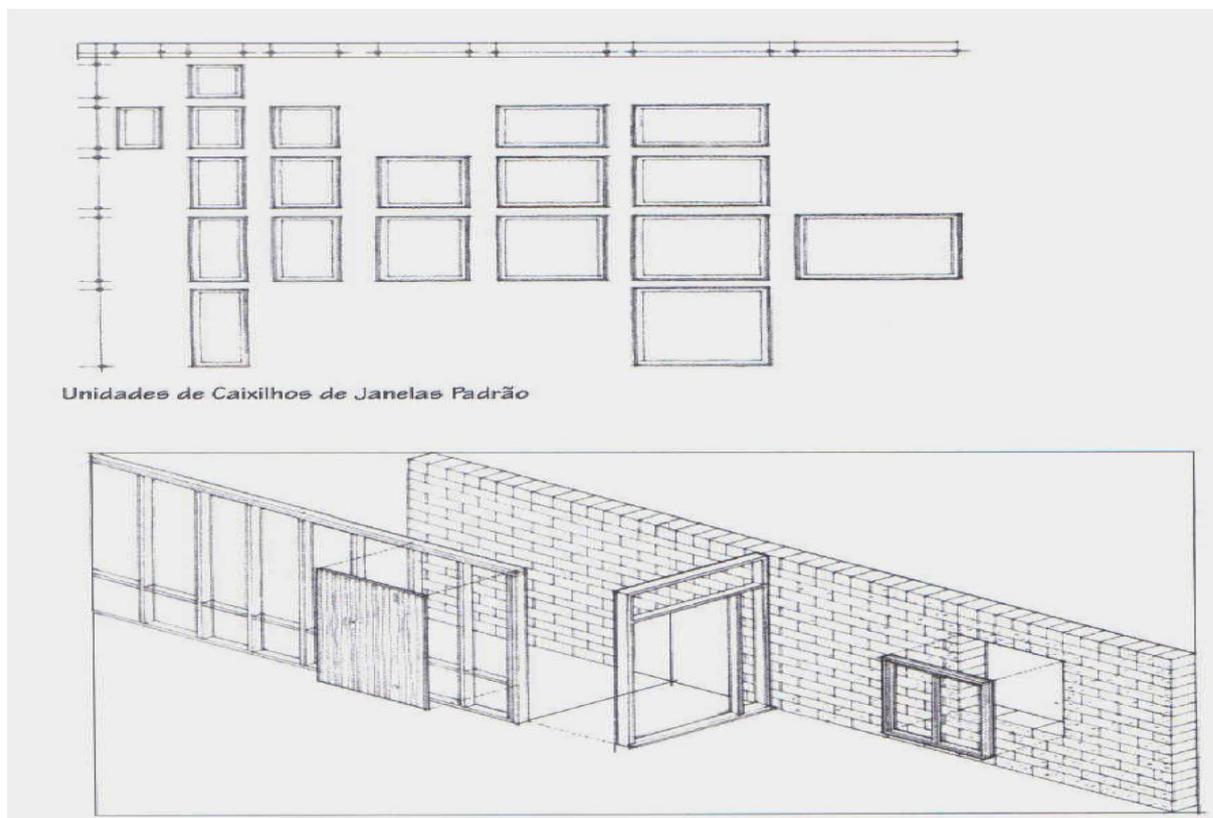


Figura 10 - Aplicações de esquadrias de acordo com modulações.
Fonte: Livro *Arquitetura Forma, Espaço e Ordem* - Francis D. K. Ching. 282.

Como esses materiais devem ser reunidos e alcançar um alto grau de adequação na construção de uma edificação, os tamanhos e proporções padrão dos elementos industrializados afetam o tamanho, a proporção e o espaçamento de outros materiais. As unidades de janelas e portas padrão são dimensionadas e proporcionadas para se ajustar às aberturas de alvenaria modulares. (Figura 11).

Modo pelo qual os materiais são ordenados, montados e unidos num todo.

construção industrializada

Processo construtivo que se utiliza de um elevado grau de pré-fabricação na produção de unidades ou componentes padronizados a fim de acelerar a construção e montagem de uma obra.

painel

Parte pré-fabricada de piso, parede, teto ou cobertura, tratada como um elemento avulso na construção e montagem de um edifício.

painel sanduíche

Peça estrutural que consiste em um núcleo de material relativamente leve encerrado entre duas placas de um material de alta resistência, o que resulta geralmente em uma relação rigidez/peso muito favorável.

painel estrutural

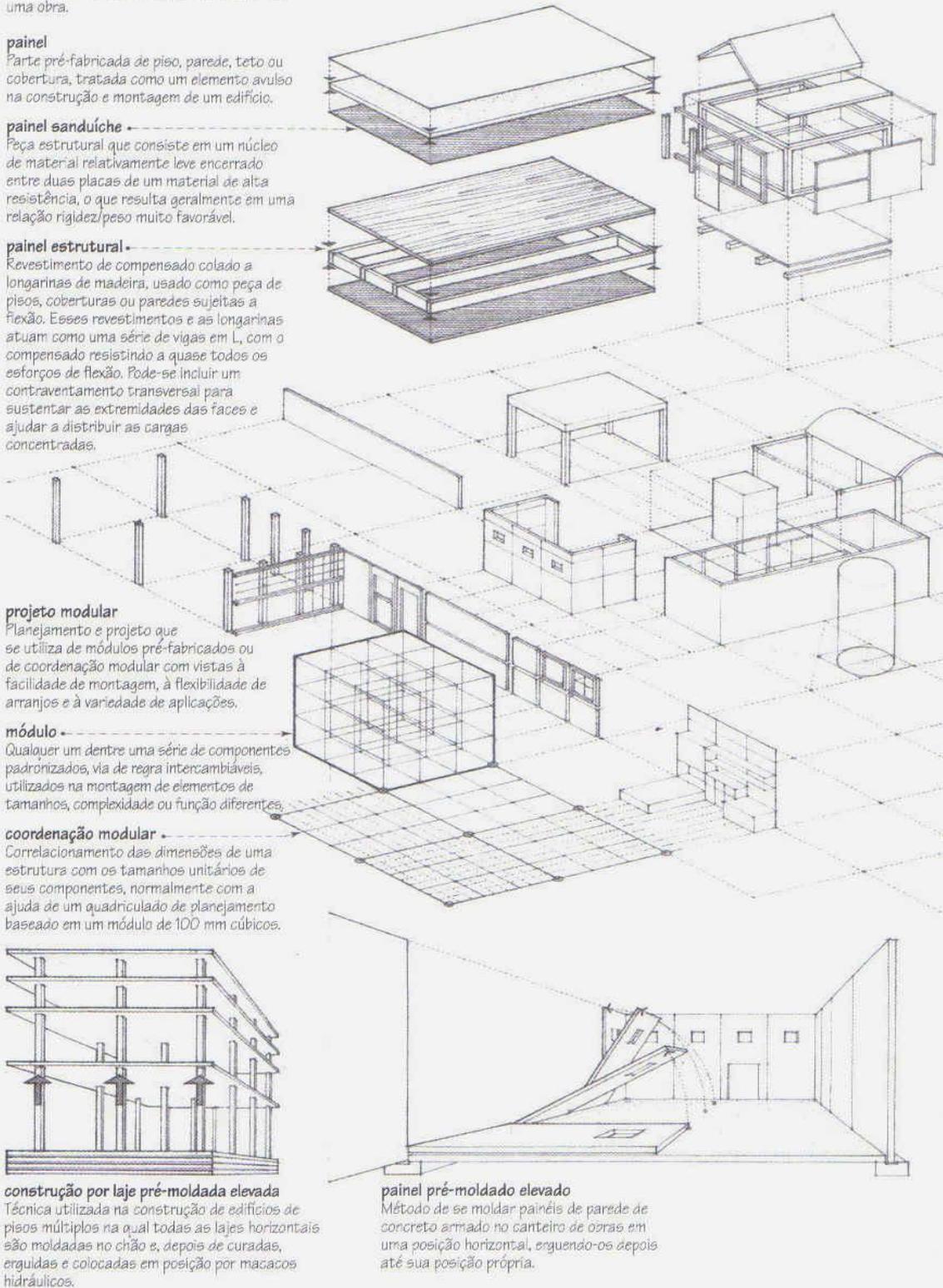
Revestimento de compensado colado a longarinas de madeira, usado como peça de pisos, coberturas ou paredes sujeitas a flexão. Esses revestimentos e as longarinas atuam como uma série de vigas em L, com o compensado resistindo a quase todos os esforços de flexão. Pode-se incluir um contraventamento transversal para sustentar as extremidades das faces e ajudar a distribuir as cargas concentradas.

pré-fabricar

Fabricar ou produzir anteriormente, esp. unidades ou componentes padronizados para uma construção e montagem rápidas.

montar

Erguer por meio da reunião de partes diferentes e por vezes padronizadas.



projeto modular

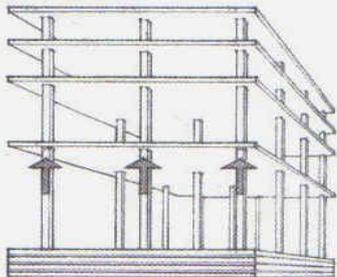
Planejamento e projeto que se utiliza de módulos pré-fabricados ou de coordenação modular com vistas à facilidade de montagem, à flexibilidade de arranjos e à variedade de aplicações.

módulo

Qualquer um dentre uma série de componentes padronizados, via de regra intercambiáveis, utilizados na montagem de elementos de tamanhos, complexidade ou função diferentes.

coordenação modular

Correlacionamento das dimensões de uma estrutura com os tamanhos unitários de seus componentes, normalmente com a ajuda de um quadriculado de planejamento baseado em um módulo de 100 mm cúbicos.



construção por laje pré-moldada elevada

Técnica utilizada na construção de edifícios de pisos múltiplos na qual todas as lajes horizontais são moldadas no chão e, depois de curadas, erguidas e colocadas em posição por macacos hidráulicos.

painel pré-moldado elevado

Método de se moldar painéis de parede de concreto armado no canteiro de obras em uma posição horizontal, erguendo-os depois até sua posição própria.

Figura 11 - Modulações e suas características.

Fonte: Dicionário Visual da Arquitetura - Francis D. K. Ching. 66.

2.3- Diferença entre pré-moldados e pré-fabricados

Essa diferenciação é feita com base no controle de qualidade da execução de elementos fabricados. Segundo a NBR 9062/2007 (Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado) o elemento pré-moldado pode ser definido como o elemento moldado previamente e fora do local de utilização definitiva na estrutura. Já o elemento pré-fabricado é aquele elemento pré-moldado executado industrialmente, em instalações permanentes de empresa destinada para este fim, que se enquadram e atendem aos requisitos mínimos especificados por norma. Dentre esses requisitos, destacam-se:

- a). A mão de obra deve ser treinada e especializada;
- b). Devem ser realizados ensaios de recebimento e caracterização dos materiais (cimento, agregado, água, aditivo, aço, armações e estribos);
- c). A empresa deve ter estrutura específica para controle de qualidade, laboratório e inspeção das etapas de produção;
- d). O concreto utilizado nas peças pré-fabricadas deve ter um desvio padrão máximo de 3,5 MPa a ser considerado na determinação da resistência à compressão de dosagem;
- e). Os elementos são produzidos com o auxílio de máquinas e de equipamentos industriais que racionalizam e qualificam o processo;
- f). Deve ser realizado o processo de cura com temperatura controlada.

Comumente os termos pré-fabricados e pré-moldados são confundidos e às vezes utilizados com a mesma finalidade, vide a seguir as diferenças básicas:

- a). Pré-fabricado- Elemento pré-moldado produzido em escala industrial, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, obedecendo a manuais e especificações técnicas, por pessoal treinado e qualificado, sob condições rigorosas de controle de qualidade, inclusive em laboratório, identificados individualmente ou por lote.
- b). Pré-moldado- Elemento executado fora do local de utilização definitiva na estrutura, produzido em condições menos rigorosas de controle de qualidade, mas sujeito à inspeção do próprio construtor.

2.4- Características dos pré-fabricados (Opção pelo concreto)

O concreto tem se destacado como o material de construção mais adequado a inúmeras situações, inclusive ao sistema proposto (Tópico 4, pág.43), devido às suas características físicas compatíveis a uma industrialização mais racional, resistência, durabilidade, facilidade de aplicação (montagem), somada ao constante aprimoramento obtido em sua utilização, pois, dentre os diversos materiais que constitui um elemento pré-fabricado, o concreto é aquele que propicia ao produtor maior liberdade tecnológica de aplicação, gerando significativa vantagem referente ao custo-benefício.

O concreto pré-fabricado combina a excelente qualidade da produção industrial com material relativamente barato em detrimento aos tipos de construções análogas pré-fabricadas (Tópico 3, pág. 21). O custo para reparar e manter uma estrutura de concreto é também de menor custo. Não há necessidade de comprometer a qualidade da peça para reduzir os custos, basta escolher o melhor modo de utilizar recursos auxiliares disponíveis.

Um dos maiores argumentos para a aplicação do pré-fabricado em sistemas construtivos é a rapidez de execução, pois numa obra, a redução do tempo realmente economiza em investimento. O empreendimento ganha velocidade e a montagem racional da obra favorece a abertura de inúmeras frentes de serviços civis logo após a montagem da estrutura completa, sendo estas nos arremates, acabamentos e limpeza de obra.

Tecnologias avançadas empregadas em projetos pré-fabricados resultam em um produto com qualidade aumentada comparado ao concreto moldado no local da obra. Essa qualidade pode ser conferida antes mesmo da inserção e montagem de um ou mais elementos na estrutura.

Em obras de maior demanda, no entanto, o mínimo de padronização é requerido na montagem de sistemas pré-fabricados, atualmente, tal evento se ramifica para o setor da construção de moradias, onde cada vez mais a necessidade do aumento da produtividade é notória, com inevitável e conseqüente compatibilização de projetos.

A aplicação dos pré-fabricados consolida o consenso de que os componentes para fundações, pilares, cobertura e fechamentos diversos, sejam quais forem os materiais aplicados, desde que industrializados, atendem, de modo satisfatório e eficiente, as exigências de economia, prazo e qualidade técnica eventualmente requerida por edificações destinadas a várias funções.

Na construção civil brasileira, que possui baixo índice de industrialização, a modulação em níveis mais completos começa a ser vista como um fator prioritário, principalmente no setor de moradias, que com o mercado em franco aquecimento, tais demandas começaram a ser economicamente viáveis.

Elementos diversos, como blocos cerâmicos, divisórias, pisos, telhas, não possuem nenhuma relação métrica entre si, obrigando a que, nas obras, sejam feitas as mais diversas adaptações, adotando-se sistemas construtivos artesanais, tornando mais um motivo pela opção por painéis modulares em concreto.

O concreto, segundo Mehta et al. (1994, p.104-113), é um material moldável, durável e um mau condutor de calor. Possui peso específico em torno de 2400 Kg/m³ sem armadura e 2500 Kg/m³ com armadura. As estruturas usuais de concreto não sofrem danos pelas variações de temperatura ambiente. As características minerais do agregado, o conteúdo de umidade, a massa específica e a temperatura do concreto provocam variações na condutividade térmica do concreto. A condutividade térmica do concreto varia em função do tipo de agregado. Principais benefícios do sistema pré-fabricado:

- a)- Maior rapidez no retorno do capital investido;
- b)- Possibilidade maior de focar o empreendimento;
- c)- Melhoria na qualidade da gestão do projeto;
- d)- Garantia de rapidez à obra;
- e)- Redução e eliminação de diversos custos indiretos ou de difícil contabilização;
- f)- Maior confiabilidade no cumprimento do cronograma;
- g)- Obra sem desperdício, ociosidade e risco de desvios de compra;
- h)- Menor estrutura administrativa, fiscalização, laboratório e controle;
- i)- A obra fica menos suscetível a variações climáticas;
- j)- Redução das horas do pessoal exposto ao risco;
- k)- Garantia de qualidade;
- l)- Obra limpa e menor dano possível ao meio ambiente;
- m)- Rastreabilidade do processo;
- n)- Rotatividade menor da mão-de-obra;
- o)- Maior organização do canteiro de obras.

2.5- Justificativa do tema

Dentre tantos problemas que atualmente o Brasil encontra, a questão da resolução do déficit de moradias é aquele que tem entrado em pauta de maneira incisiva nas últimas décadas. Uma política habitacional mais agressiva, fortemente direcionada para a população mais carente, continua sendo um elemento fundamental para reduzir as desigualdades no país.

Conforme podemos verificar na figura 12, em 2007 o déficit habitacional brasileiro foi estimado em 7,2 milhões de moradias, o que corresponde a 12,8% do total de domicílios, porém, apesar da significativa redução, comparando com os 15,7% em 2001, o Brasil ainda tem um longo caminho a percorrer para atender tal demanda, buscando soluções que permitam suprir coerentemente tais necessidades.

Existem duas maneiras de medir o déficit habitacional, conforme aplicações à tabela:

- a)- Déficit absoluto: Soma dos dois componentes do déficit.
- b)- Déficit relativo: Percentual das famílias do país que se encontram no déficit habitacional.

O déficit habitacional absoluto e relativo por Estado (2007)							
UF	Inadequação				Déficit habitacional		
	Improvisados	Rústico	Cortiços	Coabitação	Absoluto	Relativo (%)	
Rondônia	1.247	19.793	1.189	34.775	57.004	12,5%	
Acre	333	15.712	2.117	20.189	38.351	22,8%	
Amazonas	7.043	127.103	3.956	102.325	240.427	29,9%	
Roraima	-	5.292	-	9.862	15.154	13,6%	
Pará	3.650	311.713	6.137	225.609	547.109	29,5%	
Amapá	874	5.318	789	23.873	30.854	20,0%	
Tocantins	701	33.677	3.974	29.931	68.283	18,0%	
Maranhão	2.613	335.314	15.674	180.286	533.887	34,1%	
Piauí	-	118.338	-	68.812	187.150	22,7%	
Ceará	2.369	223.064	1.921	195.402	422.756	18,7%	
Rio Grande do Norte	916	22.907	-	87.963	111.786	13,3%	
Paraíba	1.400	66.660	2.332	96.954	167.346	16,6%	
Pernambuco	3.573	135.934	5.321	168.159	312.987	13,0%	
Alagoas	517	37.748	8.273	69.289	115.827	13,9%	
Sergipe	328	24.273	328	44.938	69.867	12,3%	
Bahia	4.656	193.430	15.626	323.782	537.494	13,6%	
Minas Gerais	19.264	174.510	11.875	337.129	542.778	9,1%	
Espírito Santo	1.968	37.882	-	61.001	100.851	9,4%	
Rio de Janeiro	4.498	407.477	19.122	233.961	665.058	12,7%	
São Paulo	31.328	673.001	21.389	633.088	1.358.806	10,5%	
Paraná	4.741	62.142	2.683	168.876	238.442	7,2%	
Santa Catarina	4.881	38.442	1.830	87.268	132.421	6,9%	
Rio Grande do Sul	3.452	138.227	1.331	212.121	355.131	9,6%	
Mato Grosso do Sul	5.660	7.865	4.090	48.745	66.360	9,0%	
Mato Grosso	2.179	29.427	5.087	34.876	71.569	8,0%	
Goiás	706	37.365	8.815	101.512	148.398	8,2%	
Distrito Federal	871	11.751	9.788	51.346	73.756	10,0%	
Brasil	109.768	3.294.365	153.647	3.652.072	7.209.852	12,8%	

Figura 12 - Déficit habitacional absoluto e relativo por Estado (2007),

Fonte: Pnad 2007 IBGE, elaboração FGV.

A relação entre a falta de moradia e os baixos níveis de renda continua sendo uma das características mais claras do déficit habitacional brasileiro. (Siduscon-SP).

Muitos estudos identificam que existe proporcional inadequação do déficit habitacional em detrimento às faixas de rendimento, o que é evidenciado pelas estatísticas. (Figura 13). Observando os componentes do déficit no mesmo gráfico, nota-se que, na média nacional, a coabitação familiar continua sendo sua principal causa e corresponde a quase 51% da carência total de moradias, o equivalente a 3,6 milhões de domicílios. Dentro do componente inadequação, os domicílios rústicos, onde estão incluídas as favelas, representam o maior problema habitacional, totalizando 3,3 milhões. (Tópico 6.2, pág.87).

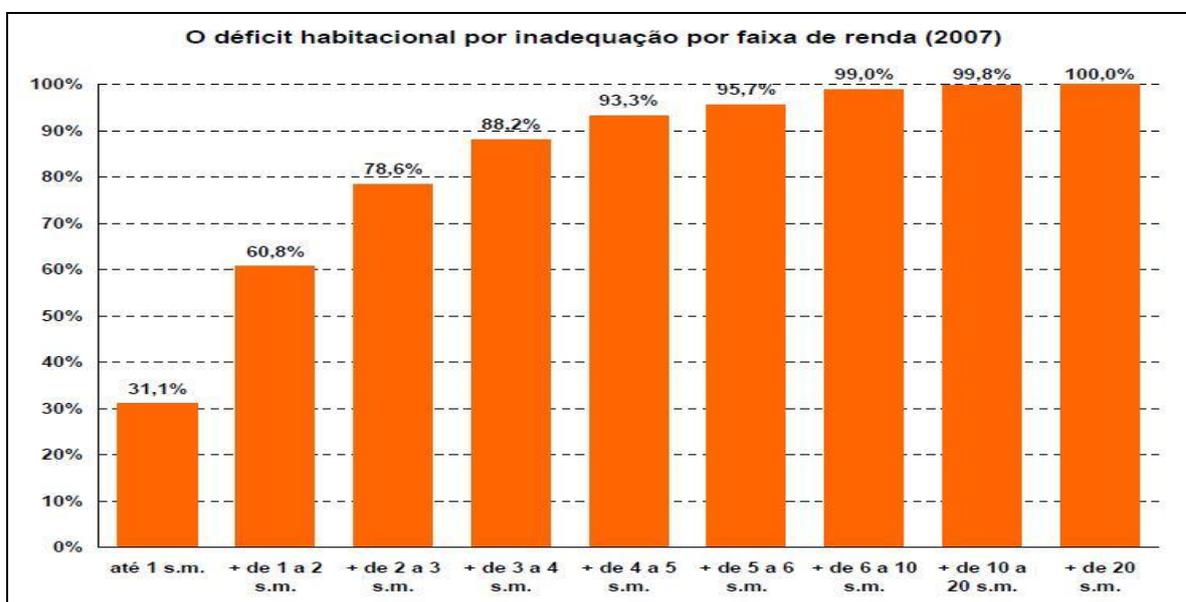


Figura 13 - Déficit habitacional por inadequação por faixa de renda. (2007). Fonte: Pnad 2007 IBGE), elaboração FGV.

Com base na aplicação de elementos pré-fabricados, com referência a construção de uma habitação unifamiliar, esta, é voltada principalmente ao público alvo entre classes B e C, e com decorrentes variantes de ocupações, torna-se um pertinente segmento de mercado, com materiais pré-fabricados análogos aos padrões construtivos, porém com melhorias funcionais, plásticas, tecnológicas, singular otimização fabril, implantação e montagem, em detrimento aos populares ofertados atualmente no mercado.

Partindo dessa premissa, analisando, desenvolvendo e formatando tópicos correlatos, toma-se este, denominado Sistema Construtivo Modular, abordado no estudo de caso, (Tópico 4, pág.43), como uma opção construtiva pertinente, visando auxiliar no que se refere ao déficit habitacional, em pauta na realidade atual.

Ao elaborar um conceito e/ou projeto, respeitando as características dos elementos pré-fabricados, é possível encontrar soluções que permitam adequar satisfatoriamente às necessidades imediatas de moradia partindo do ponto de vista arquitetônico.

De construção padrão, mas de qualidade, estas pequenas moradias em pré-fabricados teriam como uma das mais importantes metas, que se façam cumprir todas as necessidades de quem a estiver ocupando. Tais habitações podem ser até motivo para investimentos, visando futuras locações, pois muitas pessoas têm o intuito em construir ou comprar imóveis a fim de obter dividendos extras para complemento de renda e de aposentadoria, pois imóveis menores possuem relativa liberdade de negociação.

A função primeira de aplicabilidade seria de uso residencial, porém, pela diversificação do mercado, pode-se utilizar tal unidade para inúmeras aplicações, como escritórios, pontos de apoio de vendas, pousadas, moradias formando condomínios, moradias agregadas, repúblicas para estudantes, entre tantos outros, estudando customizações de acordo com as necessidades em sua utilização.

Este sistema de construção é útil, tanto para o caso de residências isoladas quanto para grandes conjuntos de apartamentos horizontais, e possivelmente verticais (passível de estudos posteriores). Tal empreendimento diminuirá consideravelmente o número de elementos de fabricação e suas variantes, gerando por sua vez, menos elementos para montagem, refletindo em menor custo para o consumidor final.

Relaciona-se no Tópico 3, pág.21, exemplos habitacionais de sistemas construtivos análogos disponíveis no mercado, com aplicação de diferentes tipos de materiais, e, por conseguinte, o desenvolvimento de um estudo de caso, evidenciando conceitos, ampliando a visão de possibilidades fabris de uma moradia, baseado em painéis de concreto pré-fabricado, fazendo com que haja mais uma opção para além dos convencionais prédios de apartamento, casas geminadas e afins.

3- OBRAS ANÁLOGAS (Características pré-fabricadas de porte similar, entre 22 e 70 m²)

Estão relacionados abaixo, alguns tipos de tipologias construtivas disponíveis no mercado, executadas em diferentes materiais, para se ter uma ampla visão, de processos, tecnologias, aplicações, auxiliando na definição de um produto que caiba satisfatoriamente ao desenvolvimento de um novo segmento, compilando dados ligados à pertinência e embasamento projetual.

Após investigações e análises de alguns dos muitos tipos de construções pesquisadas, com materiais distintos, por vezes, utilizando composições de dois ou mais materiais, são descritos informativamente de modo a balizar a razão da aplicação dos pré-fabricados, determinando-o como opção de desenvolvimento do tema proposto, sendo tal tipologia construtiva, mais coerente à adequação ao processo fabril estudado.

Estão listadas a seguir, algumas versões com diferentes materiais construtivos pré-fabricados atualmente no mercado:

3.1- Prefeitura de Belo Horizonte - Alvenaria

A Prefeitura de Belo Horizonte dispõe de 15 modelos, variando de 1 a 4 quartos (figura 14), com variedades e opções de escolha. Destaca-se o modelo N^o1 (figura 15), pela proximidade dimensional à proposta de estudo de caso.

A- N^o unidades vendidas: Não Informado. A demanda é dividida em 15 modelos distintos.

B- Custo m²: Não Informado.

C- Tempo construção: Não definido, normalmente o tempo estimado varia de acordo com o montante, e este difere por região.

D- Materiais empregados: Construção convencional, típica em alvenaria com materiais de custo acessível e inerente ao padrão.

E- Tipo de mão de obra empregada: Não definido o número de mão-de-obra por unidade, pois pelo tipo de serviço, toda a empreitada é dividida pela demanda. A mão-de-obra empregada é aquela normalmente utilizada pela construção civil, como, pedreiros, serventes, carpinteiros, armadores, e afins.

REGULAÇÃO URBANA

PROJETOS PADRÕES



Projetos Padrão

Pelo Código de Edificações ([Lei 9.725 de 12/01/2010](#)), o cidadão interessado na construção de imóvel de até 70 metros quadrados recebe isenções de todas as taxas para o licenciamento, incluindo a certidão de Baixa de Construção. Caso o requerente necessite do projeto do imóvel, a prefeitura coloca para sua escolha 15 modelos de projetos padrão de 1 a 4 quartos. Após a definição da planta, a Prefeitura irá viabilizar, gratuitamente, vários procedimentos como: implantação do projeto no terreno, emissões do alvará de construção e da certidão de Baixa de Construção.

Para ter acesso a esses benefícios o cidadão necessita requerer o benefício na Central de Atendimento Integrado BH Resolve, munido de documentos do imóvel.

Mais informações sobre o serviço de Aprovação de Projeto Padrão, clique [AQUI](#).

Confira abaixo os modelos de projetos padrão

Modelos de projetos - 1 Quarto

Projeto 001

Projeto 002

Projeto 003

Projeto 004

Modelos de projetos - 2 Quartos

Projeto 005

Projeto 006

Projeto 007

Projeto 008

Projeto 009

Projeto 010

Modelos de projetos - 3 Quartos

Projeto 011

Projeto 012

Projeto 013

Projeto 014

Modelos de projetos - 4 Quartos

Projeto 015

Figura 14 - Tabela com modelos prontos de residências fornecidas pela PBH. Fonte: Prefeitura de Belo Horizonte.

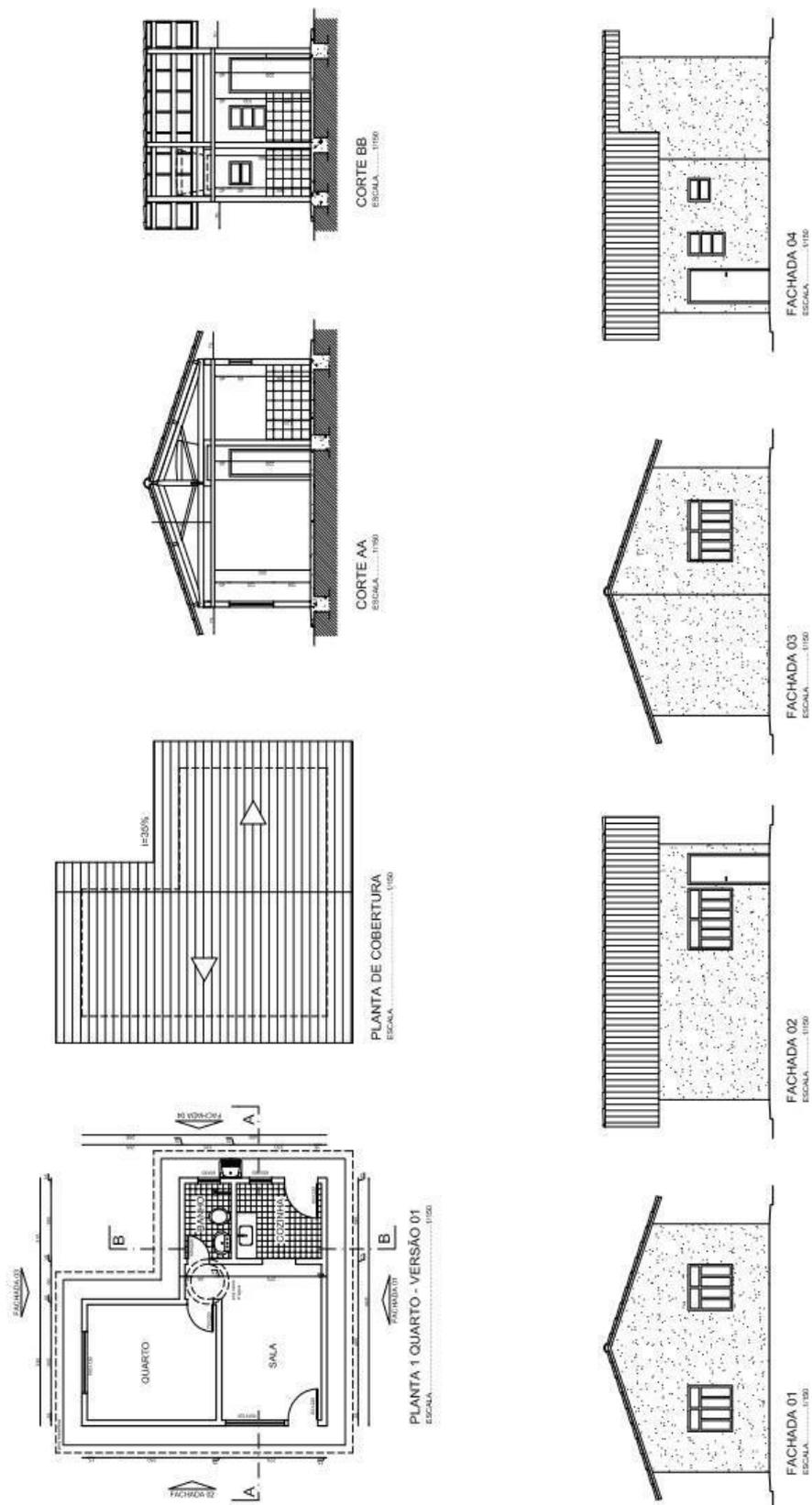


Figura 15 - Modelo de residência Nº 01 – 1 quarto.

Fonte: Prefeitura de Belo Horizonte.



**PREFEITURA
BELO HORIZONTE**

A solicitação de Aprovação de Projeto Padrão deve ser protocolada junto à Central de Atendimento da Secretaria Municipal Adjunta de Regulação Urbana - SIMURU - localizada na Av. Afonso Pena 4000, 3º andar, Bairro Cruzado.

A aprovação do Projeto Padrão e os demais serviços a ele relacionados serão prestados gratuitamente apenas se o interessado se enquadrar em uma das seguintes situações:

- Ser proprietário do lote;
- Ter lote aprovado na PBH;

Documentos que deverão ser anexados a solicitação:

- Formulário "Requerimento para Aprovação de Projeto Padrão - Residência Unitária de até 70m², preenchido e assinado;
- Cópia em formato A4 da guia de IPTU ou Ficha Básica relativa ao imóvel (ano vigente - 1ª via);
- Cópia em formato A4 da matrícula do imóvel;
- Cópia em formato A4 do CPF do proprietário do imóvel;
- Cópia do Projeto Arquitetônico Padrão escolhido.

PROJETO PADRÃO 001 - OPÇÃO 1 QUARTO

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE

SERVIÇO DE ARQUITETURA E ENGENHARIA PÚBLICAS - SAEP

O projeto apresentado neste documento é ilustrativo, destinado a identificação de opção mais adequada às necessidades do proprietário, não se constituindo como documento comprobatório de aprovação de edificação pela PBH.

3.2- Diamond House - Madeira



Modelo de residência de apenas um pavimento e um quarto, construída em madeira com base radier em concreto. (Figuras 16, 17 e 18).

- 01 Pavimento.
- 22 m² área construída.
- 01 Dormitórios.
- 2.66m de Pé direito.

A- Nº unidades vendidas: Não Informado.

B- Custo m²: Não Informado.

C- Tempo construção: Não Informado, mas estima-se em torno de 3 semanas.

D- Materiais empregados: O material relativo ao produto, predominantemente em madeira é a cargo do fornecedor e demais elementos como, vidro, caixa d'água, revestimentos, pia, radier/fundação, demais ferragens, etc, por conta do cliente.

E- Tipo de mão de obra empregada: Por conta do produto vendido (madeira), cabe ao fornecedor encaminhar a mão de obra específica para montagem, e por conta do cliente seria o preparo da base para levantar a casa com profissionais tradicionalmente utilizados para tal.

- Casas de 1 pavimento: Pé-direito de 2,66 m
- Construção do *kit* em madeira sob alvenaria.



Fig. 16 - Fachada.

Fonte: Diamond House.



Fig. 17 - Conjuntos montados. Fonte: Diamond House.

MEMORIAL DESCRITIVO (Composição do kit de madeira)

1- Montantes: Peças maciças com seção de 13 x 13 cm (Linha Clássica) ou 11 x 11 cm (Linha Econômica), comprimento variável de acordo com a especificação do projeto. Exerce função de guia, travamento das paredes e sustentação das cintas que recebem a carga do telhado. São dispostos a uma distância máxima de 2 metros uns dos outros.

2- Paredes: Peças de madeira maciça, com espessura de 4,5 cm (Linha Clássica) ou 3,5 cm (Linha Econômica), largura de 14 cm e comprimento variável, de acordo com a especificação do projeto. Exercem função de preenchimento e de proporcionar isolamento térmico e acústico. São montadas através de sistema de encaixes do tipo macho / fêmea.

a)- Filete elétrico, totalmente embutido no montante.

b)- Friso na extremidade das peças de parede, que reduz a propagação de ondas sonoras.

3- Terças: Peças que compõem o engradamento do telhado, tendo como finalidade suportar os caibros. Suas dimensões variam de 7x15 cm a 7x25 cm, de acordo com o tamanho do vão a ser vencido e a carga incidente.

4- Caibros: Peças que compõem o engradamento do telhado, apresentando dimensões de 4,5 x 6,5 cm, e comprimento variável, de acordo com o espaçamento e tamanho do vão.

5- Ripas: Peças que compõem o engradamento do telhado possuem, em geral, 2x4 cm de seção e têm a finalidade de suportar as telhas.

6- Forros: Peças com seção de 1x10 cm, pregadas por baixo dos caibros, acompanhando a inclinação do telhado (característica marcante do processo construtivo).

7- Assoalho: São peças com seção de 2x13 cm e comprimento variável (Especificações do projeto), utilizadas nos quartos, salas e ambientes de circulação do segundo pavimento (peças fornecidas somente para projetos de 2 pavimentos).

8- Janelas: As janelas possuem dimensões específicas, de acordo com o cômodo a que se destinam, com padrões em Cm, sendo que, medidas fora dos padrões podem ser adotadas, sendo necessário, no entanto, estudo de viabilidade arquitetônica e técnica.

9- Portas: As portas possuem dimensões específicas, de acordo com o cômodo a que se destinam, com padrões em Cm.

10- ½ Cana: Também chamado de rodoforro, tem finalidade estética e serve como acabamento entre a parede e o teto (forro). Possui seção abaulada de 2,5 x 2,5 cm e é presa às cintas.

11- ½ Tábua: Também chamada de tabeira, com seção de 2 x 14 cm, tem como função o fechamento lateral externo entre a cinta e os caibros.

12- Cinta: Trabalha sobre os montantes e fixadas a estes, com a finalidade de suportar os caibros. Com seção de 3,5 x 15 cm (Linha Econômica) ou 4,0 x 15 cm (Linha Clássica), sendo responsável por conferir estabilidade ao telhado e impedindo que sua estrutura fique sujeita às movimentações características das peças de parede.

13- Filetes: Peças utilizadas para a passagem de tubulação elétrica. São afixadas nos montantes e suas seções estão relacionadas às seções destes: para montantes de 13 x 13 cm, filetes de 4,25 x 4,25 cm; e para montantes de 11 x 11 cm, filetes de 3,25 x 3,25 cm.

14- Ripões: Peças com seção de 5 x 4 cm, com função de receber a última fileira de telhas.

15- Rodapé: Peças com seção de 2 x 6 cm, que têm a função de proporcionar o acabamento entre as paredes e o piso.

As seções das peças descritas acima foram determinadas em função de projetos executados e aprovadas pela equipe técnica da empresa Diamond House. Entretanto a empresa se dispõe a estudar a viabilidade técnica de qualquer projeto arquitetônico cujas dimensões das peças se desviem das medidas padrão.

O processo construtivo prevê, para as áreas molhadas (banheiros, cozinhas e áreas de serviço), a aplicação de alvenaria. Porém, a empresa se mantém aberta às sugestões dos seus clientes quanto a este ponto. Cabe ainda ressaltar que a Diamond House trabalha preferencialmente com a madeira Angelim Pedra, escolhida por se adequar tanto às necessidades técnicas quanto às exigências estéticas do processo construtivo adotado. Porém a empresa também se mantém aberta à possibilidade de execução dos kits com a utilização de outras madeiras.

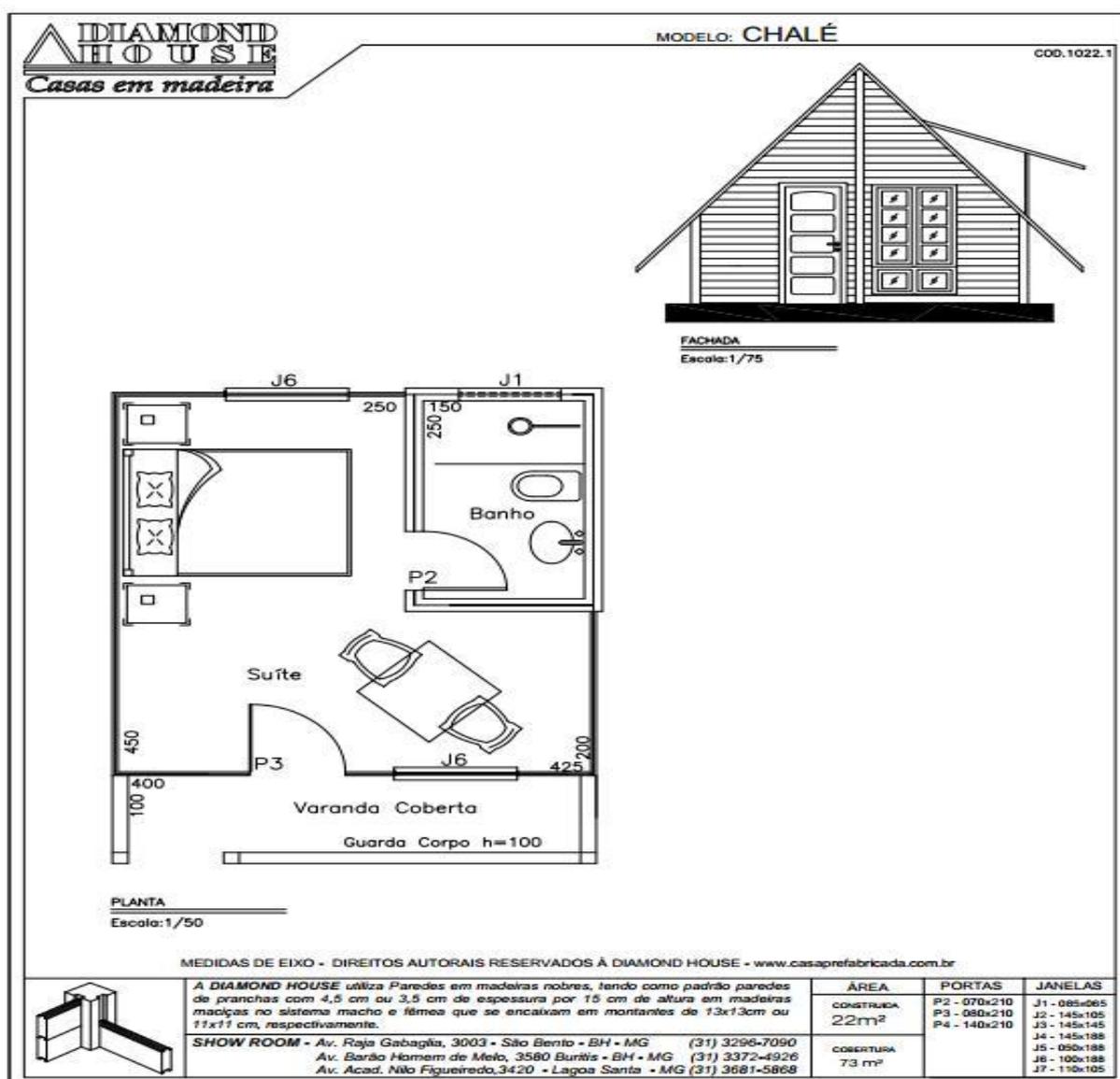


Figura 18 - Desenho comercial de vendas com Planta e Fachada.

Fonte: Diamond House.

3.3- Capremol - Painéis pré-moldados maciços



Este sistema de fabricação, apesar de ser análogo ao pré-moldado industrial convencional no que tange aos elementos integrantes, ainda é bastante rudimentar, com canteiro de obras adaptado, sem nenhuma adequação de estoque e parâmetros projetuais normativos. Porém, cumpre as necessidades imediatas de distribuição de moradias para usuários de baixa renda. (Figuras 19 e 20). A cobertura aparente tem o aspecto bastante similar ao estudo de caso.

A- Nº unidades vendidas: Não Informado.

B- Custo m²: Não Informado.

C- Tempo construção: Execução em 15 dias com uma equipe de 3 pessoas.

D- Materiais empregados: Painéis moldados em formas metálicas avulsas no próprio local da obra. Demais peças seguem linhas convencionais de aplicação, como portas, janelas, caixa d'água, elementos hidráulicos e elétricos, ferragens em geral, etc.

E- Tipo de mão de obra empregada: Os painéis, apesar de rudimentares, necessitam de certo treino, para montagem, porém, demais elementos são executados por profissionais dentro do rol construtivo convencional.



Figura 19 - Visada externa casa pronta.
Foto: Capremol.



Figura 20 - Visada externa casa pronta.
Foto: Capremol.

A seguir, as seqüências de fotos (Figuras 21 à 43), que ilustram todo o processo de fabricação, estoque e montagem das casas em painéis pré-moldados, descritas pelas legendas:

FABRICAÇÃO



Figura 21 - Fabricação dos painéis.
Foto: Capremol.



Figura 22 - Formas das galgas de parede.
Foto: Capremol.

ESTOCAGEM



Figura 23 - Estoque dos painéis.
Foto: Capremol.



Figura 24 - Estoque das treliças base.
Foto: Capremol.



Figura 25 - Estoque dos painéis.
Foto: Capremol.

FÔRMAS / GABARITOS



Figura 26 - Gabaritos montagem painéis.
Foto: Capremol.



Figura 27 - Forma travas galgas.
Foto: Capremol.



Figura 28 - Formas metálicas painéis.
Foto: Capremol.

FUNDAÇÃO



Figura 29 - Radier da casa pré-moldada a ser edificada.

Foto: Capremol.

MONTAGEM



Figura 30 - Enchimento dos painéis. Foto: Capremol.



Figura 31 - Enchimento dos painéis. Foto: Capremol.



Figura 32 - Preparo para telhado. Foto: Capremol.



Figura 33 - Montagem dos painéis. Foto: Capremol.



Figura 34 - Montagem dos painéis. Foto: Capremol.



Figura 35 - Escoramento dos painéis. Foto: Capremol.

DETALHES DA MONTAGEM



Figura 36 - Detalhe enchimento dos painéis.
Foto: Capremol.



Figura 37 - Detalhe dutos nos painéis.
Foto: Capremol.



Figura 38 - Detalhe travamento painéis.
Foto: Capremol.



Figura 39 - Detalhe montagem painéis.
Foto: Capremol.



Figura 40 - Detalhe enchimento painéis.
Foto: Capremol.



Figura 41 - Detalhe interno dos painéis.
Foto: Capremol.



Figura 42 - Detalhe enchimento painéis.
Foto: Capremol.



Figura 43 - Detalhe montagem painéis.
Foto: Capremol.

3.4- Usiminas (Usiteto) - Estruturas Metálicas

Tem-se o programa Usiteto como solução desenvolvida pela Usiminas para minimizar o déficit habitacional brasileiro, estimado, segundo a Usiminas, em aproximadamente 6 milhões de moradias. São casas de qualidade e baixo custo. (Figuras 44, 45 e 46).

A Usiminas, com o kit Usiteto, é composto por um casa de 36 metros quadrados, na escola de arquitetura do Centro Universitário Leste Mineiro (Unileste), em Coronel Fabriciano. A casa, construída com estruturas de aço, servirá de laboratório para os alunos de diversas matérias do curso de Arquitetura, como acústica, sistemas estruturais, aço na Arquitetura e outras. A montagem da casa faz parte do convênio entre Usiminas e Unileste.

A estrutura pode receber diferentes tipos de cobertura, cuja malha é também montada com perfis como ferro quadrado (barra), e ferro “U” em “caixa”, recebendo cobertura como telhas francesas, cimento amianto, ecológicas, entre outras, com ou sem forro, além dos revestimentos internos, que podem ser definidos pelo proprietário.

O Usiframe é a industrialização total da construção, permitindo que as casas e edifícios sejam montados em módulos, se adequando a qualquer projeto. Os painéis externos e internos feitos com a estrutura metálica são produzidos na fábrica, chegando prontos ao seu destino, possibilitando uma construção sem desperdício e com rapidez.

O Usiframe é feito em aço zincado reciclável da Usiminas e que não polui o meio ambiente. Devido ao processo contínuo de galvanização por imersão a quente, que é um dos mais eficientes e econômicos empregados na proteção do aço, o Usiframe possui alta durabilidade e uma excelente resistência a ação do tempo.

Durante o processo de industrialização, o aço zincado é submetido às mais rígidas normas de segurança, garantindo um padrão único de qualidade, resistência à tração, compressão e flexão. As peças relativamente mais leves em comparação aos outros materiais permitem que a obra ganhe maior praticidade e rapidez.

A montagem das estruturas é simplificada pela utilização de parafusos autobrocantes, possibilitando uma redução no prazo de execução em até 35%.

A- Nº unidades vendidas: Não Informado. Atualmente existem unidades prontas em cidades mineiras de Monte Carmelo, Divinópolis, Caeté, Curvelo e Lagoa Santa, etc.

B- Custo m²: Não Informado.

C- Tempo construção: A estrutura é montada em menos de três horas, utilizando duas pessoas. Para demais materiais não foi informado.

D- Materiais empregados: A estrutura é totalmente metálica (580 Kg) e para o fechamento da estrutura podem ser utilizadas alvenarias convencionais de blocos cerâmicos ou de concreto, tijolo, concreto celular, além de placas e painéis industrializados. Revestimentos definidos pelo proprietário.

E- Tipo de mão de obra empregada: Dois montadores para a estrutura, sendo o restante, utilizando materiais convencionais podendo utilizar dois pedreiros e um ajudante para uma casa, e quando se tratar de mais casas haverá necessidade de um mestre de obras e número de profissionais compatíveis à demanda.



Figura 44 - Estrutura em aço sem vedações.
Fonte: Usiminas, 2001.



Figura 45 - Casa do Programa Usiteto.
Fonte: Usiminas, 2001.

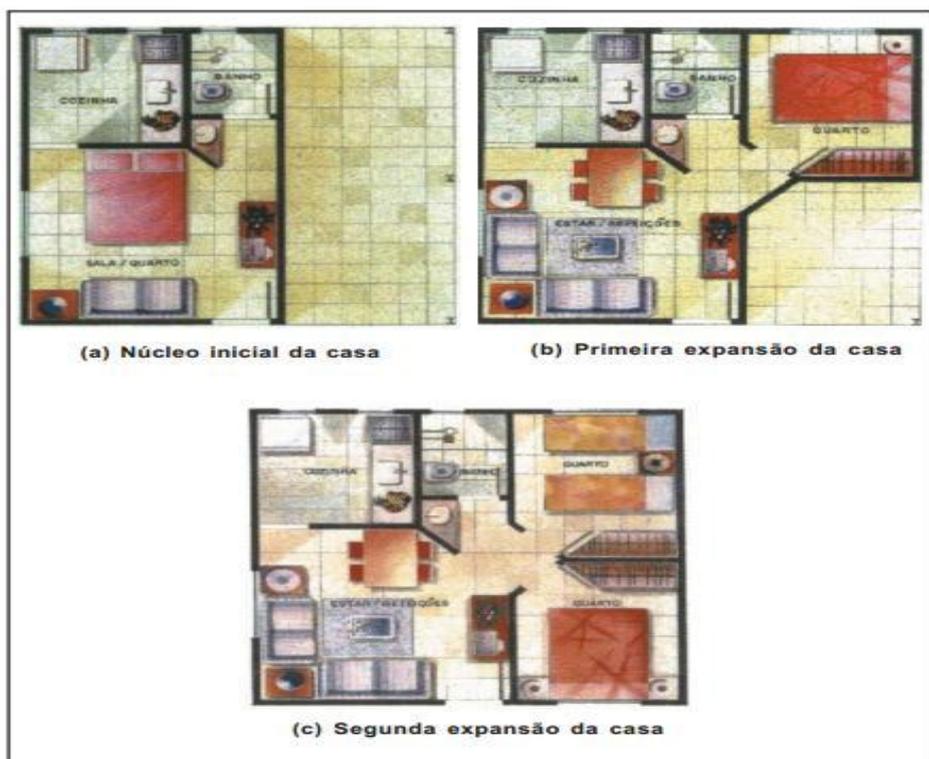


Figura 46 - Planta baixa. (Layout)

Fonte: Usiminas, 2001

3.5- Precon - Blocos de concreto autoclavado

A visita à empresa *Precon*, foi satisfatória para um melhor entendimento, avaliando o protótipo, investigando processos e aplicações. Vide *folder* promocional (Figuras 47 a 50).

Conforme as imagens a seguir, figuras 51 a 59, avalia-se o produto, seja por suas características, benefícios, o modelo e também o sistema construtivo. Dispondo de dois modelos, seguem na figuras 60 e 61, as plantas de dois modelos da Casa *Precon*, das quais, toma-se o modelo 1 para analogia de estudo de caso, pela proximidade dimensional.

A- Nº unidades vendidas: Protótipo em remanejamento e ajustes.

B- Custo m²: Não definido, pois o protótipo ainda passa por definições construtivas.

C- Tempo construção: Não definido, pois o protótipo passa por correções construtivas.

D- Materiais empregados: Fechamento com blocos de Concreto Celular Autoclavado (*Precon*), similar ao *Sical*, cobertura com telhas de PVC (*PreconVC*) ou Fibrocimento também da *Precon* e revestimento de piso em Porcelanato *Precon* (Três opções de cores).

E- Tipo de mão de obra empregada: Para alvenaria, utiliza-se mão-de-obra convencional ofertada pela construção civil e montador/soldador para montagem da malha da cobertura.



Figura 47 - Fotos folder da empresa.
Fonte: Precon.



Figura 48 - Visada da casa, construída com tijolos SICAL
Fonte: Precon.



Figura 49 - Folder Promocional Divulgação.
Fonte: Precon.



Figura 50 - Folder Promocional Divulgação.
Fonte: Precon.



Figura 51 - Base da casa demarcada e moldada no local (Radier)

Fonte: Precon.



Figura 52 - Paredes levantadas com tijolos do tipo SICAL.

Fonte: Precon.



Figura 53 - Visada interna das paredes levantadas com tijolos do tipo SICAL.

Fonte: Precon.



Figura 54 - Visada geral das paredes levantadas com tijolos do tipo SICAL.

Fonte: Precon.



Figura 55 - Visada externa das paredes levantadas com tijolos do tipo SICAL.

Fonte: Precon.



Figura 56 - Visada externa das paredes em fase final com tijolos do tipo SICAL.

Fonte: Precon.



Figura 57 - Visada externa das paredes rebocadas.

Fonte: Precon.



Figura 58 - Engradamento do telhado com perfis metálicos.

Fonte: Precon.



Figura 59 - Visada da casa acabada construída com tijolos do tipo SICAL.

Fonte: Precon.

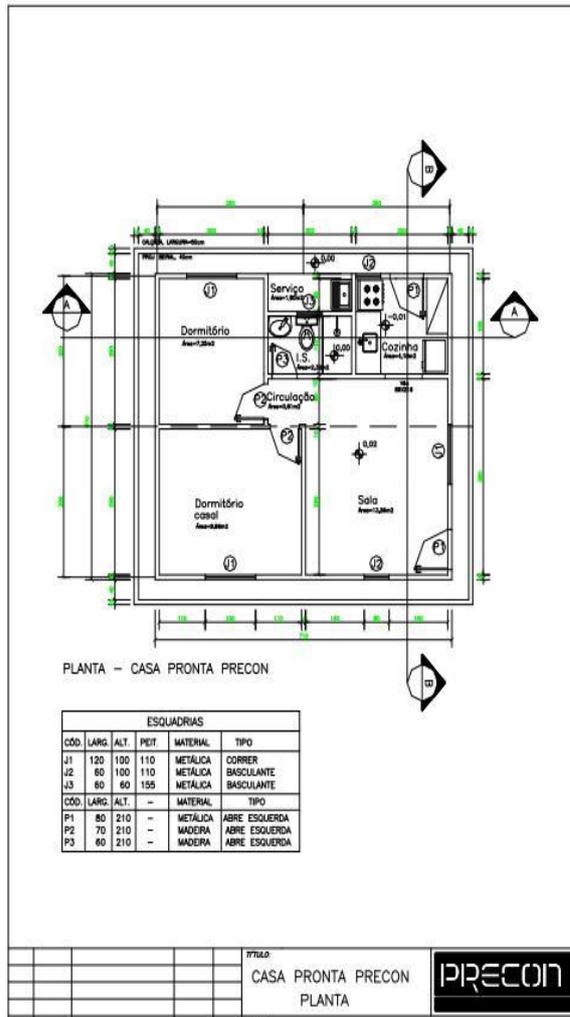


Figura 60 - Casa Modelo 1.

Fonte: Precon.

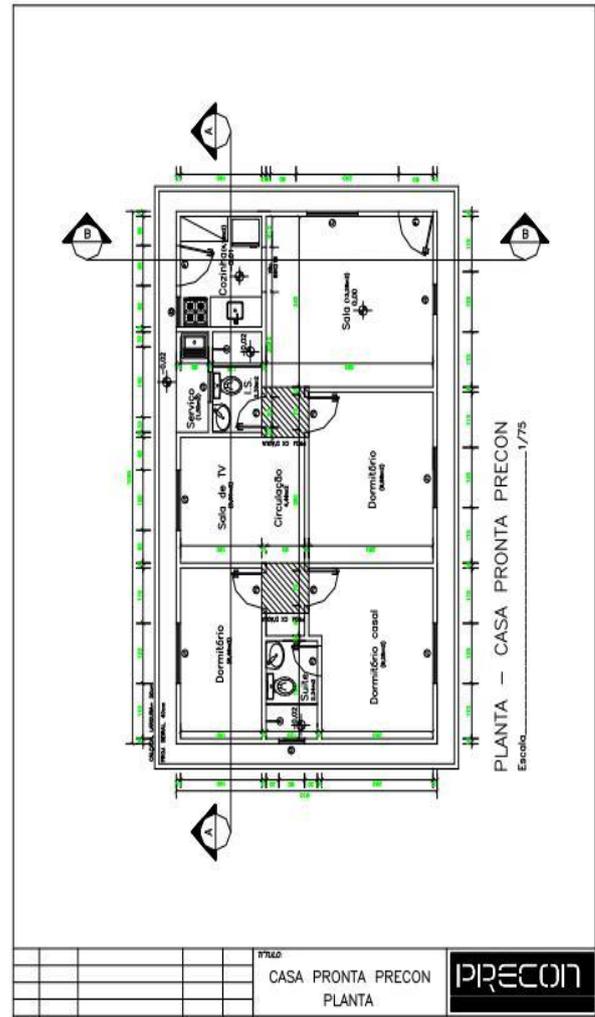


Figura 61 - Casa Modelo 2.

Fonte: Precon.

3.6- Cohab - Alvenaria

Fundada com a finalidade de combater o déficit habitacional e urbanizar vilas e favelas no Estado. A iniciativa visou responder ao desafio do êxodo rural e da migração populacional para os grandes centros urbanos pela consequência da busca de oportunidades produzidas pela transformação econômica e social que o País e Minas Gerais viveram na década de 60.

Assim como hoje, a COHAB-MG incumbiu-se de enfrentar essa grande tarefa, sendo responsável direta pela concepção e execução de políticas que visam reduzir o déficit habitacional em Minas Gerais.

De concepção simples, utilizando materiais mais baratos, são construídos em alvenaria, com elementos tradicionais de construção. (Figuras 62 e 63).

A- Nº unidades vendidas: O total de casas já construídas no Norte de Minas soma 4.167 unidades em 60 municípios, correspondendo ao investimento de R\$ 104 milhões e à geração de 12.500 empregos diretos e indiretos durante as obras.
<http://www.cohab.mg.gov.br/show.php?idnoticia=874>

Entre 2005 e meados de 2011, a COHAB-MG concluiu a construção de 26.411 casas para Habitação Popular (PLHP), programa habitacional do Governo de Minas. Atualmente, continua a entregar novas casas já concluídas e a executar a construção de mais de 3.300 moradias, incluindo cerca de 3.000 em obras dentro da parceria Governo de Minas /PMCMV.
<http://www.cohab.mg.gov.br/show.php?idnoticia=88>

B- Custo: Para o mutuário com renda de 1 salário-mínimo, o preço da moradia cai para metade do valor real do investimento. Isso possibilita que o comprador possa cumprir o compromisso de pagá-la. Portanto, o financiamento para o mutuário com 1 salário-mínimo de renda fica em torno de 14.040 mil reais e é amortizado em 20 anos. A prestação não pode ultrapassar 20% da renda familiar do mutuário.

C- Tempo construção: Não Informado.

D- Materiais empregados: Construção convencional, típica em alvenaria com materiais de custo acessível e inerente ao padrão.

E- Tipo de mão de obra empregada: Não definido o número de mão-de-obra por unidade, pois pelo tipo de serviço, a empreitada é toda dividida pela demanda.



Figura 62 - São Joaquim de Bicas, 2009.
Fonte: <http://www.cohab.mg.gov.br/galeria.php>



Figura 63- Alvorada de Minas, 2010.
Fonte: <http://www.cohab.mg.gov.br/galeria.php>

Abaixo, plantas da habitação, técnica, humanizada (*layout*) e fachada frontal/fundos e laterais, conforme figuras 64, 65, 66 e 67, respectivamente.

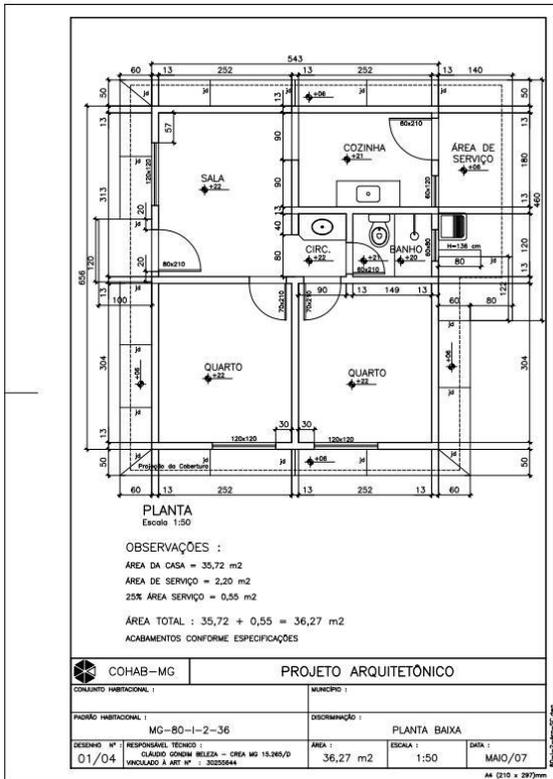


Figura 64 - Planta Técnica. Fonte: Cohab.

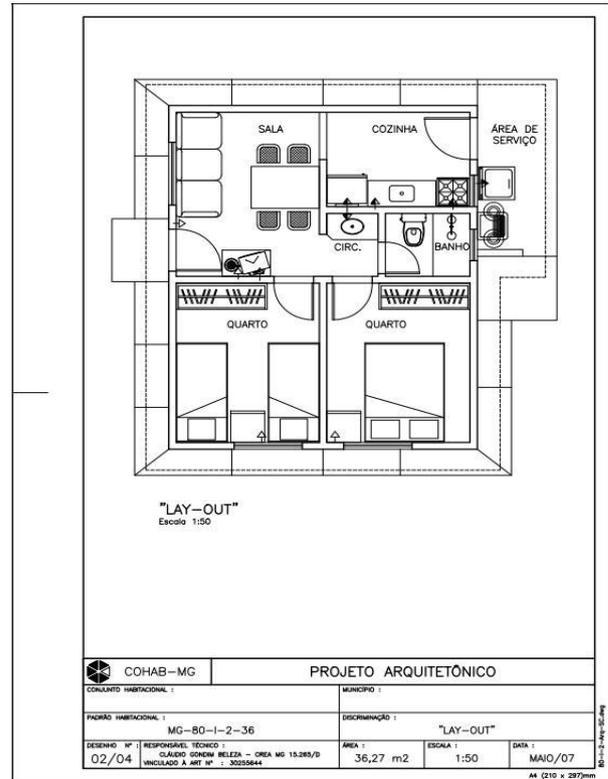


Figura 65 - Planta Humanizada. Fonte: Cohab.

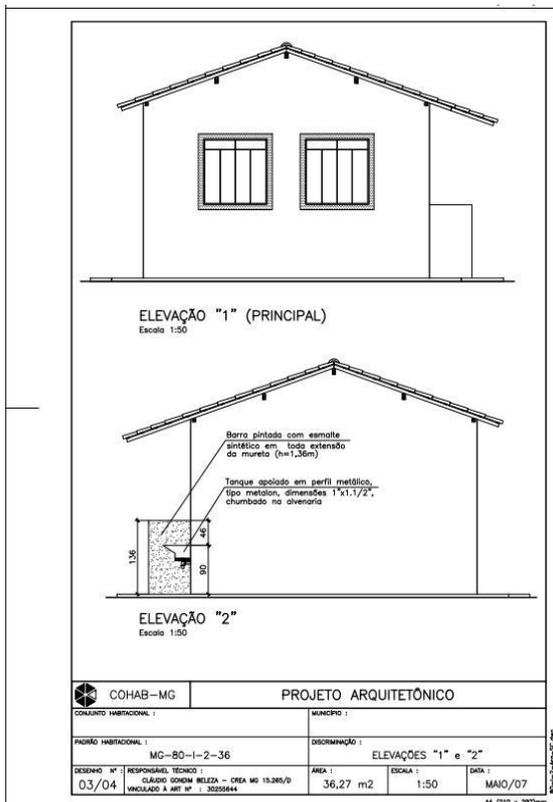


Figura 66 - Planta Fachadas. Fonte: Cohab.

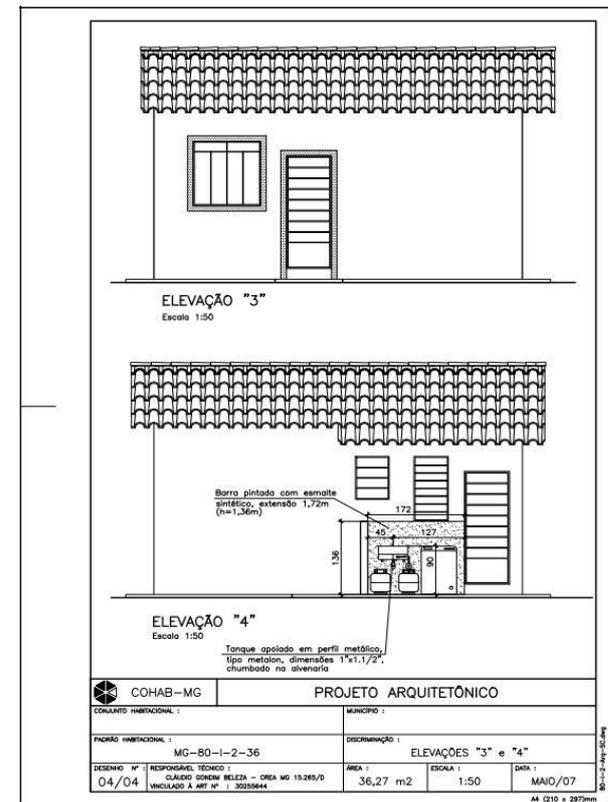


Figura 67 - Planta Fachadas. Fonte: Cohab.

3.7- Casas Kurten - Madeira

Empresa atuante no segmento pré-fabricado de casas em madeira, alvenaria e metálica, de construções e processos construtivos análogos aos concorrentes utilizando de mesma tecnologia no que se refere à fabricação e sistematização nas montagens e manutenções das habitações, com localização em Curitiba, sul do país. (Figuras 68 e 69).

CASA PARANÁ COLONIAL II

A- Nº unidades vendidas: Não especificado, porém, o Grupo Kurten há vinte e nove anos no mercado de casas pré-fabricadas, construiu mais de 35.000 unidades, atuando no mercado internacional, exportando para Taiwan, Chile, Uruguai, Espanha, Madagascar e Angola.

B- Custo m²: R\$ 54.120,00 (total) em Maio/2011.

C- Tempo construção: Não informado. Estima-se aproximadamente em 4 semanas.

D- Materiais empregados: O material relativo ao produto é predominantemente em madeira, fundação, radier e todos os componentes finais de acabamento e ferragens seguem todo o processo convencional.

E- Tipo de mão de obra empregada: Análoga à Diamond House, com concepção predominante em madeira, e demais elementos seguem por conta da empresa encaminhando toda a mão de obra especializada para construção e montagem.



Figura 68 - Fachada.

Fonte: Casas Kurten.

- 2 quartos, banheiro social,
- Cozinha sala de estar/jantar,
- 2 abrigos para 1 carro cada e varanda.
- Corpo da casa: 37,15m²,
- Abrigo/varanda: 30,08m²
- ÁREA TOTAL: 67,23m²



Figura 69 - Planta humanizada.

Fonte: Casas Kurten.

3.8- R4 Tecnologia Aplicada - Painéis pré-fabricados alveolares

Esta empresa possui tecnologia desenvolvida para habitações populares, com a utilização de painéis alveolares sem armadura, com montagens dos painéis na vertical, travados pelas faces extremas, encaixando lateralmente por encaixes previamente moldados longitudinalmente. Mais de 20 ensaios atestaram a qualidade e conforto do produto, tendo por sua vez, grande aceitação na camada popular de habitação com tal característica construtiva. (Figuras 70 e 71).

A- Nº unidades vendidas: Não disponível.

B- Custo m²: Custo de fechamento entre R\$ 80/m² a R\$ 140/m², variando conforme espessura e execução. Neste custo não é indicado para residência pela grande dimensão e altura de pé direito. Mas produzem alveolares com custos e dimensionamentos compatíveis para residências.

C- Tempo construção: Não Informado.

D- Materiais empregados: *Radier* concretado in loco pelo processo convencional utilizando limitadores perimetrais, e após, fechamentos e cobertura com painéis pré-fabricados. Os sistemas elétricos, hidráulicos, ferragens, telhas e acabamentos em geral, são aqueles tradicionalmente disponíveis no mercado.

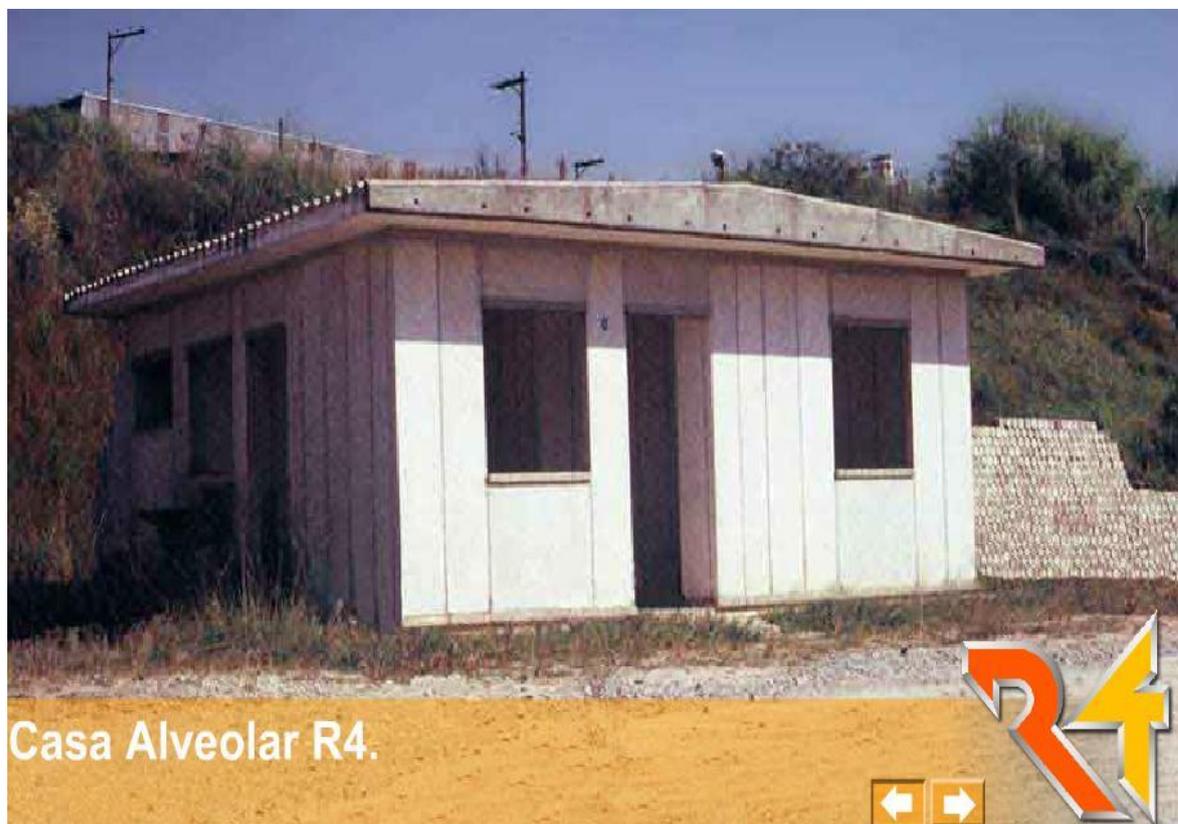
E- Tipo de mão de obra empregada: Pessoal especializado pela própria empresa tanto para produção dos elementos pré-fabricados quanto para a montagem em obra. Serviços complementares e acabamentos são realizados por profissionais específicos a cada caso, dentro do rol normal civil construtivo.



Produção das placas de fechamento sobre o próprio piso.

Figura 70 - Painéis prontos para montagem.

Fonte: R4 Tecno.



Casa Alveolar R4.

Figura 71 - Casa Montada. (Sem acabamento final).

Fonte: R4 Tecno.

4- PROJETO DA HABITAÇÃO

4.1- Definição de projeto (Conceito)

Tem-se como proposta conceitual de projeto, uma residência unifamiliar, partindo de unidades-padrão (módulos), com características e dimensões similares a uma *kitchenette* (palavra inglesa) traduzida para português como *quitinete*, ou seja, um pequeno apartamento. (quitinete, vide glossário tópico 6.3, pág.89). Dimensionada em 66.75m²

Toda a concepção do projeto *Sistema Construtivo Modular* é baseada na utilização de elementos pré-fabricados em concreto, modulares, compatíveis ao *design* e a tipologia construtiva proposta, sendo estes, ideais por sua plasticidade, ou seja, versatilidade compatível a fabricação de elementos personalizados, idênticos e em uma só peça (parede/cobertura, piso/parede e fechamento da torre), sendo, que com outros materiais, não sendo em pré-fabricados, seriam necessários dois ou mais elementos para formar um único elemento (painel) de forma irregular.

Têm-se como pertinência, focar a utilização de elementos pré-fabricados por meio de uma industrialização seriada, aplicando menor número de elementos construtivos, intercambiáveis entre si agregando ao produto um design diferenciado, formatado como um “*kit*”, análogo aos existentes, porém numa outra concepção industrial, facilitando cognitivamente todo o processo fabril, bem como sua montagem de modo intuitivo e com relativa facilidade de interpretação.

Para um total relativamente pequeno de residências, uma companhia construtora poderá instalar uma fábrica no próprio local do empreendimento, estocando os elementos pré-fabricados, codificando-os, facilitando grandemente todo o processo de controle, estocagem e fluxo construtivo.

A moradia é construída com relativa facilidade, onde seus elementos pré-fabricados podem ser moldados no próprio local, montando uma pequena fabrica, pois são necessárias apenas duas formas, ou trazidos da fábrica matriz, com sistematização construtiva inerente à proposta, visando aspectos qualitativos fundamentais para um satisfatório empreendimento.

A utilização de Módulos como uma unidade de medida utilizada para padronizar as dimensões de materiais construtivos, auxilia na regulação das proporções de uma composição arquitetônica, aplicando-as ao *Sistema Construtivo Modular*. A modulação de 1,20m possui uma justificativa antropométrica, sendo 60cm considerada a largura média de passagem para uma pessoa, inclusive, múltiplos desta medida são normalmente adotados.

De fácil entendimento, o processo de montagem é similar aos que utilizam painéis, porém, com menor número de modelos, adotando duas formas distintas (modelo curvo e plano), alterando apenas em comprimentos com a utilização de septos (reguladores internos), viabilizando a moldagem dos painéis nos comprimentos inerentes às aplicabilidades, galgando-o longitudinalmente.

Assim sendo, a elaboração e construção de uma moradia nestes termos, seria relevante, pois supriria de forma satisfatória um nicho imobiliário, com imóveis de propostas semelhantes, nos moldes análogos de industrialização em pré-fabricados.

4.2- Programa

Toma-se como critério primordial para se julgar o sucesso de um projeto de residência é se o mesmo é funcional. Funcionalidade é o nível mais fundamental de projeto. Projetamos para melhorar o funcionamento dos espaços internos e tornar mais convenientes as tarefas e atividades que neles executamos. O funcionamento adequado de um projeto está diretamente relacionado aos propósitos daqueles que o habitam e usam, assim como de suas aplicabilidades e dimensões físicas.

Para melhor entendimento, pode-se dizer que cumprir função é o objetivo de um espaço interno, sendo necessário analisar cuidadosamente o usuário e as exigências impostas pelas atividades que ocorrerão naquele espaço. As idéias gerais a seguir podem ajudar o projetista a programar tais exigências, traduzir as necessidades em formas e padrões e as integrar no contexto espacial.

O projeto/conceito é desenvolvido integrando os ambientes principais e necessários em que estamos adaptados ao cotidiano tais como:

- a)- Sala de estar social
- b)- Quarto
- c)- Banheiro
- d)- Cozinha / Copa
- e)- Área de Serviço
- f)- Varandas

Podendo, dentro de possibilidades projetuais e necessidades do cliente, incorporar e adequar o projeto a ambientes partindo do básico e tradicional.

Seguem abaixo, parâmetros projetuais indispensáveis para uma abordagem satisfatória quanto às necessidades dos usuários, passíveis de adequações no decorrer do processo construtivo e aplicações correlatas:

4.2.1- Necessidades do Usuário

a)- Identificar os usuários (Prioritariamente classes B e C)

- . Indivíduos
- . Grupos de usuários
- . Características dos usuários
- . Grupos etários

b)- Identificar as necessidades

- . Necessidades e habilidades individuais específicas
- . Necessidades e habilidades de grupos

c)- Estabelecer necessidades territoriais

- . Espaço pessoal
- . Privacidade
- . Interação
- . Acesso
- . Segurança

d)- Determinar as preferências

- . Objetos favorecidos
- . Cores favoritas
- . Locais especiais
- . Interesses especiais

e)- Investigar as preocupações ambientais

4.2.2- Necessidades das atividades

a)- Identificar as atividades primárias e secundárias

- . Nome e função da atividade primária
- . Nomes e funções das atividades secundárias ou relacionadas

b)- Analisar a natureza das atividades

- . Ativas ou passivas
- . Ruidosas ou silenciosas
- . Públicas, em pequeno grupo ou privadas.
- . Compatibilidade entre atividades, se o espaço for utilizado para mais atividades.
- . Com que frequência o espaço será usado?
- . Em que horários do dia ou da noite?

c)- Determinar as exigências para:

- . Privacidade e fechamento
- . Acesso
- . Diretrizes de acessibilidade
- . Flexibilidade
- . Luz
- . Qualidade acústica
- . Segurança
- . Manutenção e durabilidade

4.2.3- Necessidades de acessórios

a)- Determinar necessidades de equipamentos e acessórios para cada atividade
(Número, tipo e estilo) de:

- . Assentos
- . Mesas
- . Superfícies de trabalho
- . Acessórios

b)- Identificar outros equipamentos especiais necessários

- . Iluminação
- . Eletricidade
- . Mecânica
- . Tubulações
- . Tecnologia da Informação e comunicações

c)- Estabelecer exigências de qualidade para acessórios

- . Conforto
- . Segurança
- . Variedade
- . Flexibilidade
- . Estilo
- . Durabilidade
- . Manutenção

d)- Desenvolver leiautes possíveis

- . Agrupamentos funcionais
- . Leiautes customizados e flexíveis

4.2.4- Qualidades e Relações Desejadas

a)- Determinar qualidades apropriadas ao contexto espacial e compatíveis com as necessidades ou os desejos do cliente ou dos usuários:

- . Sensação, ambiência ou atmosfera
- . Imagem e estilo
- . Grau de fechamento espacial
- . Conforto e segurança
- . Qualidade da luz
- . Foco e orientação do espaço
- . Cor e tom
- . Texturas
- . Ambiente acústico
- . Ambiente térmico
- . Flexibilidade e duração estimada de uso

b)- Relações desejadas entre:

- . Áreas de atividades relacionadas
- . Áreas de atividades e de espaço para movimento
- . Recintos e espaços adjacentes
- . Recintos e exterior

c)- Zoneamento desejado de atividades:

- . Organização das atividades em grupos ou arranjos de acordo com a compatibilidade e uso.

4.3- Elementos da habitação proposta

Neste estudo de caso, denominado *Sistema Construtivo Modular*, estão relacionados ilustrativamente as etapas fabris para melhor entendimento de todo o processo, discorrendo sobre os elementos pré-fabricados integrantes a este modelo proposto de construção industrializada.

São relacionados neste estudo, elementos edificantes em pré-fabricados, inclusive pilares e vigamentos, citados em nota (final do tópico 4.3.4), que apesar de terem sido suprimidos, são justificados pelas substituições por outros elementos autoportantes, sendo que, tal ocorrência é balizada pela aplicabilidade funcional e de características compatíveis.

Deste modo, relaciona-se a seguir, os principais processos e elementos em pré-fabricados, que compõem este modelo de sistematização fabril proposto, embasado em obras análogas pesquisadas, com auxílio de didática correlata:

4.3.1- Terreno

Para a implantação e início da montagem do Sistema Construtivo Modular, o terreno deve estar previamente preparado, compactado e nivelado, conforme caso a caso, seja trabalhando com terrenos planos, declives, aclives, e mesmo com patamares escalonados (platôs), para facilitar a programação e logística de todo o canteiro, como também, o fluxograma, controle de estoque dos elementos pré-fabricados, movimentação e a montagem da casa propriamente dita.

Como existe uma grande variável topográfica dos terrenos, estabelece-se que deve haver no mínimo dois metros de área livre ao entorno da casa a ser montada, para facilitar o acesso, percurso, estocagem, montagem e segurança.

Toda a construção é realizada com elementos pré-fabricados transportados ou moldados *in loco* com o auxílio de guindastes, gruas e/ou pontes rolantes desmontáveis, facilitando a portabilidade do traslado e movimentação. (Tópico 4.9.4, pág.77).

Como em toda obra, o terreno a ser trabalhado deverá estar suprido com água, energia elétrica e acesso necessário para manobra do caminhão e movimento dos elementos pré-fabricados.

4.3.2- Fundação / Baldrame

Por se tratar de uma moradia com relativa “leveza”, não haverá necessidade de uma fundação profunda e nem mesmo dimensionada pontualmente com sapatas e pilares, já que os mesmos deixariam de existir, pois os painéis tornar-se-ão autoportantes, como o caso dos painéis de fachada, torre, divisórias, piso e cobertura.

Como o piso é moldado em painéis inteiriços e autoportantes (peça única de 1.20 cm de largura), poderão sem problemas ser fixados à base (pinados) por seus extremos durante as montagens, por sobre os baldrames, e estes, com formação perimetral à base da construção e recuados internamente (sob piso), fazendo com que a casa “flutue” sobre o terreno, ficando em balanço, desde que calculado seu baricentro para equivalentes distribuições de cargas. (Figuras 72, 73, 83 e 84). Tal configuração arquitetônica, com o piso ultrapassando o alinhamento da base (baldrame), dificulta o acesso e infestação de animais peçonhentos e roedores ao interior da residência.

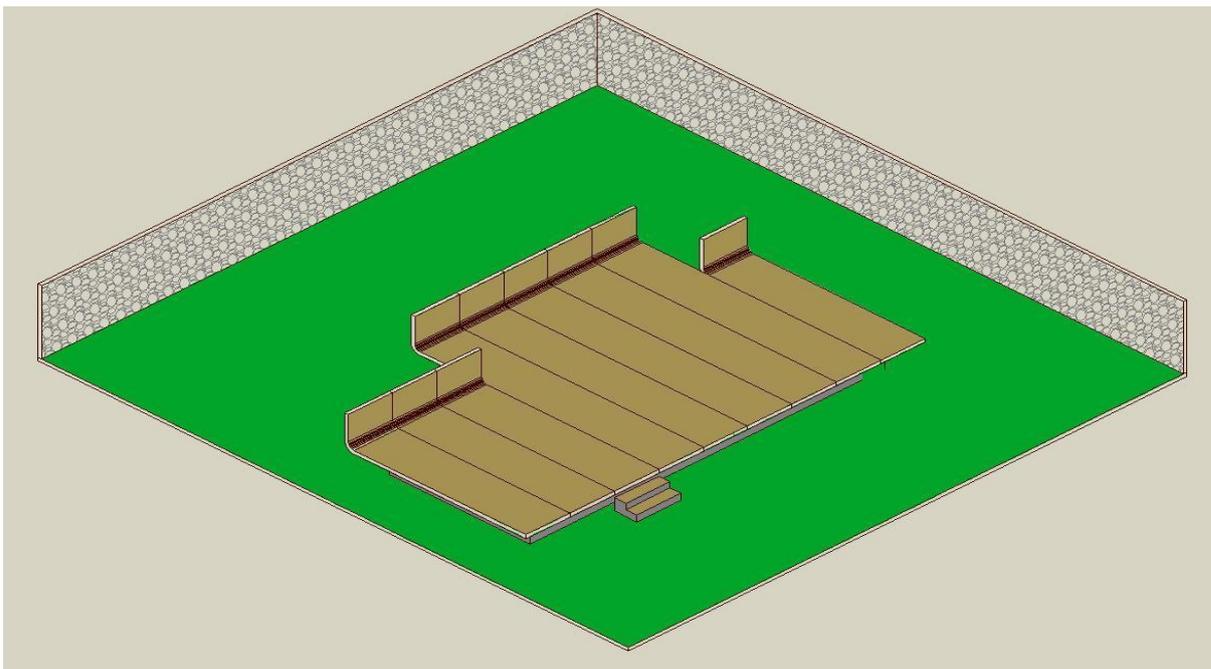


Figura 72 - Desenho que explica como os painéis de base são montados e preparados acima dos baldrames, e nivelados para receber os demais elementos de cobertura, divisórias e fachadas. Fonte: Wagner Mayor

Com o piso inteiriço, contínuo e autoportante, com esforços dissipados em toda a área, não seria necessário trabalhar o sistema de radier convencional, bastando apenas executar um apoio perimetral da casa com baldrames, recuando-os para o centro e ao mesmo tempo ajustando possíveis desníveis do terreno, fazendo com que a residência “flutue” acima do solo, sugerindo uma “leveza” estrutural, auxiliando a romper o paradigma formal concebido às casas populares. (Figura 72 e 86).

Trabalhando o baldrame sob o painel de piso, resultaria em um espaço interno sob a casa que poderá ser aproveitado como reservatório das águas furtadas originadas da cobertura, preparado e tratado adequadamente com impermeabilizantes compatíveis a função. (Figura 73). A coleta da água seria feita com auxílio de uma cavidade longitudinal, previamente moldada na superfície da cobertura, com correntes bilaterais pendentes para condução e armazenamento.

A montagem de uma bomba de sucção direcionaria a água para irrigação, e parte desta, devidamente filtrada e tratada com equipamentos específicos, seria desviada para a caixa d'água com o fim de consumo interno. O acesso ao reservatório poderá ser através de um alçapão no piso (área de serviço), ou acesso pelo lado externo.

A viga baldrame pode ser considerada a própria fundação principalmente no caso de terrenos firmes e cargas pequenas, pode ser considerada uma viga embutida, calculada sobre base elástica e construída em cava com pouca profundidade, destinada a suportar a carga de todas as paredes de uma construção, transferindo-a ao solo. As vigas baldrames podem ser definidas em projeto de implantação, previamente demarcadas, pré-fabricados e transportadas ou moldadas no próprio local, com fôrmas específicas. Tópico 7.1.2.12 /13, pág. 95 e Normas inclusas.

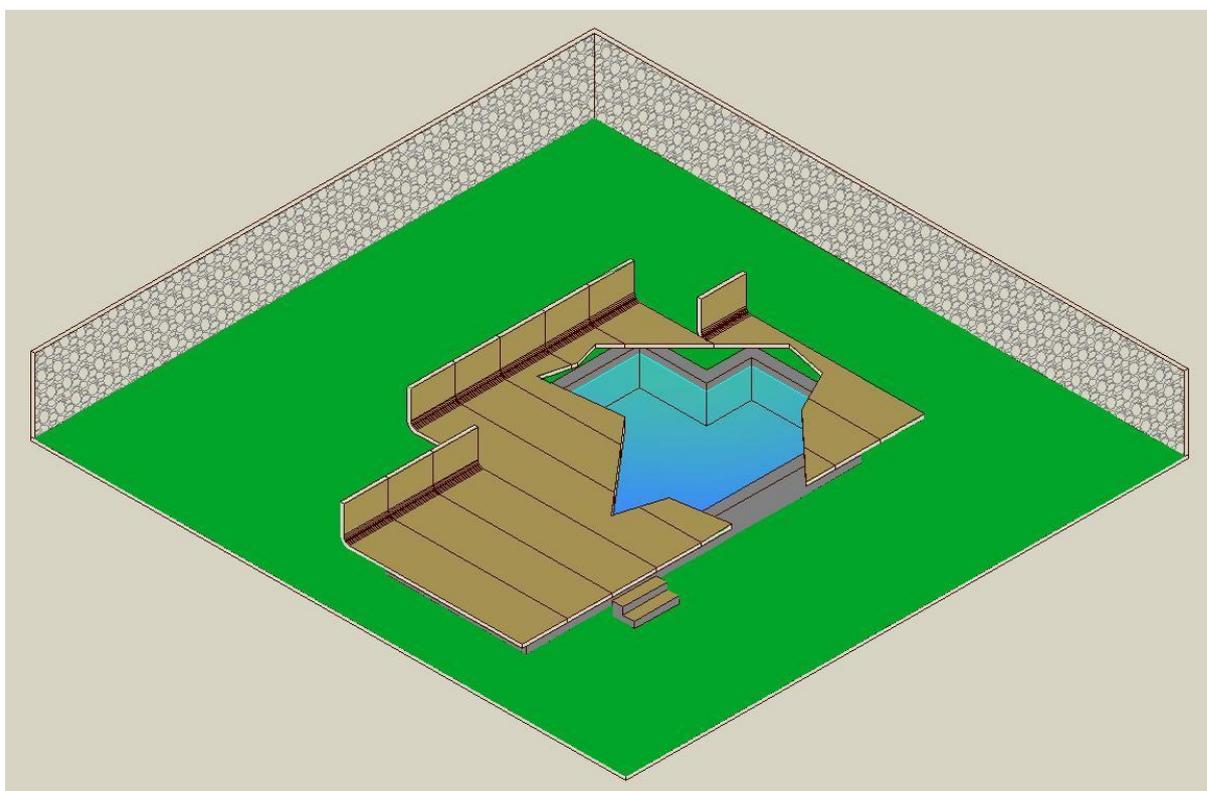


Figura 73 - Desenho que explana como a base é montada acima dos baldrames, que por sua vez, é estruturado e impermeabilizado para se transformar em um reservatório para coleta de água pluvial, interceptado bilateralmente por condução das águas por correntes. Fonte: Wagner Mayor

4.3.3- Painéis Curvos: Piso, Cobertura, Fachadas Laterais e Torre

No estudo de caso, tanto o piso, a cobertura, torre central e fechamentos bilaterais da moradia, são realizadas com painéis de formato em “L”, com vazados alveolares perpendiculares ao comprimento. Estes painéis também possuem uma mesma configuração dimensional e modular visando à multiplicidade, intercambiáveis entre si, tornando-se uma peça única e autoportante, eliminando pilares e vigas, sendo apenas dimensionada no sentido longitudinal (comprimento), ajustando a dimensão através de septos deslizantes internamente às fôrmas. (Tópico 4.6, figura 80). Tem-se como convenção, também neste estudo, a modulação dos painéis na largura de 120 cm. O comprimento pode ter variações em função das aplicabilidades e da sobrecarga total de utilização e do vão a ser alcançado.

Como os painéis são compatíveis entre si, pode-se montar toda a estrutura (cobertura, piso e fachadas laterais) apenas rotacionando-os para a montagem, embocando cobertura e piso, formando um “U”, (Idem no caso da torre) interligados através de um painel plano central (o mesmo da fachada frontais e torre), este, também compatibilizando com todos os outros painéis, (Figuras 74 e 75), solucionando de uma só vez a vedação, captação e condução da água pluvial em uma edificação.

A montagem do piso pelo sistema de painéis alveolares, apesar do comprimento (6.80m), é de fácil sistematização, após todo o processo de montagem dos painéis, forma-se um piso contínuo, otimizando a montagem estrutural do restante dos painéis.

Como mostrado na figura 74, foram calculados os pesos dos painéis planos como maciços, (espessura 10 cm), desconsiderando a princípio os vazados (caixilhos esquadrias), para se ter a noção das diferenças proporcionais de peso entre si, pois para estes, ainda não foram calculados estruturalmente para se poder dimensionar o diâmetro dos vazados alveolares, especificar as bitolas e paredes dos tubos de travamento, e a profundidade de trespassse dos tubos entre os elementos portantes. (Figura 75).

A paginação dos painéis é importante quesito para se definir a modulação da obra, devendo esta, ser programada de forma racional, maximizando a repetição. (Modulação). A modulação possui malha construtiva de 60 cm e painéis modulares de 120 cm variando os modelos conforme a planta de distribuição e montagem.

Tem-se como objetivo, uma maior integração da cobertura com o sistema de coleta de águas pluviais, fazendo com que haja o mínimo possível de pontos críticos que geram patologias derivadas da umidade, em detrimento da interface entre as ligações, portanto, a supressão de pilares e vigas, eliminaria tais inconvenientes.(Nota no final do tópico 4.3.4).

4.3.4- Painéis Planos: Divisórias, Fundos, Fachada Frontal e Torre

Os painéis de fechamento são componentes utilizados como paredes, apoiados em vigas-baldrames e fixados nas bases dos painéis de cobertura e os de piso (painéis curvos), compondo a estrutura. Como os painéis pré-fabricados curvos, (Tópico 4.3.3), a modulação dos painéis planos possui malha construtiva de 60 cm e modulação de 120 cm, variando os modelos conforme a planta de distribuição e montagem. (Figura 74).

Dos painéis planos relacionados na figura 74, alguns foram utilizados como exemplo em plantas (Figuras 81 e 82) e fachadas (Figuras 83 e 84), podendo estes ser escolhidos a gosto do cliente, desde que o ambiente seja funcionalmente compatível à escolha. Utilizam-se como divisórias internas, os mesmos painéis modulares de fachada, tanto de caracterização alveolar e com dimensões múltiplas idênticas, permitindo a mesma tipologia e racionalizando a fabricação seriada dos painéis.

Tem-se como finalidade, montar os painéis das fachadas de modo a garantir completa vedação e estanqueidade da edificação. Os painéis alveolares são modulares e por isso não apresentam grandes variações em sua geometria. A participação destes no travamento da edificação é considerada, visto que neste presente estudo de aplicação residencial proposta, estes se tornarão autoportantes e travados pelo sistema disposto no tópico 4.3.5, Figura 75.

A utilização dos painéis pré-fabricados de concreto facilita grandemente a racionalização de uma obra, pois quando se pensa nesta concepção desde o início do projeto, pode-se programar o canteiro e gerar grandes economias, traçando um fluxograma, melhorando a logística de trabalho e distribuição das tarefas dos oficiais com maior clareza.

No tópico 4.6, figura 79, é demonstrado através de croquis, a fôrma metálica que padroniza a fabricação dos painéis planos (fachadas e divisórias e separadores dos curvos), o mesmo acontecendo com painéis curvos (figura 80), identificando de forma simplificada, os movimentos de abertura da fôrma (desenforme), demais detalhes integrantes, bem como, a inserção de septo para ajustes longitudinais (comprimento). Para maiores detalhes na concepção de um projeto de formas, envolveria inúmeros desenhos, cálculos e detalhamentos correlatos, o que não seria o caso desta proposta, de intento conceitual.

Pode-se utilizar durante a fabricação das fôrmas, chapas texturizadas (xadrez) montadas para o lado interno, que, quando na etapa do acabamento, ganharia tempo hábil na customização da superfície das paredes.

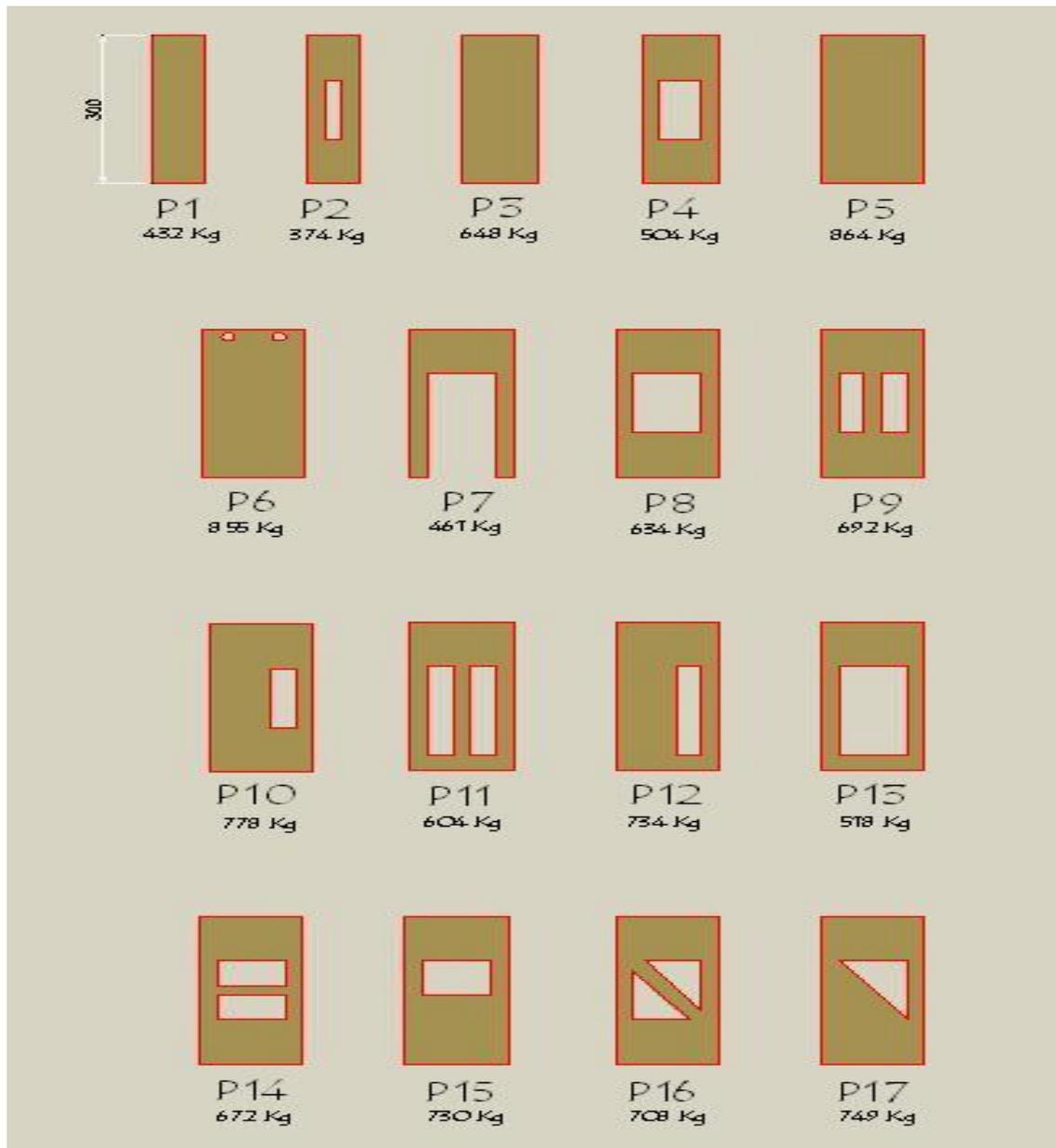


Figura 74 - Desenho que demonstra como um mesmo painel, mantendo suas dimensões de perímetro, pode ter uma variabilidade em sua concepção, utilizando septos, regulando-os internamente às formas, definindo o tipo de esquadria a ser utilizada. São diversos modelos de painéis (Fachadas e divisórias), sendo que no desenho da proposta apenas alguns destes são utilizados. Fonte: Wagner Mayor

Nota: Pilares e Vigas

Cita-se Pilares e Vigas por se tratarem de elementos coadjuvantes fundamentais que integram praticamente todos os sistemas pré-fabricados, porém, serão suprimidos no estudo de caso, pois, as paredes serão calculadas e dimensionadas de forma a compensar o esforço em tal função, executada de modo a compatibilizar seu emprego como elemento autoportante. Pode-se dizer o mesmo no que diz respeito à aplicabilidade das vigas ao sistema em estudo, sendo este suprimido pela mesma razão citada ao pilar, visto que, pelo porte e estrutura da residência, (66.75 m²), ficaria superdimensionada sem necessidade.

Tem-se os pilares como os elementos pré-fabricados mais complexos e com maior dificuldade de execução, tanto nas definições de projeto e fabricação das fôrmas, quanto sua concepção na fábrica. Os detalhamentos das peças, de modo geral, são incorporados ao projeto individual dos pilares e, anexadas à parte, por isso mesmo, são as peças menos padronizadas do sistema do pré-fabricado, principalmente com aplicações de consoles, por vezes, partes integrantes dos pilares.

Estes são ligados pela massa de concreto aos pilares, além de representarem a maior porcentagem de problemas de projeto, principalmente pelo número de detalhamentos das ferragens e também dos vazados para consoles, perdendo pontos para uma perfeita eficiência fabril.

Com a introdução de nichos ou segmentos para inserção dos consoles, o número hora/homem necessário na execução dos pilares, em todo o processo fabril, é maior que nos demais elementos, tornando assim, um motivo a mais para suprimi-los de toda a sistematização fabril no estudo de caso.

A desejável integração com o sistema de águas pluviais, torna os pilares como ponto crítico na interface de apoio das vigas calhas, região onde ocorre a maioria das patologias encontradas numa obra de pré-fabricados, assim sendo, eliminando-os no estudo de caso, as águas furtadas percorreriam pela própria cobertura, com rebaixos moldados no próprio painel, longitudinalmente, recebendo toda o contingente, desviando-o para armazenamento em um reservatório sob a casa.

Normalmente, os pilares são engastados aos blocos de fundação através de concretagem in loco. E as vigas podem ser apoiadas diretamente sobre seu topo ou em consoles retangulares ou trapezoidais localizados em qualquer face na altura determinada pelo projeto. Suprimindo tais elementos, pode-se fazer com que os painéis de fachada, piso e cobertura do estudo de caso de encaixem por meio de pinos similares às cavilhas de madeira utilizadas em mobiliário, porém, tubulares.

O processo de fabricação dos pilares é tido como o mais artesanal em detrimento aos outros elementos pré-fabricados, pelas variações das montagens e diferenças em sua geometria, com consoles criando formatos muito recortados, a não ser que sejam executados septos, abrindo ou fechando nichos de acordo com a necessidade de eixo projetual, tornando mais uma razão para pertinente supressão.

4.3.5- Travamentos

Todo o travamento das formas é realizado por meio de tubos (Tipo Schedule), dimensionados de acordo com as profundidades de encaixe relativas a cada painel, montando um kit pré-cortado e galvanizado, inseridos longitudinalmente, sendo encaixados nos alvéolos extremos dos painéis, facilitando a produção e a montagem seriada das moradias. (Figura 75).

Todos os painéis, após montagem e travamento são rejuntadas com argamassa polimérica ou outros de características químicas similares.

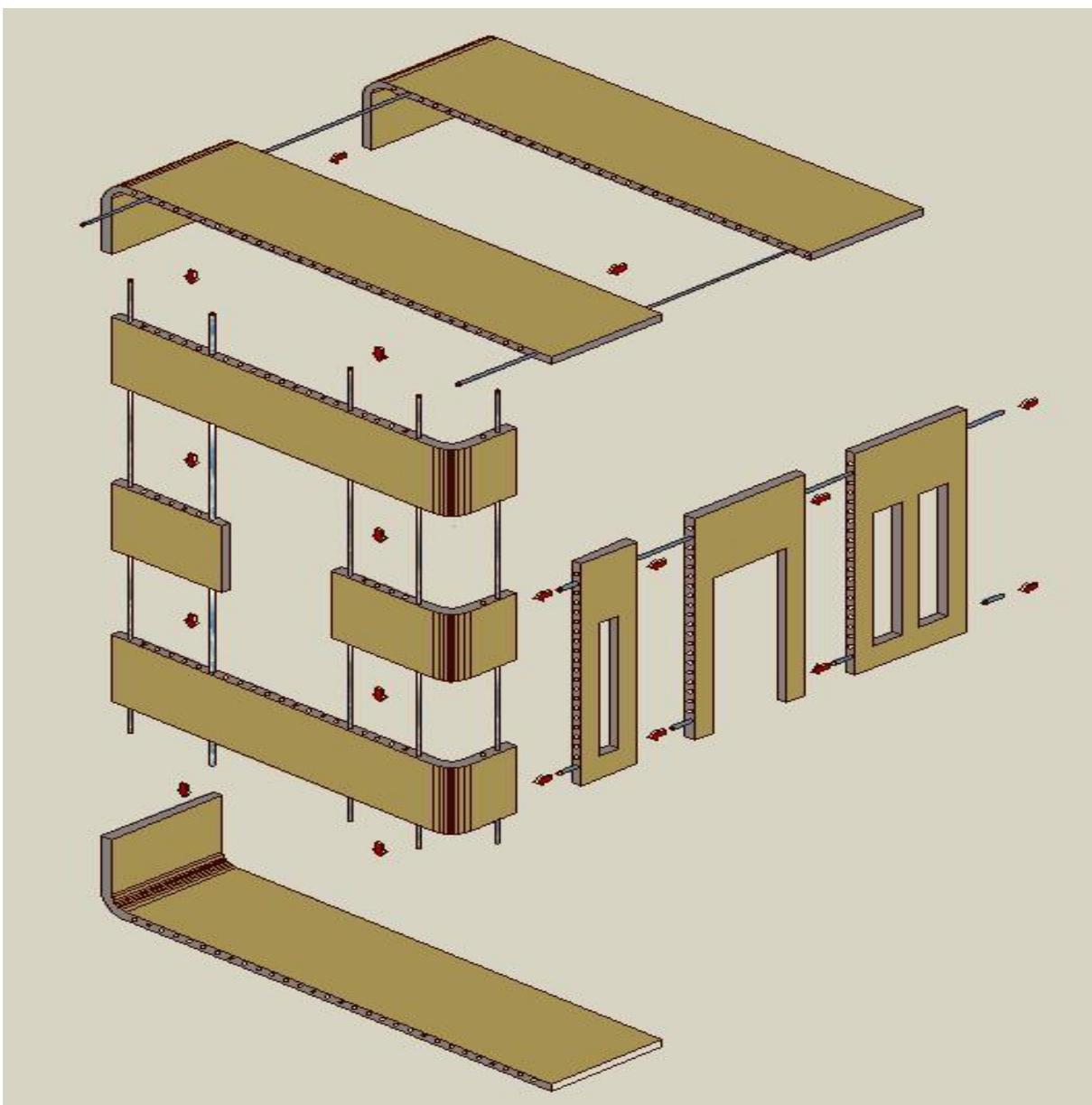


Figura 75 - Desenho simplificado da montagem dos painéis de cobertura, de piso, torre, lados extremos das fachadas e divisórias (Interno), com padrões curvos e planos como padrão. Fonte: Wagner Mayor

4.3.6- Esquadrias

As esquadrias podem ser encaixadas aos painéis, com marcos dimensionados para tal, sendo após, arrematadas e travadas por meio dos alisares. Os caixilhos das esquadrias podem ser encaixadas e montadas logo em seguida à inserção dos painéis, tomando o cuidado de isolá-las para proteção quando da fase de acabamento. Os marcos e caixilhos podem ser fabricados em função da espessura e revestimento da parede, sendo 10cm ou 12cm (áreas molhadas), como também, utilizar o catálogo base para vãos de esquadrias desenvolvido pelo Comitê de Tecnologia e Qualidade Sinduscon-SP, tópico 4.9.1, figura 89.

O tipo e o material de esquadria seria a escolha do cliente, porém dentro dos modelos disponíveis no *show-room* do mesmo fabricante da moradia tema deste. As portas internas podem ser do tipo prancheta, em madeira folheada, com marcos em madeira maciça, fechaduras e dobradiças convencionais.

Cada tipo de esquadria é montada em função do mínimo de vão de luz exigida a cada ambiente, podendo ser em madeira, metal ou PVC, aplicáveis de acordo com o modelo do painel utilizado, e por sua vez, sua multiplicidade em função à modulação de 0.60m e 1.20m, sendo estes, submúltiplos de 6.00 m. (Figura 74).

Caso se opte pela inserção de um domo, será trabalhado um septo compatível à largura de modulação no painel curvo de cobertura

4.3.7- Forro

A moradia foi dimensionada com um pé-direito alto (3.00 m) visando obter, após o rebaixamento com forro, uma área livre de ventilação cruzada de aproximadamente 30 cm, auxiliando no controle do clima e melhorando a sensação térmica. (Figura 76).

Sugestiona-se ao cliente, a utilização do forro em PVC, pois é um produto que é disponibilizado em diversos tons e texturas, de rápida aplicação, facilidade de manutenção (o que é raro) e limpeza.

Em alguns painéis, existem orifícios próximos a cobertura, que são coadjuvantes no processo da melhoria da climatização no interior dos ambientes. (Figura 74, painel 6), podendo tais orifícios ser montados com septos específicos juntamente com qualquer painel à escolha, inclusive o painel padrão curvo. Tais orifícios (respiros) devem ser montados com telas para se evitar a entrada de animais.

O painel alveolar apresenta uma massa de concreto eficiente, que confere segurança à edificação ao mesmo tempo em que oferece um bom isolamento termo-acústico, por apresentar em seu interior células de ar. Desse ponto de vista, inclusive, ele se torna até mais eficiente do que a alvenaria de bloco de concreto, pelo deslocamento ou mesmo o acondicionamento do ar (bolhas), auxiliando também na climatização interna da moradia.

Caso, ainda, haja necessidade de maior circulação de ar, pode-se criar um septo específico para encaixe de um aparelho de ar condicionado. (Norma referente, NBR 6675-93, tópico 7.1.2.3, pág.93).

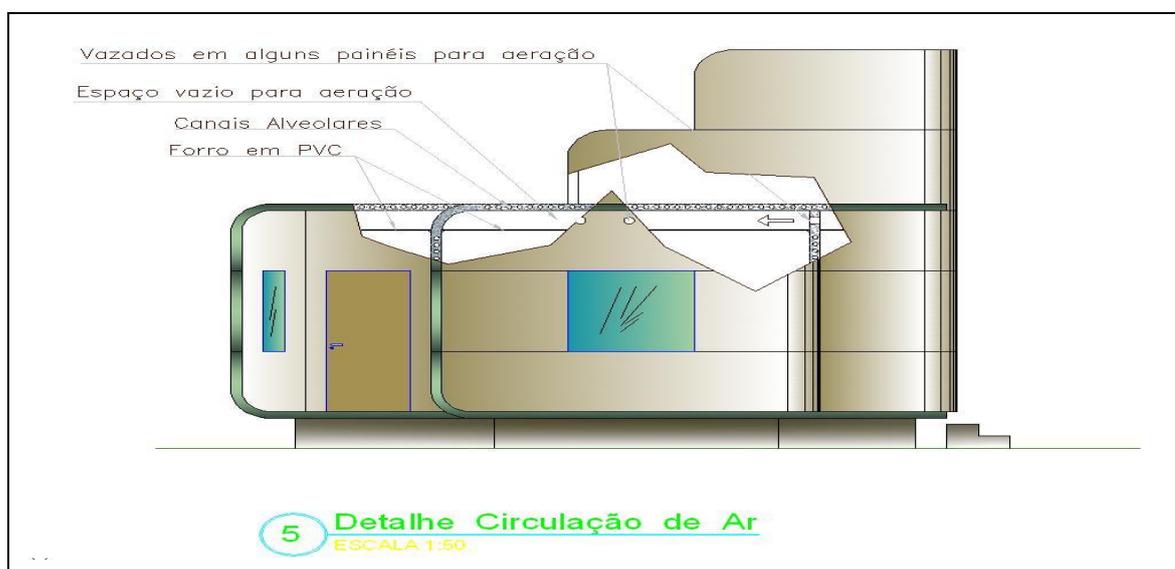


Figura 76 - Detalhe explicativo do sistema de circulação de ar que funciona entre a cobertura em pré-fabricado e o forro, através de orifícios moldados durante a concretagem (Painel P6, figura 74) ou mesmo em conjunto com outro modelo de painel à escolha. Fonte: Wagner Mayor

4.3.8- Instalações Hidro-sanitárias

Instalações de leitura externa seguem padrão de fornecimento e a ligação do cavalete do hidrômetro padrão a cargo do cliente. (Tópicos 7.1.2.17/18/19/22, págs.95 e 96).

As tubulações de distribuição de água deverá ser de PVC soldável de \varnothing 20 e 25mm e/ou rosca de $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ " e 1", embutida e distribuída através de sulcos longitudinais aos painéis.

A tubulação de esgoto será em PVC soldável de \varnothing 40, 50, 75 e 100mm, dentro do planejamento do projeto hidráulico. Será embutida, sob o painel de piso do banheiro e cozinha com saída para caixa de passagem e gordura.

Os pontos de água internos das áreas molhadas da habitação serão montados em conjunto com a montagem dos elementos pré-fabricados.

4.3.9- Instalação Elétrica

Instalações de leitura externa seguem padrão de fornecimento e a ligação ao padrão fica a cargo do cliente. (NBR aos tópicos 7.1.2.9, pág.94).

Entre as faces laterais dos painéis pré-fabricados existem sulcos longitudinais que poderão servir como eletrodutos, onde embutidas as mangueiras corrugadas farão a distribuição aos ambientes. O quadro de distribuição, bem como, o número de disjuntores, será dimensionado com carga compatível ao consumo de cada ambiente, em função do mobiliário e aparelhagens afins.

O cabeamento da alimentação da moradia será aérea, fixadas na torre, ponta externa da cobertura ou poste em local estratégico e seguro.

4.3.10- Demais Elementos

Os outros elementos da obra, que não dependem e não interferem nas montagens dos pré-fabricados são executados posteriormente por empresas civis especializadas, como o sistema elétrico, hidráulico, montagem das esquadrias (portas e janelas), ferragens, pintura, limpeza final de obra, etc, identificadas em projeto, sendo partes integrantes de todo o custo da final obra.

O revestimento de piso da sala, circulação e quarto é feito com pisos laminados (tipo *durafloor*), que atende as necessidades dos ambientes com padrões que garantem beleza, durabilidade e facilidade de limpeza.

Impermeabilizantes e materiais afins de impermeabilização seguem a normatização formal de aplicabilidade e controle. (exemplos de procedimentos de impermeabilizações conforme o guia *Weber* distribuído em materiais de construções). NBR correspondente à impermeabilização no tópico 7.1.2.23, pág.96.

A pintura e outros revestimentos afins ficam a livre escolha do comprador, podendo escolher entre cores e texturas e aos ambientes correspondentes.

4.4- Dados para otimização do dimensionamento

O desenvolvimento da pré-fabricação permite que sejam feitas peças de diferentes formato e tamanhos, em apenas uma única fôrma, aumentando as possibilidades de projeto utilizando essa tecnologia.

É fundamental que a idéia de modulação e racionalização esteja presente desde a concepção do projeto, para se evitar perdas de tempo e dinheiro. O arquiteto tem o papel de coordenar a integração das soluções de pré-fabricação com as de conforto, instalações, etc, trabalhando em sintonia com o cliente e por vezes com uma equipe multidisciplinar.

A forma sistêmica de projetar para esse método construtivo consiste em organizar as possibilidades e fazer as inter-relações dos sistemas e subsistemas envolvidos no processo.

4.4.1- Modelagem

Diz-se que modelagem é definida como o modelo matemático capaz de representar o comportamento estrutural da edificação pré-fabricada.

Tem-se como a principal e primeira etapa de um projeto, definir o melhor e mais adequado modelo matemático que visa transformar o projeto de edificação a ser construída em uma aproximação da realidade, partindo da concepção arquitetônica e do cálculo estrutural, sendo capaz de representar o comportamento estrutural dos elementos pré-fabricados e do sistema estrutural como um todo, podendo este ser o melhor modelo.

Tem-se como objetivo, orientar e definir alguns parâmetros para a aplicação em modelos simples e indicar como o conceito estrutural pode ser idealizado, de modo a transformar um projeto arquitetônico em uma estrutura pré-fabricada, com suas características, qualidades, vantagens e limitações, como o Sistema Construtivo Modular, tema do estudo deste.

O modelo matemático mais simples pode dar informações mais satisfatórias do que uma modelagem mais complexa, ainda que apresente desvios em relação à realidade.

Quanto mais preciso for o modelo, mais complexa será sua realização e maiores cuidados deverão ser tomados com as chamadas condições de contorno, parâmetros definidores do modelo, que podem induzir a erros muito grosseiros.

4.4.2- Ligações

As ligações entre as peças em estruturas pré-fabricadas precisam levar em conta os mínimos detalhes a serem executados durante sua montagem. É a existência delas que diferencia o pré-fabricado das estruturas moldadas in loco, pois o restante do conceito e o funcionamento estrutural das peças são praticamente os mesmos para os dois sistemas.

A ligação mais comum em outros tipos de edificações, padrão na maioria dos projetos, é a ligação rotulada, pois gera a melhor relação custo/benefício, sendo algo como uma tolerância das possíveis margens de erro nas montagens.

Com a nova conceituação da revisão da NBR 9062, existe somente um tipo de ligação, denominada ligação semi-rígida. Esta ligação pode variar de rotulada a engastada, dependendo de seu fator de restrição à rotação.

As ligações são diretamente proporcionais, no que se refere à complexidade, ao custo e à eficiência estrutural. Quanto mais eficiente é a ligação, melhor partido estrutural é atingido. Entretanto, seu custo e possíveis cuidados na execução também serão maiores. Por conseguinte, é muito importante a definição correta do tipo de ligação a ser usada, para a determinação do custo do empreendimento.

Com a supressão dos pilares e vigas no estudo da sistematização modular, estes não mais determinam o funcionamento estrutural previsto na modelagem. Caso a ligação não seja executada conforme o projeto, a estrutura não terá o funcionamento e a capacidade estrutural esperados.

O projeto, sem pilares e vigas, resulta em uma construção com um número muito menor de elementos pré-fabricados, fazendo um comparativo às obras análogas. Suprimindo tais elementos, pode-se fazer com que os painéis de fachada, piso e cobertura de encaixem por meio de pinos, de montagens similares às cavilhas para madeiras (montagem de mobiliários), ou até mesmo tubos que, aproveitando os vazados alveolares, interceptam e interligam todos os elementos, auxiliando no travamento, auxiliando no enrijecimento de todos os elementos do sistema da habitação modular. (Tópico 4.3.5, Pág. 54).

As ligações interferem e condicionam o modelo da estrutura. Em termos arquitetônicos, existem diferenças mínimas na questão estética, e o resultado final do ponto de vista visual é bem parecido, porém, com o advento das ligações acima descritas, cria-se maior liberdade conceitual de projeto, fazendo com que haja um rompimento do estereótipo formal concebido às habitações populares.

4.4.3- Tolerâncias

O pré-fabricado é um sistema construtivo em que a precisão de execução deve ser maior do que a do sistema construtivo moldado in loco, embora as exigências sejam inferiores às montagens de uma indústria mecânica, por exemplo. Existe, portanto, uma faixa de precisão intermediária na qual o sistema de estruturas pré-fabricadas se adapta. A tolerância define os parâmetros e quantifica valores para a aceitação do produto.

A conceituação de tolerância implica valor máximo dos desvios de medidas que podem ocorrer, ou seja, é a máxima variação permitida a uma determinada peça em relação à medida especificada em projeto, variando conforme o elemento pré-fabricado.

Com os valores de tolerâncias fixados, somam-se as folgas necessárias para a montagem das peças pré-fabricadas, que nada mais são do que as medidas físicas mínimas para permitir a sua instalação com encaixes perfeitos. A soma de todas as variações é definida como ajuste, além de ser o valor utilizado para a definição, em projeto, da medida nominal da peça.

As tolerâncias estão diretamente ligadas à qualidade arquitetônica do empreendimento. Caso o sistema apresente grandes desvios nas diversas etapas que o compõem as tolerâncias serão altas, o que gera desconforto visual e, portanto, perda na qualidade arquitetônica final. Apresentam-se em vários tipos e podem ser definidas como:

- a)- Tolerâncias de execução.
- b)- Tolerâncias de montagem.
- c)- Tolerâncias de locação.
- d)- Tolerâncias de deformação.

Em todo o processo fabril dos pré-fabricados, cada tolerância pode ser determinada de maneira a se conhecer o ajuste necessário no sistema. Salienta-se que o ajuste não é simplesmente a soma das tolerâncias, mas geralmente, utiliza-se a distribuição normal que atende às necessidades do sistema pré-fabricado. As tolerâncias podem ser diferentes para cada um dos tipos de peças produzidas, ou seja, pode-se adotar para cada setor da fábrica a tolerância mais adequada.

As tolerâncias de execução estão diretamente ligadas ao processo executivo e às características das formas de moldagem das peças. Por exemplo, uma mesma viga produzida em forma metálica com o escoramento devidamente projetado e controlado pode apresentar menores tolerâncias a variações de medidas do que a mesma viga fabricada em forma de madeira, escorada de modo não sistemático e sem controle tecnológico.

A tolerância mais difícil de ser determinada é a do alongamento e a do encurtamento máximo das peças lineares (vigas e pilares), em relação às variações volumétricas ocorridas no estoque, gerando mais uma razão para suprimi-las do contexto projetual, tema deste. Por exemplo, peças que são fabricadas no inverno e montadas no verão, ou peças que são estocadas por muito tempo e apresentam parcela significativa da deformação lenta do concreto, podem ter o desvio acentuado. Por serem condições esporádicas já que o pré-fabricado tem como argumento de venda exatamente a rapidez de execução e montagem (baixos volumes de estoque) - não podem ser tomadas como determinantes no tratamento estatístico e devem, portanto, ser apenas avaliadas individualmente, quando ocorrerem esses casos especiais.

4.5- Croquis da habitação (Estudo)

Entre muitos outros estudos por meio de escritas e croquis, estes foram selecionados, pois sintetizam os processos, possibilidades e intercambialidades entre os elementos pré-fabricados, abrangendo e exemplificando todos os tópicos citados, inclusive a locação e distribuição dos painéis. (Figuras 77 e 78).

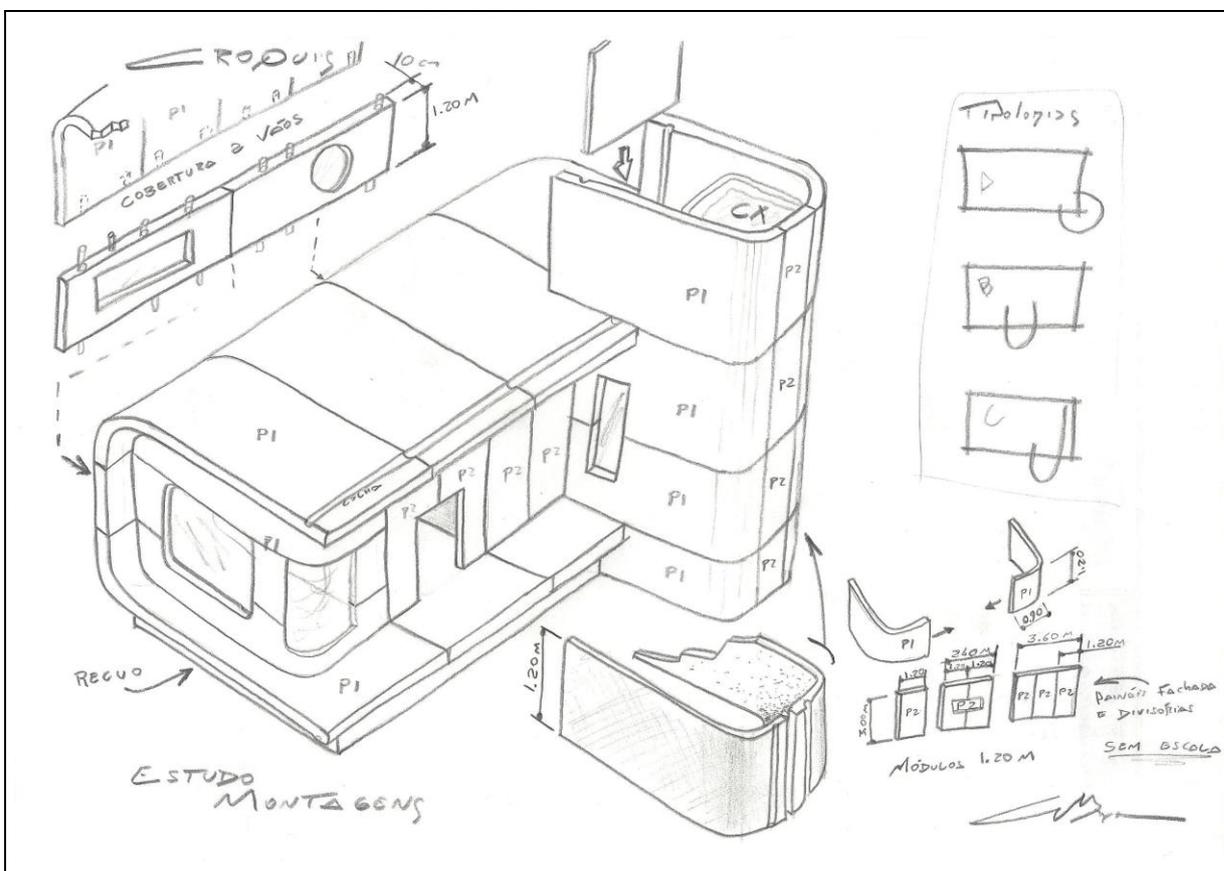


Figura 77 - Croqui de montagem esquemática da habitação proposta, onde se identifica os elementos pré-fabricados, montagens e intercambialidade. Fonte: Wagner Mayor

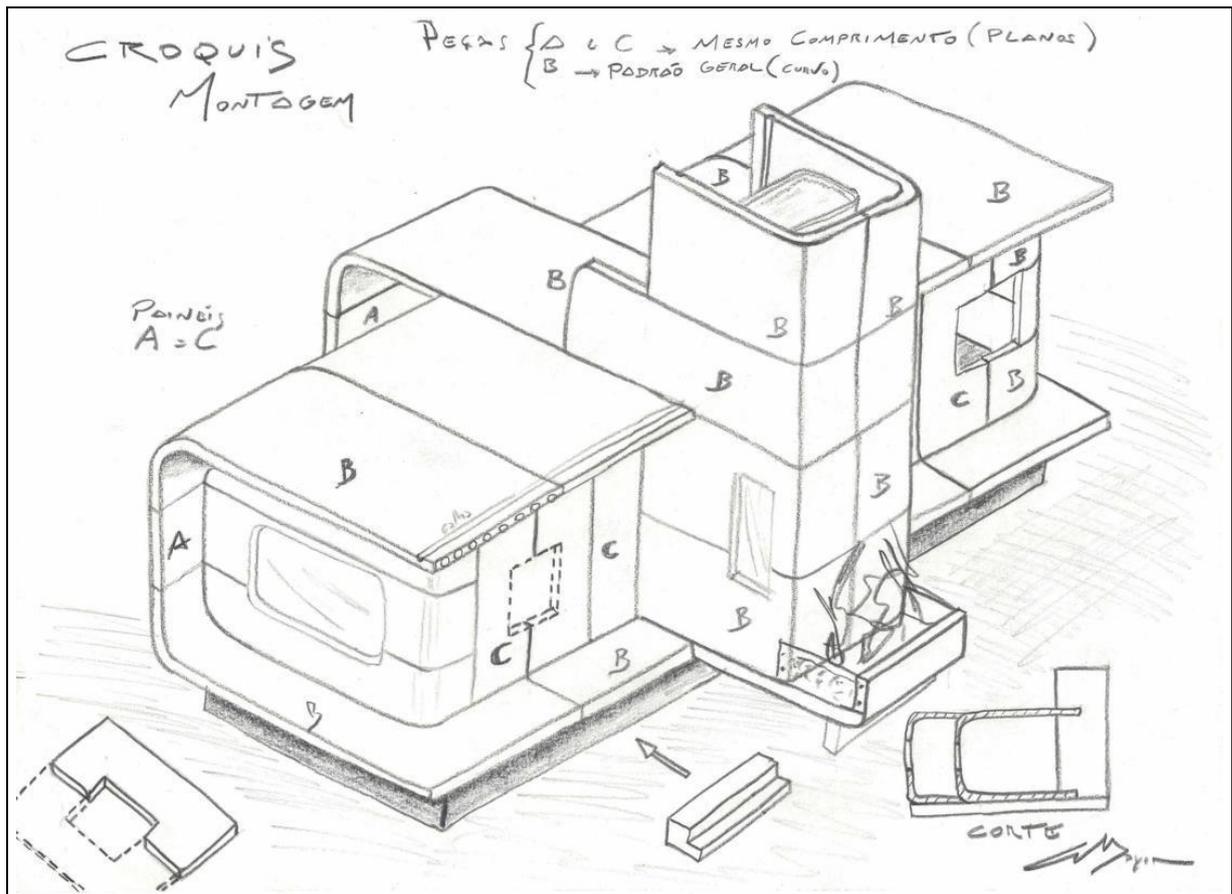


Figura 78 - Croqui de montagem esquemática da habitação identificando a intercambialidade entre os painéis. (Letras).
Fonte: Wagner Mayor

4.6- Croquis das Fôrmas (fabricação)

A melhor escolha de fôrmas para a industrialização dos pré-fabricados para o *Sistema Construtivo Modular* seria as fabricadas com material metálico, gerando após os painéis moldados, uma excelente qualidade de acabamento de superfície, aspecto final e arremates precisos das quinas e bordas.

Portanto, opta-se pela utilização da forma metálica, comprovadamente ideal para construções seriadas, com grande número de reutilizações (centenas), alta produtividade e características fabris que as tornam duráveis, seguras e versáteis, assegurando uma maior certeza na mensuração do tempo gasto em sua montagem, execução da concretagem, desenforma e sistematização da montagem.

Para almejar tais características fabris, o projeto das formas metálicas deve ser claro e eficiente e com especificações detalhadas, totalmente normatizadas, garantindo assim um excelente desempenho cognitivo final de produção e qualidade satisfatório.

Como dito, as fôrmas para moldar elementos em concreto devem ser sempre previstas ainda no projeto executivo, tendo para isto um projeto específico complementar para caldeiraria. Caso contrário, a agilidade de execução pode ser seriamente comprometida em função da necessidade de arremates desnecessários, com inevitáveis retrabalhos, gerando desperdícios de tempo e dinheiro.

As formas metálicas atendem aos projetos mais sofisticados com garantia de total viabilidade, incontestável versatilidade quanto às aplicações nas mais diversas concepções, sejam irregulares e excelente acabamento final.

As formas metálicas do Sistema Construtivo Modular, tema deste, são fabricadas em chapas e demais perfis para estruturar a fôrma, como cantoneiras, barras chatas, perfis “I”, perfis “U”, perfis enrijecidos, tubos, barras redondas, entre outros, dimensionadas milimetricamente para assegurar ajustes precisos para uma garantida vedação, acoplamentos entre as partes do conjunto, compatibilidade à função e também a pressão exercida pelo concreto. (Figuras 79 e 80).

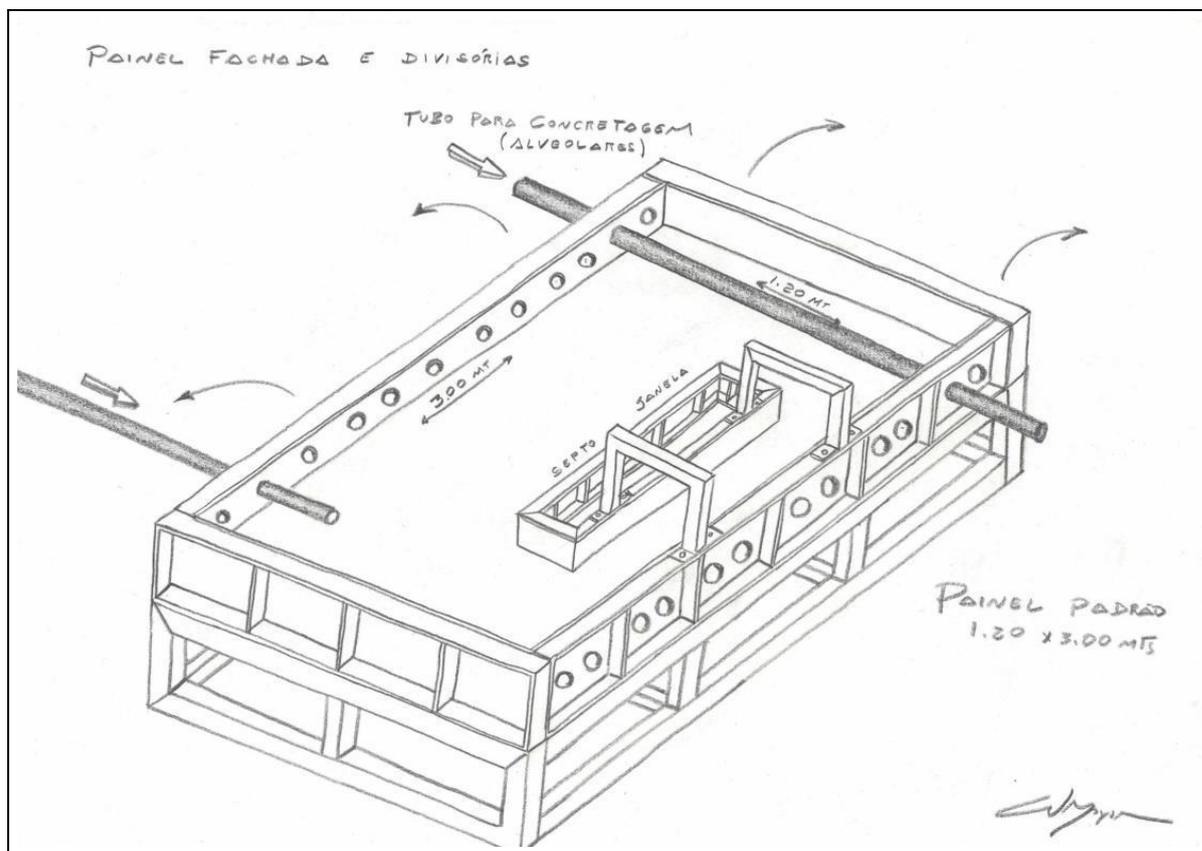


Figura 79 - Croqui simplificado da fôrma dos painéis de fachadas, (1,20 x 3,00 m) tendo como exemplo a inserção de um septo com vazados para uma janela modelo “Seteira” e também, a inserção de tubos montados antes da concretagem para moldagem dos painéis alveolares. (Lado frontal e fundos entre os painéis curvos) e divisórias (Interno). Fonte: Wagner Mayor

A figura 79, o croqui ilustra o modelo de forma projetada para os painéis planos, com dimensão padrão de 1.20 x 3.00 m), que acompanha a inserção exemplificada de um septo para o modelo de painel de número P12, no tópico 4.3.4, figura 74, para inserção de uma janela modelo “seteira”, sendo que para outros modelos de painéis (caixilhos) segue o mesmo princípio de preparação.

O desenho da forma mostra os orifícios (vazados) que servem para a montagem dos gabaritos dos alveolares (tubos), montados antes da concretagem.

Estes painéis são utilizados para a fachada frontal (lados extremos laterais), divisórias (Interno), separadores frontais da torre e dos fundos (entre os painéis curvos).

Como dito, todos os modelos de fôrmas podem ser fabricados com chapas tipo “xadrez”, com a face texturizada voltada para o lado interno, facilitando e customizando o acabamento externo das paredes.

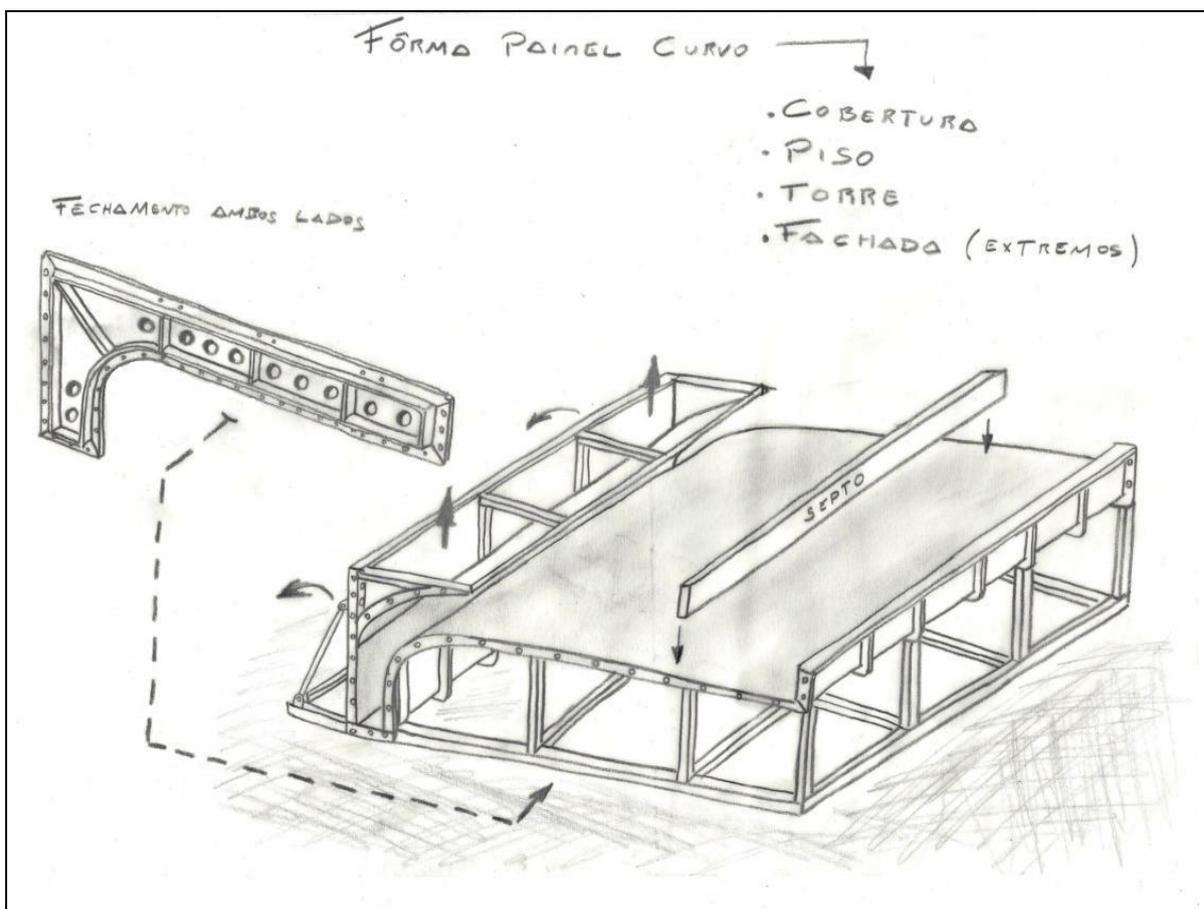


Figura 80 - Croqui simplificado da fôrma dos painéis de cobertura, de piso, torre, lados extremos das fachadas e divisórias (Interno), sendo o mesmo modelo curvo como padrão. Identifica movimentos de abertura da fôrma (desenforme), e inserção de septo para ajustes longitudinais. Fonte: Wagner Mayor

É demonstrado através do croqui da figura 80, a fôrma metálica para painéis curvos, que padroniza os painéis de cobertura, de piso, torre, lados extremos das fachadas e parte das divisórias internas, (largura 1.20m), identificando de forma simplificada, os movimentos de abertura da fôrma (desenforme), e inserção de septo para ajustes longitudinais e demais detalhes integrantes.

Para maiores detalhes na concepção de um projeto de formas, envolveria inúmeros desenhos, cálculos e detalhamentos correlatos, o que não seria o caso desta proposta, de intento conceitual.

4.7- Plantas da Habitação Proposta

O tema deste, *Sistema Construtivo Modular*, é abordado de forma conceitual, como estudo de caso, sendo, portanto, passível de um maior enfoque e detalhamento em momento extraclasse, devido ao tempo hábil de projeto e de inerente complexidade projetual, com razoável número de pranchas, detalhamentos, anotações correlatas, cálculo estrutural e afins.

Abaixo, imagens do resultado final da habitação proposta, *Sistema Construtivo Modular*, tema deste, que através, de plantas layout e técnica (Figuras 81 e 82) e fachada frontal e lateral (Figuras 83 e 84), identificam com maiores detalhes, a intercambialidade nas montagens dos elementos pré-fabricados e suas configurações finais exemplificados pelo desenho vetorial em 3D. (Tópico 4.8, figura 86, Pág.68).

Na figura 81, é ilustrado, através de uma planta humanizada (Layout), uma sugestão e exemplo de uma distribuição do mobiliário, auxiliando na mensuração do espaço, percursos e sua ocupação.

Na figura 82, ilustra-se, através de uma planta técnica, a multiplicidade da modulação dos painéis pré-fabricados, definidos pelo dimensionamento (cotas), ao qual, se pode identificar os painéis curvos, montados nos lados extremos opostos e torre, como também, os painéis planos, montados na fachada frontal, divisórias internas e separadores dos painéis curvos da torre e piso/cobertura. (fundos).

Tanto nos painéis pré-fabricados curvos como nos planos, a modulação possui malha construtiva de 60 cm e painéis modulares de 120 cm variando os modelos conforme a planta de distribuição e montagem, definidas pelas cotas de eixos (balões).

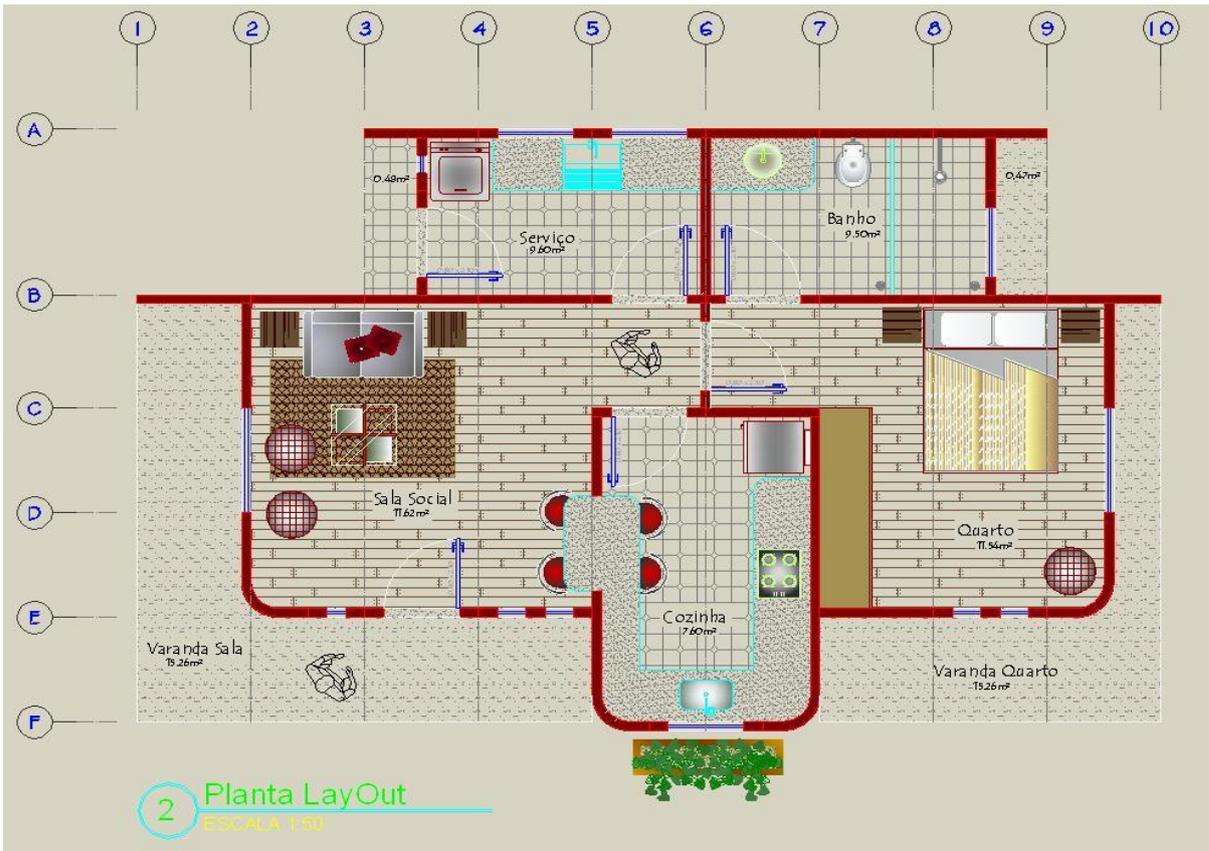


Figura 81 - Planta Humanizada com sugestão da disposição do mobiliário. (Layout).

Fonte: Wagner Mayor

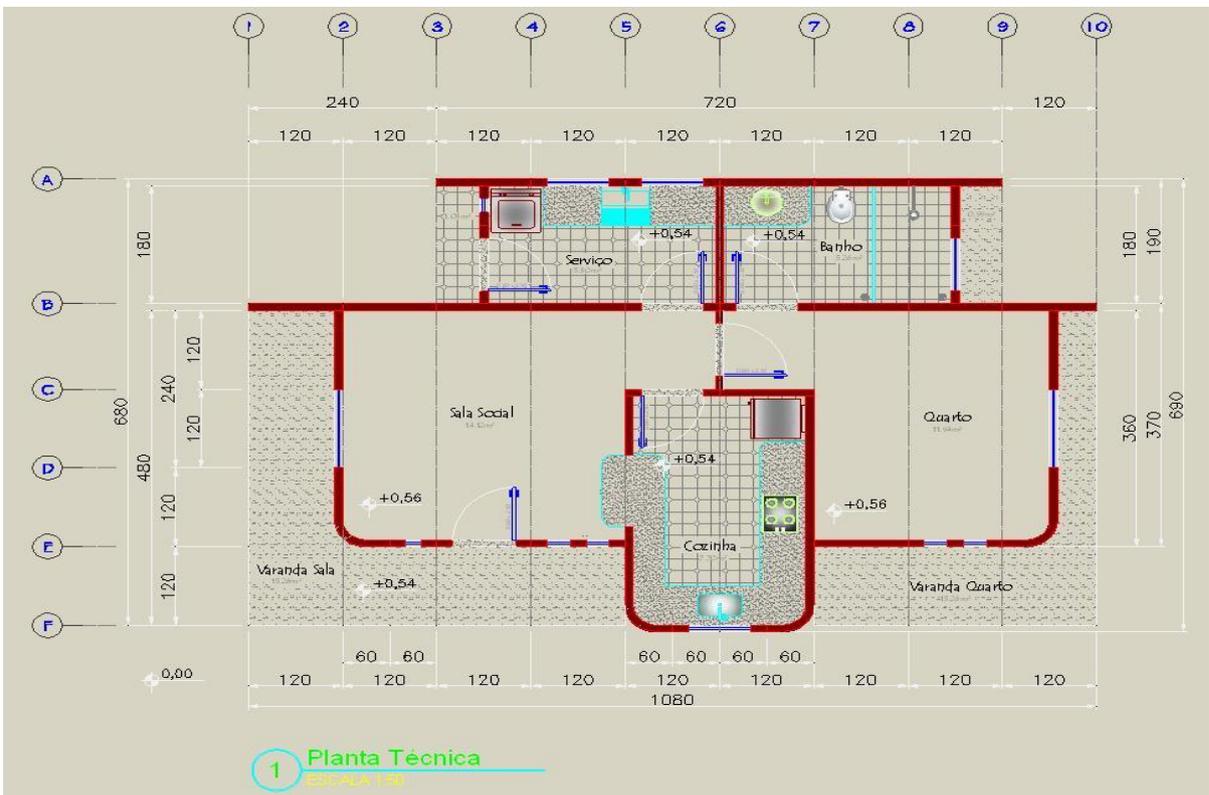


Figura 82 - Planta Técnica - Identifica as modulações e suas respectivas dimensões.

Fonte: Wagner Mayor

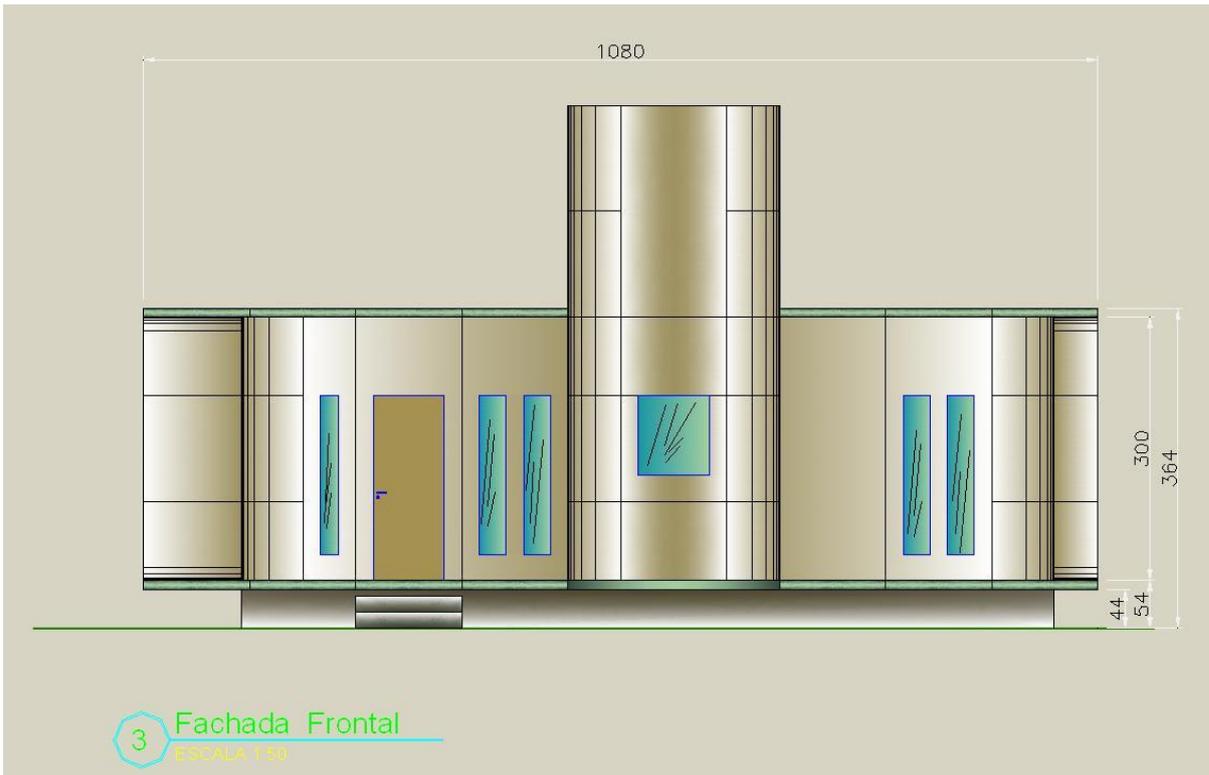


Figura 83 - Fachada Frontal - Identifica a construção em balanço e características construtivas. Fonte Wagner Mayor

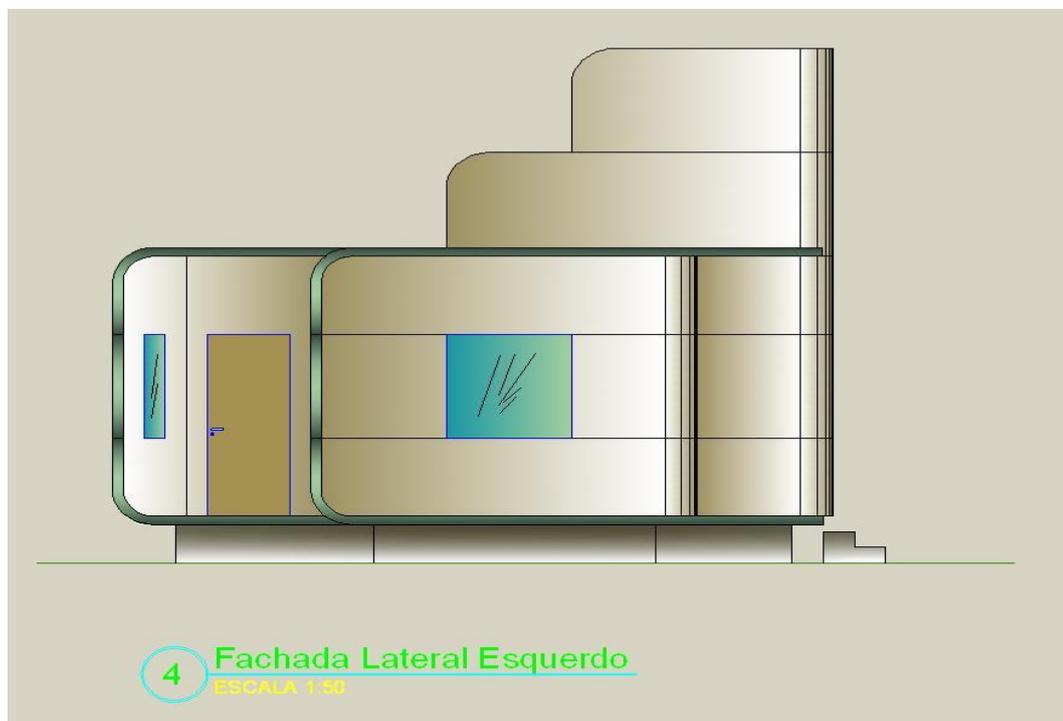


Figura 84 - Fachada Lateral Direita - Identifica a construção em balanço e características construtivas. Fonte: Wagner Mayor

4.8- Perspectivas

Nas imagens a seguir (figuras 85 e 86), mostram perspectivas vetoriais visando a idealização do projeto Sistema Construtivo Modular, com uma perspectiva inicial para identificar possíveis “ajustes” dentro das intercambialidades modulares, sofrendo no decorrer do processo conceitual, remodelações para definição da proposta. (Figura 85).



Figura 85 - Desenho inicial em 3D, para estudo de probabilidades, sofrendo remodelações no decorrer do estudo.
Fonte: Wagner Mayor

Na figura 86, ilustra a perspectiva do projeto definitivo, dentro dos parâmetros projetuais desenvolvidos, embasados em diversos croquis e estudos correlatos a estes.



Figura 86 - Perspectiva do Sistema Construtivo Modular - Exemplo de inserção da unidade habitacional em um terreno.
Fonte: Wagner Mayor

4.9- Fabricação

Dentre os sistemas de pré-fabricados, o concreto é o que apresenta maior interface com outros tipos de estruturas, podendo os painéis, serem aplicados de forma avulsa em fachadas numa construção convencional, eliminando serviços, como alvenaria de vedação, chapisco, emboço, reboco e acabamento de superfícies, realizados até mesmo nas divisórias internas, bastando apenas dimensionar proporcionalmente o painel ao local de aplicação.

A industrialização dos pré-fabricados está essencialmente associada aos conceitos de organização e de produção em série, os quais são entendidos, através deste, onde se analisa as relações de produção envolvidas de forma mais ampla e a mecanização dos meios de produção.

Como citado anteriormente, o desenvolvimento do tema “*Sistema Construtivo Modular*” é focado no que se refere ao processo fabril, com ênfase aos materiais, montagem e aplicação/função, pois é um tema de entendimento bastante amplo e análise mais ramificada. Foco este, na sistematização fabril, racionalizando processos e logística com elementos pré-fabricados, formatado como um “kit”, com advento de posterior manual esquemático sistematizando cognitivamente o processo de montagem e manutenção.

A utilização do fechamento de edificações de tipologias residenciais com painéis alveolares pode ser muito interessante em empreendimentos que consigam explorar todas as suas características e vantagens, como este estudo de caso.

Penso que elaborando e desenvolvendo um projeto de uma unidade, pode-se fundamentar qualitativamente uma base coerente de análise crítica e melhor foco para parâmetros de pesquisa.

4.9.1- Processo Fabril

A produção dos painéis é totalmente industrializada e envolve baixo número de homens-hora na sua produção. Quanto maior a padronização e racionalização do projeto dos painéis de cobertura, pisos e fechamentos alveolares afins, melhor a obtenção final de eficiência estrutural e ganho em custo final. Por isso, qualquer intervenção manual, seja de recorte ou reforço dos alvéolos do painel, eleva bastante seu custo, gerando retrabalhos e diminuindo sua característica industrial, ou seja, mecanizada. O mesmo acontece com a paginação, quesito importante e totalmente ligado à modulação da obra, devendo ser programada de forma racional, maximizando a repetição. (Produção em série).

Tradicionalmente, as lajes pré-fabricadas de concreto são produzidas nas usinas por um sistema automatizado em pistas, sendo moldadas em fôrmas metálicas fixas ou por processo contínuo de extrusão, por trilhos de base, seccionadas de acordo com medidas (comprimentos) descritas em projeto.

Basicamente, na produção existem dois tipos de painéis alveolares: a extrusiva e a moldada. Os painéis fabricados de forma extrusiva apresentam melhor qualidade final, visto que se pode utilizar um fator água-cimento muito baixo e próximo ao necessário para a hidratação do cimento, garantindo maior resistência à compressão e menor porosidade do concreto, melhor vibrada, principalmente por se tratar de piso e de laje/cobertura.

Normalmente, os painéis alveolares de piso recebem uma capa estrutural de 5 cm, porém, pode-se utilizar uma capa entre 2 e 3 cm, capeando toda a laje, garantindo todos os conceitos descritos neste trabalho. A opção sem capa estrutural é viável, podendo, dependendo do caso, trabalhar em conjunto com uma tela de bitola compatível, apesar deste não ser definido como padrão do sistema. Nos painéis alveolares, é obrigatória a execução do chaveteamento, que consiste no preenchimento com concreto das juntas longitudinais entre painéis, no processo similar ao grauteamento. (conforme tolerâncias no tópico 4.4.3, pág.60).

Como o advento das utilizações de painéis alveolares é bastante amplo, a cada dia surgem novas propostas destas inserções em diversas áreas da construção civil. Assim sendo, procuro através deste, explorar mais um nicho de passível aplicação em construções residenciais (estudo), como algumas empresas assim o fazem, dimensionando e compatibilizando painéis alveolares para tal fim, conforme mencionado no tópico 2.5.

No estudo proposto não haverá necessidade de armar a laje alveolar com cabos de protensão, pois, o painel teria aplicação para uma pequena residência, e esta, de apenas 1 (um) pavimento, assim sendo, os esforços no sentido transversal são suportados à tração do concreto apenas pela resistência, não influenciando fisicamente outros elementos, de características projetuais autoportantes.

Na Figura 87, é apontado um parâmetro ao qual o espaçamento é dimensionado em função das larguras dos vãos, e também definindo quantitativamente o número de escoras.

Vãos	Espaçamento
até 3,20 m	não necessita escoramento para qualquer altura
de 3,21 m até 6,50 m	uma linha de escoramento no meio do vão
De 6,51 m até 10,0 m	duas linhas de escoras centralizadas, sendo o espaçamento entre elas igual a 1/5 do vão e a distância de cada uma aos apoios das vigotas iguais a 2/5 do vão
acima de 10,0 m	será necessário um projeto específico de escoramento

Figura 87 - Vãos e Escoramentos – Fonte: <http://www.curitibaconstrucao.com.br/nbr6118.htm>

Outro aspecto da industrialização das construções são os arquitetos, que estão padronizando as medidas das habitações fazendo com que seus tamanhos sejam sempre múltiplos, tanto para esquadrias e demais elementos (figura 88), baseada na Norma NBR 5722, quanto aos pré-fabricados, utilizando 10 cm como módulo adotado internacionalmente (ISO), também de acordo com a NBR 15873/2010 - Norma de Coordenação Modular para Edificações, que especifica como padrão a medida de 100 mm para módulos básicos, definindo os termos e os princípios da mesma.

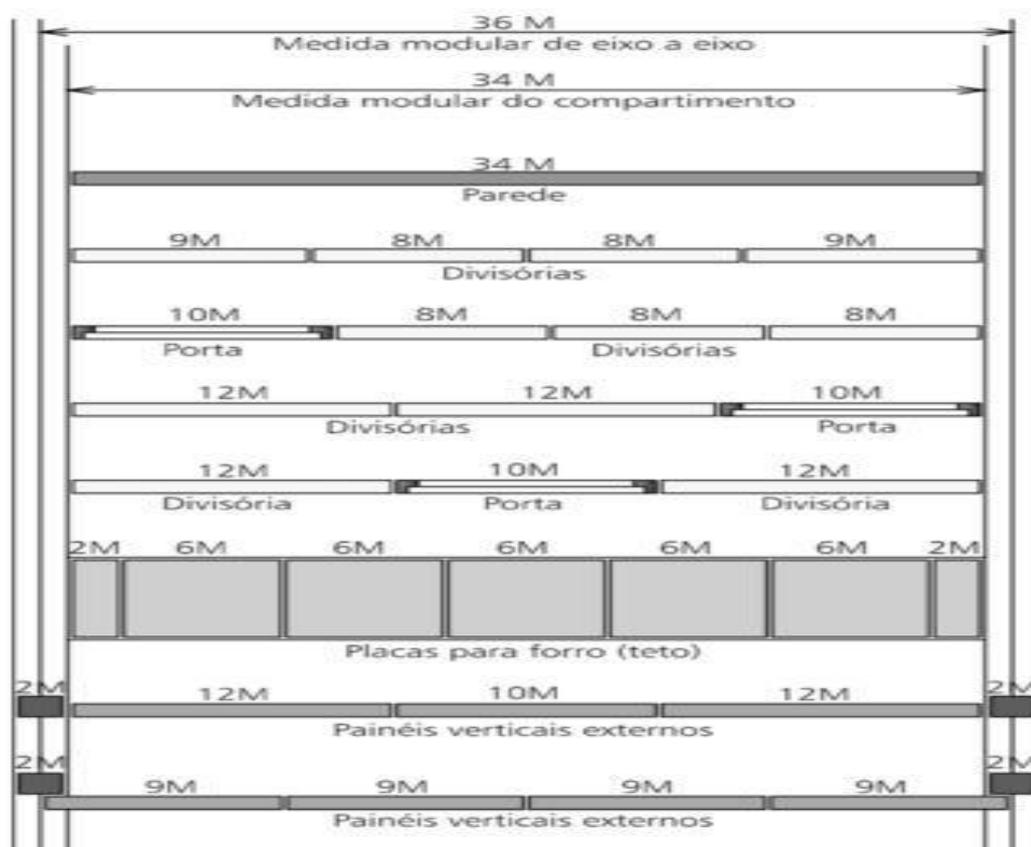


Figura 88 - Texto: Teoria Coordenação Modular. Exemplos de modulação.
 Fonte: <http://habitare.infohab.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/colecao10/CAP2.pdf>, por sua vez, baseada na norma Fonte: NBR 5706 – Coordenação Modular na Construção

Na figura 89, um exemplo de parâmetros projetuais das esquadrias que integram o dimensionamento de uma obra, aliando dados diversos que auxiliam na melhor escolha em função de suas interações e aplicabilidades e normalizações.

A dimensão precisa da esquadria é uma decisão particular de cada fabricante em função do projeto do produto e da tecnologia empregada (desde que responda aos critérios mínimos de modulação de Vãos e Juntas estabelecidos), as dimensões de esquadrias sempre devem fazer referência ao Vão Modular. Estas informações são do catálogo "Vãos e Esquadrias" do Comitê de Tecnologia e Qualidade do SindusCon - SP.

Vãos Modulares, Tipologias e Esquadrias Preferidas	
Vão Modular	Múltiplo de 10cm
Vão Vedação	Vão Modular + 1cm
Dimensão Esquadria	Vão Modular - 5cm
Vão Iluminação Ventilação	Vão Modular - 10cm, ou Dimensão Esquadria - 5cm

TIPOLOGIAS	VÃO MODULAR	ESQUADRIA DIMENSÃO	VÃO VEDAÇÃO	VÃO ILUMINAÇÃO VENTILAÇÃO
JC-2 F Janela de Correr 2 Folhas	1200 x 1200	1150 x 1150	1210 x 1210	1100 x 1100
	1500 x 1200	1450 x 1150	1510 x 1210	1400 x 1100
JC-3 F/V Janela Correr 3 Folhas com Veneziana	1200 x 1200	1150 x 1150	1210 x 1210	550 x 1100
	1500 x 1200	1450 x 1150	1510 x 1210	700 x 1100
PC-2 F Porta de Correr 2 Folhas	1500 x 2200	1450 x 2150	1510 x 2210	1400 x 2100
	2000 x 2200	1950 x 2150	2010 x 2210	1900 x 2100
	2400 x 2200	2350 x 2150	2410 x 2210	2300 x 2100
PC-3 F/V Porta de Correr 3 Folhas com Veneziana	1500 x 2200	1450 x 2150	1510 x 2210	700 x 2100
	2000 x 2200	1950 x 2150	2010 x 2210	850 x 2100
PC-4 F Porta de Correr 4 Folhas	3000 x 2200	2950 x 2150	3010 x 2210	2900 x 2100
JC-2 F/P Janela de Correr 2 Folhas com Persiana de Enrolar	1200 x 1200	1150 x 1150	1210 x 1210	1100 x 1000
	1500 x 1200	1450 x 1150	1510 x 1210	1400 x 1000
PC-2 F/P Porta de Correr 2 Folhas com Persiana de Enrolar	1200 x 2300	1150 x 2250	1210 x 2310	1100 x 2100
	1500 x 2300	1450 x 2250	1510 x 2310	1400 x 2100
PA-1 F Porta Pivotante Vertical 1 Folha	900 x 2200	850 x 2150	910 x 2210	800 x 2100
PA-2 F Porta de Abrir 2 Folhas	1500 x 2200	1450 x 2150	1510 x 2210	1400 x 2100
JC-2 F/C Janela de Correr 2 Folhas Camarão	1200 x 1200	1150 x 1150	1210 x 1210	1100 x 1000
	1500 x 1200	1450 x 1150	1510 x 1210	1400 x 1000
PC-2 F/C Porta de Correr 2 Folhas Camarão	1500 x 2200	1450 x 2150	1510 x 2210	1400 x 2100
	2000 x 2200	1950 x 2150	2010 x 2210	1900 x 2100
RF-1 F Requadro Fixo 1 Folha	600 x 600	550 x 550	610 x 610	500 x 500
	800 x 600	750 x 550	810 x 610	700 x 500
Mx-1 F Maxim-ar 1 Folha	600 x 600	550 x 550	610 x 610	500 x 500
	800 x 600	750 x 550	810 x 610	700 x 500
	1000 x 600	950 x 550	1010 x 610	900 x 500
VP-2 F Ventilação Permanente 2 Folhas	1200 x 1200	1150 x 1150	1210 x 1210	1100 x 1100
PC-1 F/AS Porta de Correr para Área de Serviço	1500 x 2200	1450 x 2150	1510 x 2210	1400 x 2100

Figura 89 - Catálogo Base para Vãos de Esquadrias. Fonte: Comitê de Tecnologia e Qualidade Sinduscon-SP

4.9.2- Materiais (Pré-fabricados em Concreto)

Dentre os diversos materiais que constituem um elemento pré-fabricado, o concreto é aquele que propicia ao fabricante maior liberdade do ponto de vista tecnológico, liberdade plástica, aliando formas e funções com praticamente nenhum condicionante técnico. Em última análise, o concreto torna-se um fator diferencial para as empresas de pré-fabricados, sua "identidade", o ponto-chave em termos de qualidade e desempenho.

Como todo material aplicado a uma obra, o concreto possui vantagens sobrepondo as desvantagens, sendo as principais:

Vantagens: Combinações com materiais diversos, mão de obra especializada e com procedência, rapidez na execução, na montagem e transporte, limpeza e racionalização do canteiro de obras, entre outros.

Desvantagens: Preço relativamente alto (podendo ficar mais barato com a diminuição do número de elementos), patologias inerentes a umidade, como trincas, fissuras e afins, (pode-se amenizar tais ocorrências utilizando um rol de produtos disponíveis no mercado).

Em todos os painéis externos de fechamento, estuda-se a possibilidade de adição de componentes polimerizados^(1*), vermiculita (mineral com aspecto semelhante à mica, formado essencialmente por silicatos hidratados de alumínio e magnésio), elastômeros, como pneus usados, refugados que são triturados e adicionados ao concreto.^(2*)

O intento deste estudo é conceber todo o projeto "Sistema Construtivo Modular" baseado na utilização de elementos pré-fabricados em concreto, compatibilizando o *design* à tipologia construtiva proposta, sendo também ideais pela versatilidade compatível a fabricação de elementos personalizados em uma só peça (parede/cobertura e piso/parede), sendo que, com outros materiais seriam necessários duas ou mais peças para formar um painel de forma irregular.

Pode-se aplicar a mesma sistematização de vedações às paredes, alveolares e autoportantes (ao mesmo tempo leve e eliminando pilares), o mesmo com a cobertura, também alveolar, com intento de eliminar a estrutura do telhado e ao mesmo tempo melhorar a questão térmica^(3*), ao piso, também alveolar, substituindo o contrapiso, e a base (baldrame), onde o alicerce também pré-fabricado, porém maciço, devido à sua duplicidade de função (suporte da residência e reservatório pluvial), corrigindo sistematicamente o desnivelamento do terreno.

Na concepção do conceito, é caracterizada a aplicação de painéis alveolares, por serem elementos estruturais que podem ser aplicados nas mais variadas tipologias e sistemas construtivos, (Figuras 90 e 91), com capacidade de atingir grandes vãos e resistir a elevadas sobrecargas, tanto em fechamentos quanto para piso e cobertura. Utilizar-se-á painéis com largura (L) com 1,20 e altura (h) de 0.10 metros. São constituídas em seu interior, vazios perpendicularmente ao eixo longitudinal, denominados alvéolos, de modo a proporcionar uma diminuição em seu peso, facilitando a estocagem, transporte e montagem.

A utilização do processo de fabricação extrudada com alvéolos internos ^(4*), melhora significativamente a questão do calor gerado externamente, auxiliando na dissipação térmica e como também na acústica, podendo dependendo do caso, aplicação e preenchimento com material expandido. (tratado no tópico 4.3.7, pág.55).



Figura 90 - Detalhe face perfis alveolares
Fonte: <http://www.r4tecno.com.br/lajes>



Figura 91 - Painéis Alveolares prontos para transporte.
Fonte: <http://www.r4tecno.com.br/lajes>

Os outros elementos da obra, que não dependem e não interferem nas montagens dos pré-fabricados poderão ser executados posteriormente por empresas civis especializadas, como o sistema elétrico, hidráulico, montagem das esquadrias (portas e janelas), ferragens, pintura, limpeza final de obra, etc.

4.9.3- Fôrmas Metálicas (Concretagem e Transporte)

Tradicionalmente, em muitos canteiros de obras, as formas para concretagem são executadas com a utilização de tábuas e pranchões de madeiras, porém, na procura de escolher aquelas cuja espessura e esquadros estejam corretos, desperdiça-se tempo, o mesmo acontecendo com a montagem das formas, e dependendo do prazo da obra, existe uma tendência há compensar esse tempo durante a concretagem e o desenforme antes do prazo previsto, acarretando em riscos de segurança desnecessários.

Assim sendo, opta-se durante a montagem da fôrma, a utilização de madeiras cortadas na altura e na medida da viga, o que não é comum e também geram gastos. Para utilização da madeira, a viga deve ser dimensionada levando em consideração as medidas disponíveis no mercado evitando-se assim cortes longitudinais com medidas básicas usuais de largura 30cm e 15 cm para vigas de 40 a 45 cm de altura, mas nem todos os projetistas tem essa visão geral de canteiro de obra. Sabe-se, portanto, que a utilização da madeira sem um planejamento prévio seria um desperdício de tempo, dinheiro, e atrasos decorrentes.

Como o concreto utilizado na maioria das vezes é autoadensável, o risco das fôrmas de madeira de serem mal vedadas é grande e podem comprometer a concretagem e o aspecto final da parede, seu acabamento de superfície e arremate das quinas e bordas.

Portanto, na utilização de painéis pré-fabricados, opta-se pela forma metálica, comprovadamente ideal para construções seriadas, com grande número de reutilizações (centenas), alta produtividade e características fabris que as tornam duráveis, seguras e versáteis, assegurando uma maior certeza na mensuração do tempo gasto em sua montagem, execução da concretagem, desenforma e sistematização da montagem.^(5*)

Para almejar tais características fabris, o projeto deve ser claro, eficiente e com especificações detalhadas, totalmente dentro de normatizações pertinentes, garantindo assim um excelente desempenho final de produção e qualidade satisfatória.

Como dito, as fôrmas para moldar elementos em concreto devem ser sempre previstas ainda no projeto executivo, tendo para isto um projeto específico complementar para caldeiraria. Caso contrário, a agilidade de execução pode ser seriamente comprometida em função da necessidade de arremates desnecessários, com inevitáveis retrabalhos, gerando desperdícios de tempo e dinheiro.

As formas metálicas são fabricadas em chapas e demais perfis, como cantoneiras, barras chatas, perfis I (laminado, soldado ou em enrijecido), tubos, barras redondas, entre outros, dimensionadas milimetricamente para assegurar ajustes precisos para uma garantida vedação, acoplamentos entre as partes do conjunto, compatibilidade à função e à pressão exercida pelo concreto.

As formas metálicas atendem aos projetos mais sofisticados com garantia de total viabilidade, incontestável versatilidade quanto às aplicações nas mais diversas concepções, sejam irregulares ou em curvas como exemplo às figuras 92 e 93.



Figura 92 - Exemplo Formas Metálicas para concretagem.
Fonte: Projeto Wagner Mayor



Figura 93 - Exemplo Formas Metálicas para concretagem.
Fonte: Projeto Wagner Mayor

Na etapa de concretagem, utiliza-se um fluido denominado desmoldante, sendo um produto específico aplicado em toda a superfície interna da forma, servindo como película protetora entre a fôrma e o concreto. O seu uso uniforme em toda a área de contato com o concreto facilita a retirada de todo o conjunto da fôrma (desenforme), deixando-a protegida, ficando todos os elementos pré-fabricados com a superfície de aspecto liso e sem “bolhas” superficiais, desde que bem vibrada anteriormente.

Deve-se ter o cuidado de aplicar o desmoldante somente na fôrma (caixaria) e nunca na armadura (ferragem). Jamais utilizar óleo queimado ou outro óleo como desmoldante, pois poderá acarretar problemas de ancoragem na hora do reboco da estrutura, sendo prudente iniciar a concretagem somente duas horas após a aplicação do produto.

Por conseguinte, o controle logístico seria bastante simplificado com uma menor diversificação de itens, e conseqüentemente, um menor número de peças para armazenamento, controle e transporte. (Figura 94).



Figura 94 - Transporte dos pré-fabricados. Fonte: <http://www.r4tecnico.com.br/lajes>

4.9.4- Montagem

A montagem, de fácil entendimento e similares aos convencionais, é realizada com um menor número de elementos, na moldagem, os elementos são derivados de dois padrões básicos de fôrmas (para painel curvo e plano), e de mesma configuração.

Com um menor número de elementos, procura-se racionalizar cognitivamente todo o empreendimento, desde o projeto até a construção propriamente dita, sendo, mesmo para um leigo, todo o processo entendido de maneira intuitiva e com relativa facilidade de interpretação, com auxílio de um manual, similar aos impressos atualmente, anexando plantas, cortes, fachadas, cobertura e demais pranchas e legislações que se fizerem necessárias.

É uma construção adaptável em topografias diversas, regulando apenas sua base em relação às irregularidades planialtimétricas do terreno, não interferindo assim na modulação e em possíveis “ajustes” construtivos no restante do empreendimento.

Com uma pequena grua, ou equipamentos similares, como exemplo, um guindauto modelo *MADAL* (Figura 95), *Dymaq* (figura 96), outros mecanismos como pequenas guas e tifer acoplado em estrutura paralela, se consegue efetivamente montar facilmente toda a estrutura, com auxílios de balancins para facilitar a movimentação dos elementos, visando segurança e procurando preservar a integridade dos mesmos.



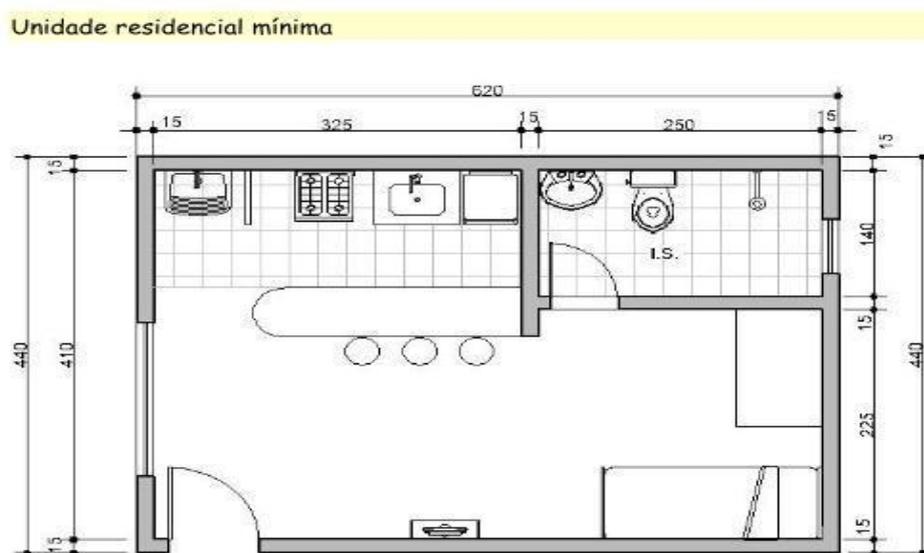
Figura 95 - Guindauto Madal - Similar ao Munkk.
Fonte: <http://www.r4tecno.com.br/lajes>



Figura 96 - Guindauto Dymaq.
Fonte: Projeto Wagner Mayor

4.9.5- Critérios Legais de Aplicação / Função

A proposta apresentada no tópico 4.7 e 4.8, Pág. 65 e 68 respectivamente, com referência ao projeto de uma pequena residência, de concepção econômica (66.75m²), é também embasada nos padrões exigidos pela Prefeitura de Belo Horizonte conforme a planta da figura 97, extraída do Manual de projetos, pag.371, editado pela PBH, no qual, estabelece parâmetros mínimos dimensionais de moradia, visando coerente percurso interno e confortável habitabilidade.



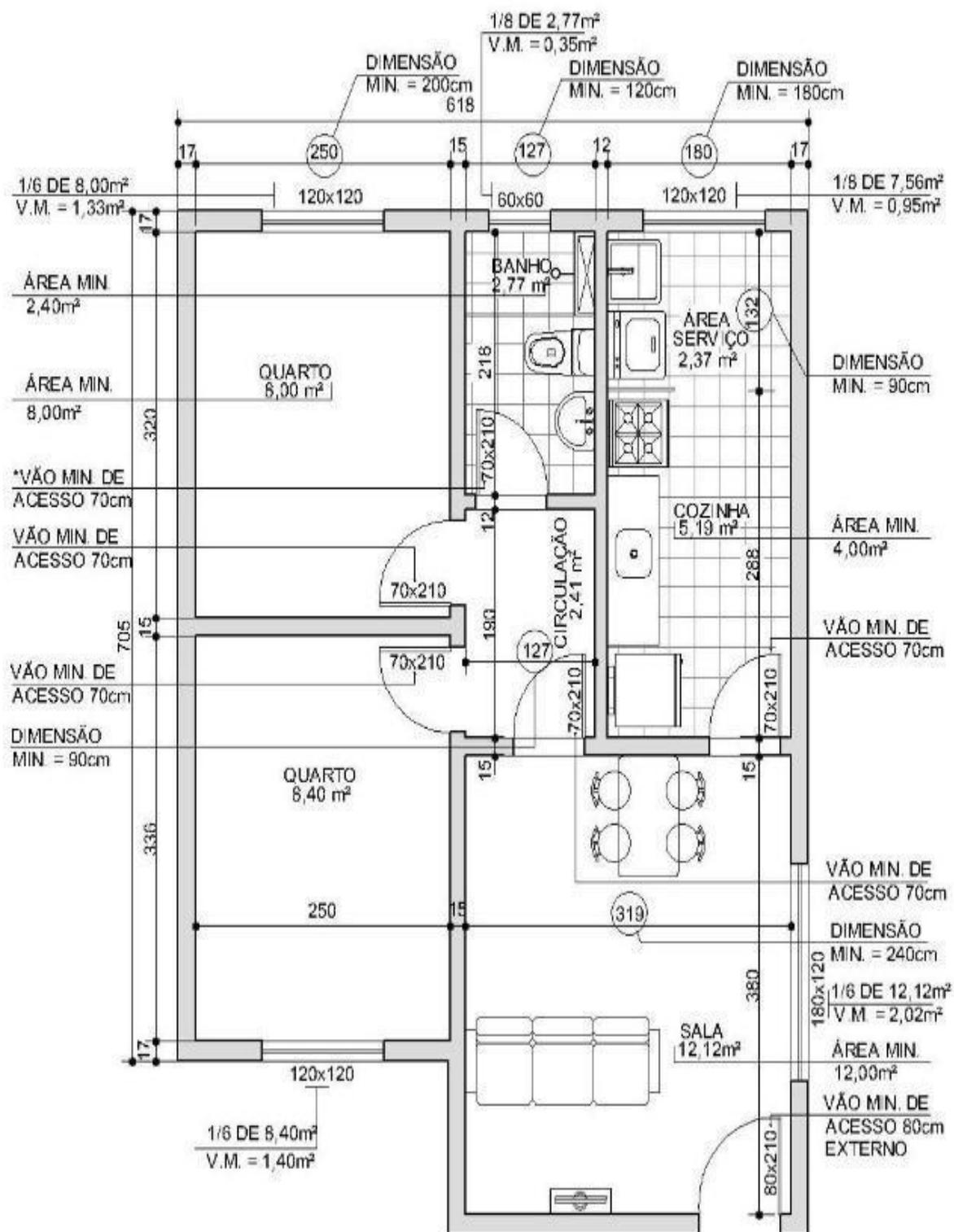
Área mínima da unidade residencial: 24,00m²

Figura 97 - Planta Exemplo da Prefeitura – Fonte: Manual de Projetos, Prefeitura de Belo Horizonte (pag. 371).

- Exemplo de Ambientes
- 1 quarto
 - Sala
 - Serviço
 - Cozinha
 - Banheiro

Visando padronização construtiva, o conceito proposto tem um perfil desenvolvido em elementos pré-fabricados, focado em uma industrialização seriada, aplicando menor número de elementos construtivos, modulares e intercambiáveis entre si agregando ao produto um design diferenciado.

A seguir, um exemplo da Prefeitura de Belo Horizonte, que estabelece áreas mínimas de compartimentos, extraído do Manual da Prefeitura de Belo Horizonte pág. 368, com requisitos mínimos quanto às dimensões, áreas, vãos e parâmetros mínimos dos elementos integrantes. (Figura 98).



*PELO MENOS UMA DAS INSTALAÇÕES SANITÁRIAS DEVERÁ TER VÃO DE ACESSO COM LARGURA MÍNIMA DE 70cm

Exemplo de requisitos mínimo - dimensões, áreas e vãos

Figura 98 - Requisitos mínimos sobre dimensões, áreas e vãos
Fonte: PBH - Manual de Projetos – Prefeitura de Belo Horizonte - Pág. 368.

4.10- Sustentabilidade aplicada ao projeto

Visando adequar o projeto “*Sistema Construtivo Modular*”, à realidade atual, onde existe inegável preocupação na preservação do meio ao qual estamos inseridos, torna-se factível a utilização de tecnologias e de todos os recursos disponíveis, para uma melhor adequação da moradia ao contexto urbano, minimizando o quanto possível os danos causados, antes, durante e posteriormente à construção.

No dia a dia, é provado que a construção civil é o segmento que mais consome matérias-primas e recursos naturais, além de ser o terceiro maior responsável pela emissão de gases poluentes à atmosfera. Pode-se, a partir da elaboração dos projetos arquitetônicos, refletir e aplicar meios de atuação preventiva frente aos possíveis impactos ambientais decorrentes das atividades desenvolvidas ao longo do ciclo de vida de uma edificação.

Apesar dos resíduos e entulhos das reformas sempre gerarem impactos ao meio ambiente, é possível minimizá-los adaptando intervenções para tornar as edificações dentro dos padrões sustentáveis. Mas para isso, é imprescindível que haja uma análise criteriosa de todas as etapas da obra, estudando e elaborando fluxogramas desde o projeto até o descarte final dos resíduos, pois a execução de uma reforma residencial sustentável não consiste apenas na adoção de materiais ecologicamente corretos.

Visando minimizar, ou mesmo reverter essa situação, é necessário o desenvolvimento de projetos e aplicação de novas tecnologias que proporcionem a redução da geração de resíduos e uso racional de recursos naturais como a energia e a água, utilizando também, materiais ambientalmente corretos.

A seguir, relaciona-se alguns sistemas, utilizando basicamente o mesmo princípio para demais tipologias construtivas, podendo ser implantados na concepção do projeto “*Sistema Construtivo Modular*”:

4.10.1- Energia Solar

O sistema de aquecimento solar da água consiste basicamente de um conjunto de placas solares instaladas na cobertura e orientadas corretamente (norte), para a coleta da maior quantidade possível de radiação solar, um reservatório (boiler) devidamente isolado para a retenção do calor gerado e um conjunto de tubulações adequadas com capacidade, resistência e isolamento necessários para a distribuição da água quente, além do sistema auxiliar de aquecimento. (Figura 99).

Basicamente, o número de placas utilizadas e área de superfície das mesmas, seguem uma proporção compatível ao número de moradores e a função de utilização.

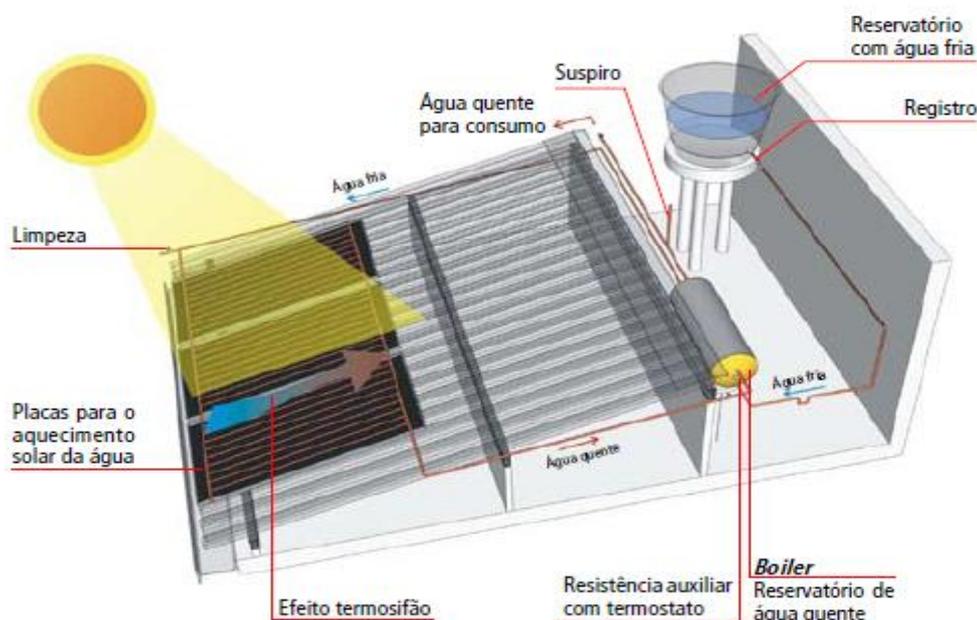


Figura 99 - Esquema de funcionamento da energia solar e os elementos que o integram.
Fonte: <http://www.metalica.com.br/energia-a-abundancia-solar>

4.10.2- Captação de água de chuva

A captação da água de chuva é uma maneira rápida de se obter um grande volume de água em um período de tempo bastante reduzido, e de razoável qualidade.

Existem duas maneiras conhecidas de se captar: a primeira é coletando a água da cobertura da casa (Figuras 100 e 102), e o segundo é revestindo o subsolo de uma área de encosta com plástico ou um sistema de coleta similar, canalizando a água, pré-filtrada pelo solo, até um reservatório.

No caso da utilização de lona plástica específica para este fim, aberta e enterrada, a água captada por toda sua extensão, também deverá estar acima da caixa, evitando a utilização de outros aparatos, como bombas, tubulações e afins, evitando assim, gastos desnecessários.

Para a montagem do reservatório, deve-se procurar um local afastado de árvores e arbustos cujas raízes possam provocar rachaduras e conseqüente vazamento nas paredes.

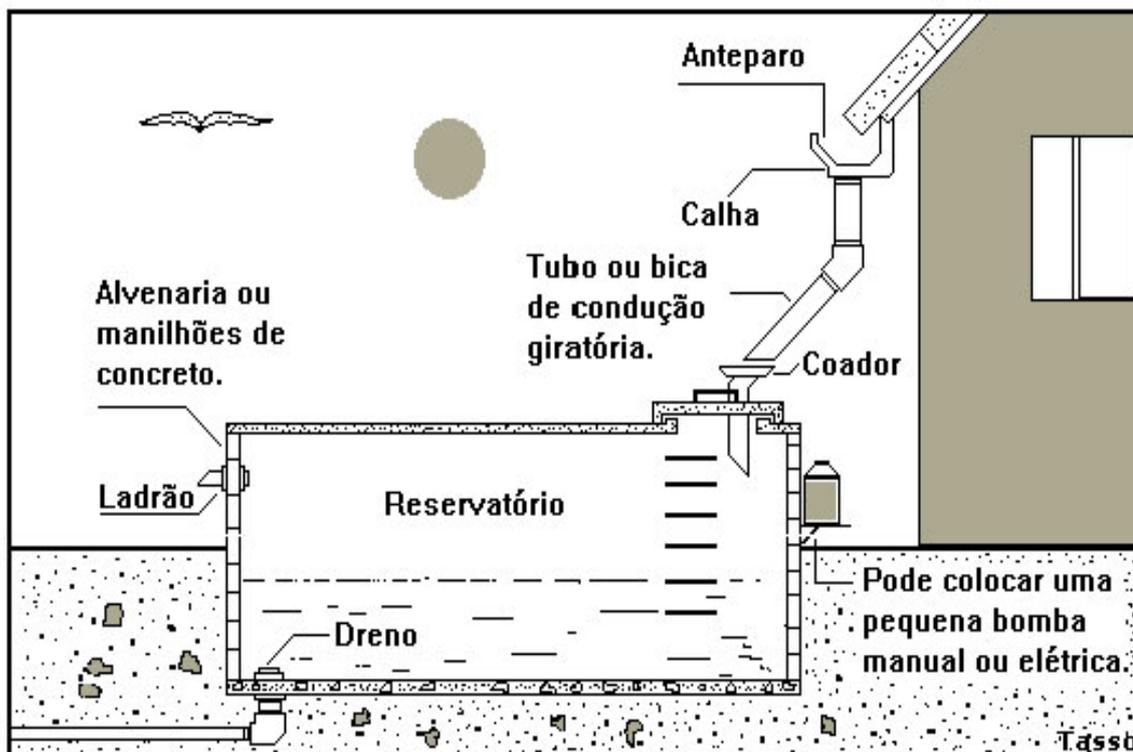


Figura 100 - Desenho esquemático onde ilustra como a água é captada, seus elementos e o reservatório coletor. Fonte: <http://www.metalica.com.br/como-fazer-captacao-de-agua-de-chuva>

Para evitar a contaminação que vem da cobertura (telhado) é aconselhável filtrar a entrada das águas pluviais escoadas pelos condutores até ao reservatório, utilizando para isso, um sistema denominado pré-filtro, funcionando como um desvio de possíveis detritos, principalmente no início do período das chuvas. (Figura 101).

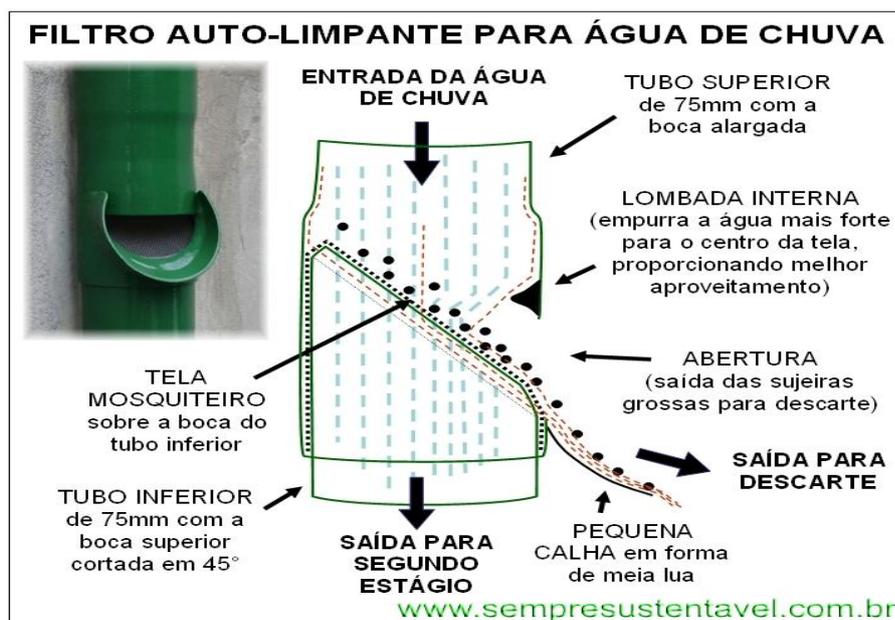


Figura 101 - Desenho esquemático do sistema de pré-filtragem da água de chuva, antes desta chegar ao reservatório. Fonte: <http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/filtrochuva01.jpg>

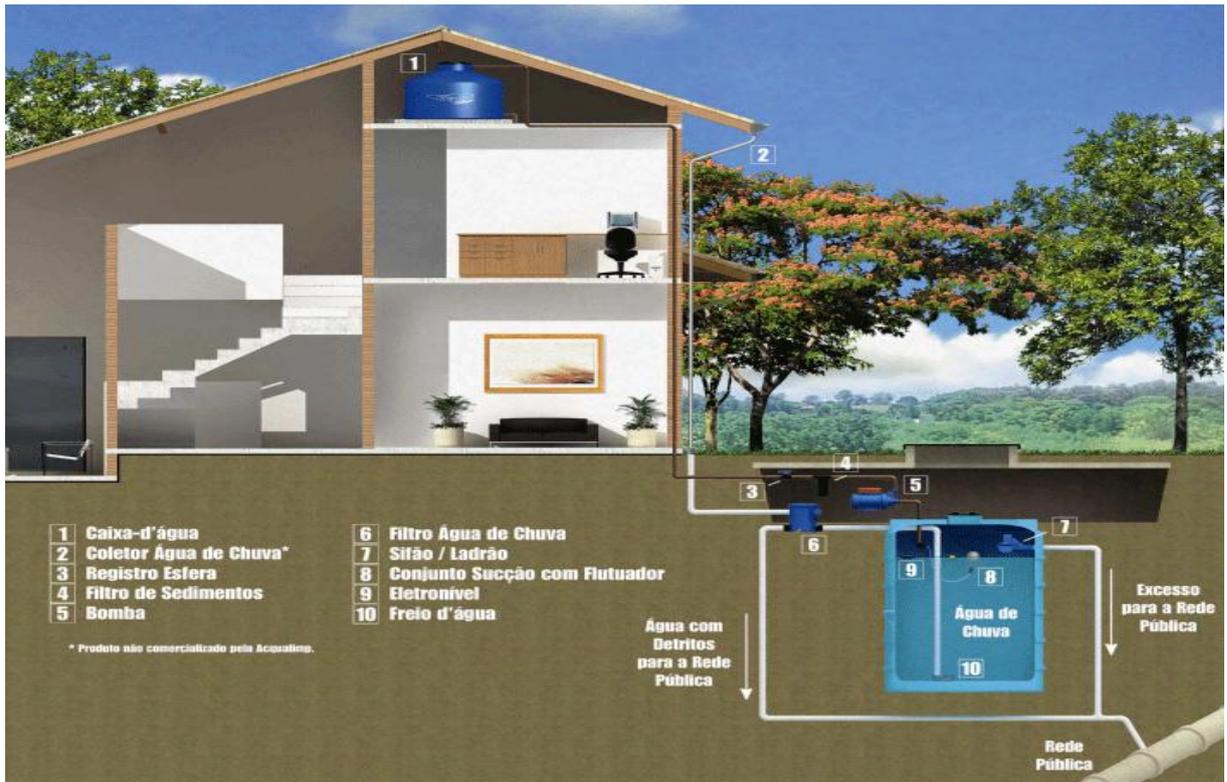


Figura 102 - Desenho esquemático de implantação de um sistema de captação de água de chuva e seus componentes. Fonte: www.construindominhacasa.com

O reservatório deve ser montado no lugar mais baixo, podendo receber por gravidade a água escoada de todos os lados do telhado, no caso do *Sistema Construtivo Modular*, descrito anteriormente, o reservatório é construído sob dos painéis de piso. (Figura 103).

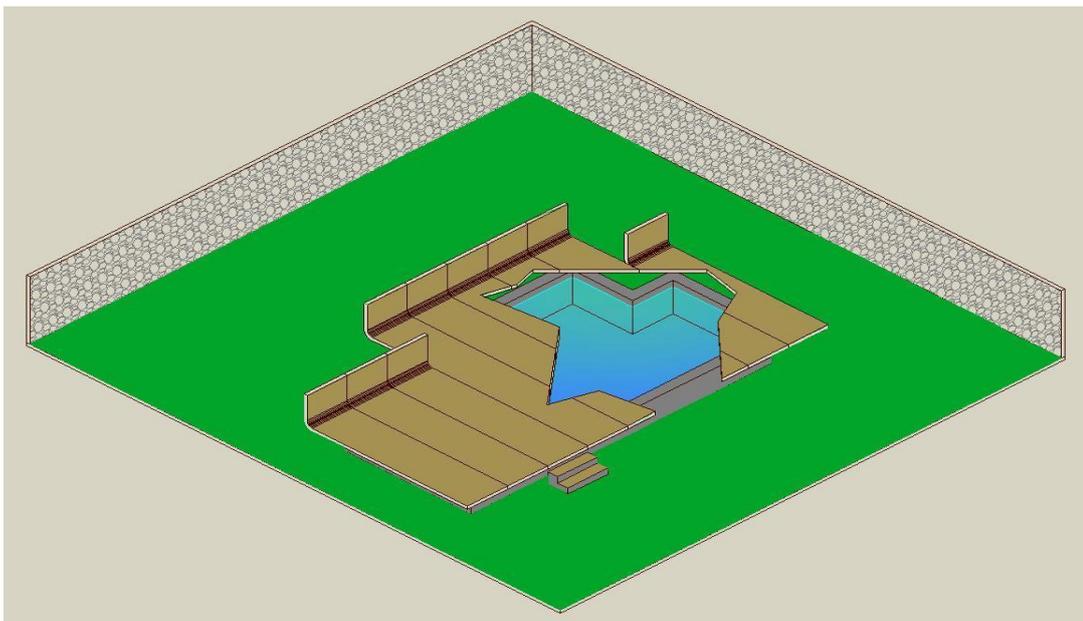


Figura 103 - Desenho da base do Sistema Construtivo Modular, que explana onde o reservatório de coleta de água pluvial é localizado, aplicada ao Estudo de Caso. Fonte: Wagner Mayor

4.10.3- Utilização do concreto

O setor da construção civil consome matéria-prima em abundância, além de gerar uma quantidade de resíduos considerável, interferindo diretamente no ambiente, principalmente quando não existe nenhuma responsabilidade nos descartes de materiais, porém, optando pela utilização de elementos pré-fabricados nas construções, reduziria drasticamente tal evento, tornando uma obra limpa e racionalizada em todos os aspectos.

Elementos pré-fabricados em concreto podem ser inteiramente reutilizados (quase 100% de uma construção podem ser reciclados, não importando quanto armada e reforçada.

Apesar de apresentar patologias inerentes, o concreto pré-fabricado é estável durante toda sua vida útil e não necessita tratamentos químicos para evitar apodrecimentos e ataque de insetos como acontece em construções pré-fabricadas análogas, significando que não há tipo algum de emissão no ambiente interno.

Por utilizar materiais de baixo impacto ambiental, reciclável e praticamente sem desperdícios, os pré-fabricados de concreto respeitam o meio ambiente e contribuem para a melhoria da qualidade de vida.

“Aumentar a vida útil das estruturas de concreto é uma solução fácil e efetiva para preservação dos recursos naturais. Se desenvolvermos nossa capacidade de projetar e construir estruturas de concreto que durem 500 anos, em vez de 50 anos, iremos multiplicar por 10 a produtividade de nossas reservas de matérias-primas, o que significa dizer preservar 90% das mesmas.”

KumarMehta
Reducing the Environmental Impact of Concrete
Concrete International, ACI, v.23, n. 10, Oct. 2001. p.61-66

Alguns exemplos da aplicação do concreto na construção civil e seus valores emissivos e de consumo de energia em detrimento aos outros materiais comumente utilizados. (Figuras 104 e 105).

Emissão dos materiais de construção

Material de Construção	CO ₂ , kg/t	CO, kg/t	SO ₂ , kg/t	NO _x , kg/t	CH ₄ , kg/t	Dust, kg/t
Madeira	124	1,2	—	—	0,1	0,5
Concreto	147	—	0,2	0,6	—	0,1
Vidro	2100	—	2,7	9,3	—	1,6
Plástico	6000	—	5,0	5,0	—	1,0
Metais	3000	—	3,0	5,0	—	0,5

fonte: PENTTALA, ACI Materials Journal, set-out 1997

Associação Brasileira de Cimento Portland
ABCP
VII Seminário de Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil

Figura 104 - Tabela comparativa de materiais. (Emissão).

Fonte: <http://pt.scribd.com/doc/18699879/Reflexoes-Sobre-a-Contribuicao-Do-Concreto-Para-a-Sustentabilidade>

Consumo de energia dos materiais de construção

Material de construção	Consumo de energia GJ/t
alumínio	270
aço	30
vidro	20
cimento	5
concreto armado	2,5
madeira	2
cerâmica	2
concreto	1,4
agregados	0,25

fonte: PENTTALA, ACI Materials Journal, set-out 1997

Associação Brasileira de Cimento Portland
ABCP
VII Seminário de Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil

Figura 105 - Tabela comparativa de materiais. (Consumo de Energia).

Fonte: <http://pt.scribd.com/doc/18699879/Reflexoes-Sobre-a-Contribuicao-Do-Concreto-Para-a-Sustentabilidade>

4.10.4- Outras Medidas

Toda edificação gera impactos ao longo de todo o seu ciclo de vida e por isso merece total atenção quanto à aplicação de medidas que visam minimizar tais danos.

São descritas abaixo, algumas soluções sustentáveis que podem ser incorporadas em projetos arquitetônicos e na execução da obra, indicando quando pertinentes, os profissionais e fornecedores específicos a cada serviço:

- a)- Especificação de materiais ecologicamente corretos, certificados e recicláveis;
- b)- Especificação de equipamentos com o menor consumo e melhor eficiência energética;
- c)- Projeto e execução de paisagismo para pequenos e grandes espaços;
- d)- Otimização da iluminação natural;
- e)- Otimização da ventilação natural;
- f)- Otimização do conforto térmico e acústico;
- g)- Automação para controle da iluminação artificial;
- h)- Gerenciamento dos resíduos gerados em obra;
- i)- Respeito às normas técnicas e leis vigentes.

5- CONCLUSÃO

Pode-se dizer que todo projeto é um processo formador de análise e síntese, de tentativa e erro, de testar possibilidades, aproveitando conceitos e oportunidades. No processo de se explorar uma idéia e investigar seu potencial, é essencial que se compreenda a natureza e a estrutura fundamental do conceito.

Todos os estudos deste, se traduz na elaboração de um conceito de habitação, partindo da premissa de desenvolver, através da coordenação modular, um intercâmbio entre projetistas, fabricantes, construtores e até mesmo os compradores, através de um tratamento modular uniforme das dimensões, podendo em conjunto, mensurar a concepção da moradia em todos os aspectos, fazendo com que se tenha melhor visão de toda a sistematização, trazendo vantagens econômicas para o fornecedor e o comprador.

Estabelecida essa conexão entre quem projeta, produz, constrói e compra, fica mais fácil intervir na construção depois de pronta (caso de ampliações e reformas). Isso por que todos esses profissionais tratariam as medidas de maneira uniforme, sendo mais fácil fazer a substituição de componentes construtivos (reformas) ou incorporar novos (ampliações), já que suas dimensões estariam modularmente coordenadas e de fácil entendimento.

Se o sistema organizador de um modelo prototípico é percebido e compreendido, o conceito original do projeto, no caso o tema proposto, Sistema Construtivo Modular, pôde, através de uma série de permutações, ser esclarecido, fortalecido e desenvolvido, embasado em paralelo com o estudo de obras análogas, como também, trocas de informações e experiências com profissionais do ramo.

Para o desenvolvimento deste, tornou-se necessário obter uma reunião ordenada do que se pretende empreender, com detalhes suficientes para permitir o produto que se almeja em detrimento às obras análogas estudadas, materiais afins aplicados e satisfatória conclusão do mesmo.

Para se fazer cumprir etapas projetuais, é necessária a análise da planta topográfica do terreno, seu entorno, acessos e adjacências, com dados pertinentes para melhor visualização e mensuração espacial do futuro projeto, tais como, curvas de nível, orientação, insolação, suprimento de água e luz, entre outros, para assim, analisar a melhor intervenção e a passível implantação da edificação modular ao terreno, assegurando uma melhor adequação da obra quanto sua funcionalidade e identidade para com o meio.

O tema deste, Sistema Construtivo Modular, é abordado de forma conceitual, como estudo de caso, sendo, portanto, passível de um maior enfoque e detalhamento em momento extraclasse, devido ao pouco tempo, e também, por se tratar de um empreendimento de maior complexidade projetual, este, com grande número de pranchas, detalhamentos e anotações correlatas, com concomitante cálculo estrutural.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Para fundamentar pesquisas sobre construções pré-fabricadas de concreto e afins, algumas bases didáticas foram pertinentes ao embasamento do estudo, livros específicos ao tema, sendo os principais, o Manual Munte de projetos em pré-fabricados de Concreto e Manual Técnico de Fabricados de Concreto, entre outros, como também, consultas às empresas do ramo por seus sites e mesmo visita *in-loco* a empresa *Precon*.

6.1- Livros

- 1- ABCI, **Associação Brasileira da Construção Industrializada**, São Paulo, ABCI. 1986.
- 2- ABCI, Eduardo Henrique. **Manual Técnico de Pré-fabricados de Concreto**, SP, ABCI, 1986
- 3- CHING, Francis D.K. **Arquitetura-Forma, Espaço e Ordem**. São Paulo: Martins Fontes, 2002
- 4- CHING, Francis D.K. **Dicionário Visual de arquitetura**. São Paulo, Martins Fontes, 2003
- 5- EMRICH, Eng. Carlos. **Manual Munte de projeto pré-fabricados de concreto**, SP, Pini, 2007
- 6- KUMARMEHTA, **Reducing the Environmental Impact of Concrete Concrete International**, ACI, v.23, n. 10, Oct. 2001. p.61-66
- 7- MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M.; DAL MOLIN, D.C.C. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. 1.ed. São Paulo: Pini, 1994.
- 8- MELB COKS, **Dicionário: Língua Portuguesa**, SP, 1.ed. São Paulo: Melhoramentos, 2006,
- 9- MICHAELIS, **Dicionário: Inglês-Português, Português- Inglês**, SP, 1.ed, São Paulo: Melhoramentos 1989.

6.2- Internet

1- Casas Kurten - Madeira

<http://www.casaskurten.com.br/produtos/19-casas-pre-fabricadas/48-casa-parana-colonial-ii-cod-48>

2- Capremol - Painéis pré-moldados maciços

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

3- Cohab - Alvenaria

<http://www.cohab.mg.gov.br/n/show.php?idnoticia=96>

4- Diamond House - Madeira

http://www.casaprefabricada.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=79:chale&catid=14:projetos&Itemid=130

5- Precon - Blocos de concreto autoclavado
www.precon.com.br

6- Prefeitura de Belo Horizonte - Alvenaria

http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPic=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=regulacaourbana&tax=18499&lang=pt_BR&pg=5570&taxp=0&

http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPic=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=regulacaourbana&tax=18499&lang=pt_BR&pg=5570&taxp=0&

Manual PBH:

http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPic=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=regulacaourbana&tax=25380&lang=pt_BR&pg=5570&taxp=0&

7- R4 Tecnologia Aplicada - Painéis pré-fabricados alveolares

<http://www.r4tecno.com.br/pre.fabricados/casa.alveolar/>

8- Sinduscon-SP - Déficit Moradias - (Figs 12 e 13)

<http://www.sindusconsp.com.br/downloads/economia/estudossetoriais/deficit2007.pdf>

9- Sustentabilidade

1- <http://www.metalica.com.br/o-que-e-sustentabilidade>

2- <http://www.metalica.com.br/energia-a-abundancia-solar>

3- <http://www.metalica.com.br/como-fazer-captacao-de-agua-de-chuva>

4- <http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/filtrochuva01.jpg>

5- Fonte: www.construindominhacasa.com

6- <http://pt.scribd.com/doc/18699879/Reflexoes-Sobre-a-Contribuicao-Do-Concreto-Para-a-Sustentabilidade>

10- Usiminas (Usiteto) - Estruturas Metálicas

<http://papodeobra.blogspot.com.br/2009/02/habitacao-popular-usiteto-usiminas.html> (Com base no site www.metalica.com.br)

http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/diaadia/diadia/arquivos/File/conteudo/veiculos_de_comunicacao/REM/VOL58N2/A06V58N2.PDF

www.usiminas.com.br/Pagina/0,3379,1-79-3166-7098,00.html

Dados tópico 4.9.2- Materiais (Pré-fabricados em Concreto)

1*)- Exemplos de impermeabilizantes para concreto.

<http://www.diprotec.com.br/dicas---impermeabilizantes---massa>

<http://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/concreto-modificado-com-polimero/>

www.vedacit.com.br

www.denverimper.com.br/ etc.

2*)- Adição de borracha de pneu ao concreto

<http://www.youtube.com/watch?v=BKb1pUZKXhg> (1:50)

3*)- Sistema análogo de coberturas em painéis pré-fabricados

<http://www.youtube.com/watch?v=e2xKSEFzyNA&feature=related> (4:20)

4*)- Paredes e Lajes com Alvéolos internos (exemplo processo de extrusão transporte e montagem).

<http://www.youtube.com/watch?v=yTnxAVc410Y> (Todo o vídeo).

5*)- Modelo Construtivo da Construtora INPAR

<http://www.youtube.com/watch?v=debOQmbqN-o&feature=related>

(0:00 a 6:18) (6:34 a 10:03) (11:02 a 12:50) (13:10 a 16:42).

6.3- Glossário

- 1- Espaço de Modulação: O espaço ocupado por um elemento ou componente.
- 2- Déficit Habitacional: é a medida das carências de moradia de uma determinada sociedade. Essas carências não se referem exclusivamente à quantidade de moradias que faltam para abrigar as pessoas, mas também às condições das moradias existentes.
- 3- Malha: É estabelecida em arquitetura mais freqüentemente por um sistema estrutural composto por colunas e vigas, e também, um sistema de dois ou mais conjuntos de linhas paralelas regularmente espaçadas que se entrecruzam. Contêm a capacidade de organizar espaços
- 4- Modulação: Visa coordenar as dimensões das partes de uma edificação, assegurando em paralelo, a flexibilidade de combinação de medidas e facilidade de produção.
- 5- Módulo: Módulo é uma unidade de medida utilizada para padronizar as dimensões de materiais construtivos ou regular as proporções de uma composição arquitetônica.
- 6- Pré-Fabricado: Elemento pré-moldado executado industrialmente, em instalações permanentes de empresa destinada para este fim. produzido em escala industrial.
- 7- Pré-Moldado: Definido como o elemento moldado previamente e fora do local de utilização definitiva na estrutura.
- 8- Quitinete- (do inglês kitchenette, "pequena cozinha") é - no Brasil - um apartamento de pequenas proporções, formado geralmente por apenas dois cômodos: uma sala-quarto-cozinha e um banheiro, sendo ambos com um espaço extremamente reduzido, com tradução referente aos dicionários citados abaixo.

sf (ingl kitchenette) Pequena copa-cozinha, geralmente em apartamento.

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Quitinete>

<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php?lingua=portugues-portugues&palavra=quitinete>
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Quitinete>

a)- MELB COKS, **Dicionário**: Língua Portuguesa, SP, 1.ed. São Paulo: Melhoramentos, 2006,

b)- MICHAELIS, **Dicionário**: Inglês-Português, Português- Inglês, SP, 1.ed, São Paulo: Melhoramentos 1989.

7- ANEXOS

7.1- Embasamento Legal

7.1.1- Legislações Pertinentes

A- Normas de Desempenho

A Norma de Desempenho NBR 15575 trata do desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. A norma estabelece critérios para requisitos gerais e de sistemas estruturais, sistemas de vedações verticais externas, sistemas de coberturas, sistemas de pisos internos e sistemas hidrossanitários.

Atendidos os requisitos, a partir dos critérios estabelecidos na Norma, considera-se que estão satisfeitas as exigências do usuário quanto à segurança estrutural, segurança contra incêndio, segurança no uso e na operação, desempenho térmico, estanqueidade, desempenho acústico, durabilidade e manutenibilidade, desempenho lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, conforto tátil e antropodinâmico, funcionalidade e acessibilidade e adequação ambiental.

A norma estabelece requisitos e critérios de desempenho considerando as exigências do usuário, antes subjetivas, viraram requisitos técnicos, com parâmetros determinados. Por isso, muitos conceitos presentes não são considerados em normas prescritivas, como, por exemplo, a durabilidade dos sistemas, a manutenibilidade da edificação, o conforto tátil e antropodinâmico dos usuários.

B- Lei 7-166/96

A lei 7-166/96, que estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no município, sancionada em 27 de agosto de 1996, constitui um pacto da sociedade belo-horizontina visando a garantia da função social da propriedade urbana e da cidade.

A sua elaboração foi iniciada no Executivo Municipal, que após 18 meses de trabalho apresentou à sociedade os documentos Plano Diretor de Belo Horizonte - Lei de Uso e Ocupação do Solo: Estudos Básicos e a Minuta dos Projetos de Lei.

Durante mais de nove meses as propostas foram discutidas em diversas instâncias em todo o município: assembléias populares regionais, reuniões com moradores, por agrupamento de bairros, seminários em várias entidades representativas de segmentos da sociedade civil (sindicatos empresariais e de trabalhadores, entidades de profissionais liberais, universidades, entre outros).

Destaca-se a constituição da Comissão Consultiva do Plano Diretor e da Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo, formada por representantes de entidades populares, empresariais, técnicas e religiosas, além dos poderes Executivo e Legislativo, a qual, durante vinte e duas reuniões realizadas no período de cinco meses, trouxe valiosas contribuições que resultaram em importantes alterações na proposta inicial do Executivo.

Finalmente, na Câmara Municipal, após 17 Audiências Públicas, a Comissão Extraordinária alterou e enriqueceu os Projetos de Lei a ela enviados.

C- Lei 8137 (alterou e atualizou a lei 7-166/96)

Em 21 de Dezembro de 2000, foi publicada a Lei 8137 que aprovou alterações na Lei 7166 de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo do Município de Belo Horizonte, sancionadas e publicadas em 1996.

As mudanças aprovadas vêm ao encontro das necessidades da sociedade e da cidade, em se adaptarem à dinâmica urbana e as conseqüências deste crescimento.

Dentre as várias modificações aprovadas, destacamos alterações em alguns Zoneamentos e na Hierarquização do Sistema Viário. A inclusão de novos Zoneamentos e algumas Áreas de Diretrizes Especiais-ADEs, também foi aprovada. Já outros Zoneamentos foram redefinidos e redesenhados.

D- Corpo De Bombeiros Militar Minas Gerais Comando Geral (PORTARIA N° 002, DE 28 MARÇO DE 2005)

Estabelece parâmetros normativos para a apresentação de Projetos de Segurança Contra Incêndio e Pânico, análise, aprovação de projetos e vistorias de fiscalização nas edificações destinadas ao uso coletivo no município de Belo Horizonte, no período de 21 de março a 01 de Julho de 2005.

O CORONEL BM COMANDANTE-GERAL DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS, no uso de suas atribuições legais e na forma do Inciso II do artigo 142 da Constituição Estadual, da Lei Complementar n° 54/99 e da Lei n° 14.130, de 19 de dezembro de 2001, considerando:

- a) A publicação do Diário Oficial do Município de Belo Horizonte, do Decreto N° 1 1.998 de 21 de Março de 2005, revogando os Decretos Municipais: 2912 de 03 de Agosto de 1976, 3184 de 29 de Dezembro de 1977, 6942 de 22 de Agosto de 1991, 11699 de 03 de Maio de 2004;
- b) Que o Serviço de Segurança Contra Incêndio e Pânico do CBMMG até a presente data utilizava esta legislação como parâmetro para análise e aprovação de projetos e vistoria de fiscalização no Município de Belo Horizonte;
- c) Que o Decreto 43.805 de 17 de Maio de 2004 que dispõe sobre a prevenção contra incêndio e pânico no Estado de Minas Gerais produzirá seus efeitos a partir de 02 de Julho de 2005.

E- Residências Unifamiliares (DECRETO 9615 DE 26 DE JUNHO DE 1998)

Art.1º- O projeto arquitetônico de residência unifamiliar será aprovado e terá seu Alvará de Construção emitido, mediante exame simplificado pela Prefeitura.

§1º- A Aprovação dar-se-á mediante apresentação de requerimento específico, devidamente preenchido e assinado, acompanhado dos demais documentos já exigidos na legislação vigente.

§ 2º- No requerimento específico serão indicados todos os dados do imóvel e da edificação referentes aos parâmetros urbanísticos previstos na Lei 7166/96 que serão conferidos e analisados.

Art.2º- As informações constantes no requerimento específico, o projeto arquitetônico apresentado e a observância do previsto na legislação vigente são da total responsabilidade do autor do projeto.

Art.3º- Os projetos aprovados, conforme procedimentos estabelecidos nos artigos anteriores, ficam sujeitos à verificação pelo Executivo, segundo critérios amostras a serem fixados pela SMAU.

§ 1º- Caso se constate alguma irregularidade no projeto em relação à legislação vigente, o Alvará de Construção será anulado e o autor do projeto, juntamente com o proprietário, serão notificados.

§ 2º- No caso de irregularidade no projeto arquitetônico, o autor do projeto estará sujeito às penalidades previstas, especialmente, nos artigos 7 e 8 do Decreto-Lei 84, de 22 de dezembro de 1940, e no capítulo VII da Lei 7166/96.

Art.4º- A vistoria para concessão de Baixa das edificações destinadas a residências unifamiliares poderá ser feita conforme roteiro simplificado, s ser estabelecido pela SMAU.

Art.5º- Este Decreto está em vigor desde o dia 1.º de julho de 1998, revogadas as disposições em contrário.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (1990).

Manual técnico de alvenaria. São Paulo, ABCI/Projeto.

NBR 5706- (77)- Norma brasileira da coordenação modular da construção. RJ.

NBR 6118- (78)- Projeto e execução de obras de concreto armado. RJ. Rev.2000.

NBR 9062- (85)- Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. SP.

ABNT- ABCI- As histórias dos pré-fabricados e sua evolução no Brasil, São Paulo, (80).

7.1.2- Normas

A norma NBR 15873/2010 Coordenação modular para edificações, substitui e sintetiza as descritas abaixo:

NBR-5709- Multimódulos, 1982. 1p.

NBR-5725- Ajustes modulares e tolerâncias. 1982, 4p.

NBR-5726- Série modular de medidas. 1982, 3p.

NBR-5731- Coordenação modular da construção: terminologia, 1982, 4p.

NBR-5730- Símbolos gráficos empregados na coordenação modular da construção, 1982. 3p.

NBR-5729- Princípios fundamentais para elaboração de projetos coordenados modularmente, 1982. 3p.

NBR-5706- Coordenação modular da construção: procedimento, 1977. 4p.

NBR-5707- Posição dos componentes da construção em relação à quadrícula modular de referência, 1982. 3p.

Segue abaixo, uma pesquisa de normatização e seleção das Normas específicas de acordo com o tema, sendo que algumas apenas algumas deste serão utilizadas e as demais normas terão sua pertinência em um estudo mais abrangente posteriormente, listadas por fazerem parte de todo o contexto do projeto.

7.1.2.1- ACESSIBILIDADE

NBR 9050- Acessibilidade de pessoas portadoras de deficiências a edificações, mobiliário e equipamentos urbanos.

7.1.2.2- ACÚSTICA

NBR 10152- Níveis de ruído para conforto acústico.

NBR 12179- Tratamento acústico em recintos fechados – procedimento.

7.1.2.3- AR CONDICIONADO

NBR 6675- (93)- Instalação de condicionadores de ar de uso doméstico (tipo monobloco ou modular).

7.1.2.4- ARGAMASSA

NBR 9779- (95)- Argamassa e concreto endurecido - Determinação da absorção de água por capilaridade.

NBR 11173- Projeto e Execução de Argamassa Armada.

NBR 11801- (92)- Argamassa de alta resistência mecânica para pisos.

NBR 13276- (05)- Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência.

NBR 13281- (05)- Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos.

7.1.2.5- ARGAMASSA - ASSENTAMENTO

NBR 14081- (04)- Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Requisitos.

7.1.2.6- ARGAMASSA - REVESTIMENTO

NBR 7200- (98)- Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento.

NBR 13528- (95)- Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração.

7.1.2.7- AZULEJO / CERÂMICA

NBR 5716- (82)- Componentes de cerâmica, de concreto ou de outro material utilizado em lajes mistas na construção coordenada modularmente.

NBR 8214- (83)- Assentamento de azulejos.

NBR 13753- (96)- Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento.

NBR 13754- (96)- Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento.

NBR 13755- (96)- Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento.

NBR 13816- (97)- Placas cerâmicas para revestimento – Terminologia.

NBR13817- (97)- Placas cerâmicas para revestimento – Classificação.

NBR 13818- (97)- Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaios.

7.1.2.8- CAIXILHOS

NBR 6485- Caixilho para edificações – janela, fachada – cortina e porta externa – verificação de penetração de ar.

NBR 6486- Caixilho para edificações – janela, fachada – cortina e porta externa – verificação de estanqueidade à água.

NBR 10820- (TB 354) Caixilho para edificação – janela – terminologia.

NBR 10821- Caixilho para edificação – janelas.

NBR 10831- (NB 1220) Projeto e utilização de caixilhos para edificações de uso residencial e comercial – janelas.

7.1.2.9- ELÉTRICA

NBR 5354- Requisitos gerais para material de instalações elétricas.

NBR 5382- Verificação de iluminância de interiores.

NBR 5410- Instalações elétricas de baixa tensão.

NBR 5413- Iluminância de Interiores.

NBR 5444- Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais.

NBR 5456- Eletricidade geral – Terminologia.

NBR 5461- Iluminação.

NBR 6150- (80)- Eletroduto de PVC rígido.

NBR 6689- (81)- Requisitos gerais para condutos de instalações elétricas prediais.

NBR 12523- Símbolos gráficos de equipamentos de manobra e controle e de dispositivos proteção.

7.1.2.10- ESTRUTURA

NBR 6118- Projeto de estruturas de concreto – procedimento.

NBR 6120- (80)- Cargas para o cálculo de estruturas de edificações - (Errata 04/2000).

NBR 8953- Concreto para fins estruturais – classificação por grupos de resistência.

7.1.2.11- ESTRUTURA – CONCRETO

NBR 7211- (05)- Agregados para concreto - Especificação - (Errata 29/07/2005)

NBR 7212- (84)- Execução de concreto dosado em central.

NBR 9062- Projeto e execução de Estruturas de concreto Pré-moldado.

NBR 9607- (86)- Prova de carga em estruturas de concreto armado e protendido.

NBR 9935- (05)- Agregados – Terminologia.

NBR 11768- (92)- Aditivos para concreto de cimento Portland.

NBR 12317- (92)- Verificação de desempenho de aditivos para concreto.

NBR 12654- (92)- Controle tecnológico de materiais componentes do concreto – (Errata 03/00).

NBR 12655- (06)- Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento. (ATUALIZADA).

NBR 14931- Execução de estruturas de concreto – procedimento.

NBR 15305- Produtos pré-fabricados de materiais cimentícios reforçados com fibra de vidro – Procedimentos para o controle da fabricação.

7.1.2.12- FUNDAÇÃO

NBR 6122- Projeto e execução de fundações.

NBR 9061- (85)- Segurança de escavação a céu aberto.

NBR 11682- (91)- Estabilidade de taludes.

7.1.2.13- FUNDAÇÃO – SOLO

NBR 5681- (80)- Controle tecnológico da execução de aterros em obras de edificações.

NBR 6497- Levantamento geotécnico.

NBR 7182- (86)- Solo - Ensaio de compactação.

NBR 8044- Projeto geotécnico – procedimento.

7.1.2.14- GÁS

NBR 13103- (06)- Instalação de aparelhos a gás para uso residencial - Requisitos dos ambientes.

NBR 14177- (98)- Tubo flexível metálico para instalações domésticas de gás combustível.

7.1.2.15- GESSO

NBR 12775- Placas lisas de gesso para forro - Determinação dimensões e propriedades físicas.

NBR 13207- Gesso para construção civil.

NBR 13867- Revestimento interno de paredes e tetos com pastas de gesso – materiais, preparo, aplicação e acabamento.

7.1.2.16- GESSO ACARTONADO

NBR 14715- (01)- Chapas de gesso acartonado – Requisitos.

NBR 14716- (01)- Chapas de gesso acartonado - Verificação das características geométricas.

NBR 14717- (01)- Chapas de gesso acartonado - Determinação das características físicas.

NBR 15217- (05)- Perfis de aço para sistemas de gesso acartonado – Requisitos.

7.1.2.17- HIDRÁULICA

NBR 6493- Emprego de cores para identificação de tubulações.

NBR 12266- (92)- Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana.

7.1.2.18- HIDRÁULICA – AF

NBR 5626- Instalação predial de água fria.

NBR 5648- (99)- Sistemas prediais de água fria - Tubos e conexões PVC 6,3, PN 750 kPa, junta soldável – Requisitos.

NBR 5680- Dimensões de tubos de PVC rígido.

NBR 14301- (99)- Sistemas de ramais prediais de água - Tubos de polietileno PE – Determinação das dimensões.

7.1.2.19- HIDRÁULICA – AP

NBR 10844- Instalações prediais de águas pluviais – procedimento.

NBR 5688- (99)- Sistemas prediais de água pluvial, esgoto sanitário e ventilação - Tubos e conexões PVC, tipo DN – Requisitos.

7.1.2.20- HIDRÁULICA - AQ

NBR 7198- (93)- Projeto e execução de instalações prediais de água quente.

NBR 15345- (06)- Instalação predial de tubos e conexões de cobre e ligas de cobre – Procedimento.

7.1.2.21- HIDRÁULICA - CERÂMICO

NBR 15098- (04)- Aparelhos sanitários de material cerâmico - Procedimento instalação.

7.1.2.22- HIDRÁULICA - ESGOTO

NBR 7229- (93)- Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.

NBR 7367- Projeto e assentamento de tubulações de PVC rígido para sistemas de esgoto sanitário – procedimento.

NBR 8160- Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução.

NBR 9814- Execução de rede coletora de esgoto sanitário – procedimento.

NBR 14486- Sistemas enterrados para condução de esgoto sanitário – projeto de redes coletoras com tubos de PVC.

7.1.2.23- IMPERMEABILIZAÇÃO

NBR 9574- Execução de impermeabilização.

NBR 9575- Projeto de impermeabilização.

NBR 9690- Mantas e polímeros para impermeabilização.

7.1.2.24- INCORPORAÇÃO

NBR 5670- (77)- Seleção e contratação de serviços e obras de engenharia e arquitetura de natureza privada.

NBR 5671- (90)- Participação dos intervenientes em serviços e obras de engenharia e arquitetura.

NBR 5675- (80)- Recebimento de serviços e obras de engenharia e arquitetura.

NBR 12721- (06)- Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios edilícios – Procedimento.

NBR 12722- (92)- Discriminação de serviços para construção de edifícios.

NBR 14645-3- (05)- Elaboração do "como construído" (as built) para edificações
Parte 3: Locação topográfica e controle dimensional da obra – Procedimento.

7.1.2.25- LAJES PRÉ-FABRICADAS

NBR 14859-1- Laje pré-fabricada – requisitos – parte 1: lajes unidirecionais.

NBR 14859-2- Laje pré-fabricada – requisitos – parte 1: lajes bidirecionais.

NBR 14860-1- Laje pré-fabricada – pré-laje - requisitos – parte 1: lajes unidirecionais.

NBR 14860-2- Laje pré-fabricada – pré-laje - requisitos – parte 1: lajes bidirecionais.

NBR 14861- Laje pré-fabricada – painel alveolar de concreto protendido – requisitos.

7.1.2.26- MANUTENÇÃO

NBR 5674- (99)- Manutenção de edificações Procedimento.

NBR 14037- (98)- Manual de operação, uso e manutenção das edificações - Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação.

7.1.2.27- PINTURA

NBR 5839- Coleta de amostras de tintas e vernizes.

NBR 12311- (92)- Segurança no trabalho de pintura.

NBR 12554- Tintas para edificações não industriais – terminologia.

NBR 13245- (95)- Execução de pinturas em edificações não industriais.

NBR 15079- Tintas para a construção civil - especificação dos requisitos mínimos de desempenho tintas de edificações não industriais – tinta látex econômica cores claras.

NBR 15311- (05)- Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações .

7.1.2.28- PISO

NBR 7686- (83)- Revestimentos têxteis de piso.

NBR 7206- Placas de mármore natural para revestimento de pisos – Padronização.

NBR 12260- (90)- Execução de piso com argamassa de alta resistência mecânica.

NBR 14833-2 (03)- Revestimento de pisos laminados melamínicos de alta resistência –
Parte 2: Procedimentos para aplicação e manutenção.

7.1.2.29- PORTA

NBR 8037- (83)- Porta de madeira de edificação.

NBR 8052- Porta de madeira de edificações – Dimensões – Padronização.

NBR 8542- (86)- Desempenho de porta de madeira de edificação.

7.1.2.30- PROJETOS

NBR 6492- Representação de projetos de arquitetura.

NBR 7808- Símbolos gráficos para projetos estruturais.

NBR 10067- Princípios gerais de representação em desenho técnico – procedimento.

NBR 13531- Elaboração de projetos de edificações – atividades técnicas.

NBR 13532- Elaboração de projetos de edificações – arquitetura.

7.1.2.31- SEGURANÇA

NBR 6135- (92)- Chuveiros automáticos para extinção de incêndio Especificação.

NBR 7195- Cores para segurança.

NBR 8681- Ações e segurança nas estruturas – procedimento.

NBR 9441- (98)-Execução de sistemas de detecção e alarme de incêndio.Procedimento.

NBR 10898- Sistema de Iluminação de emergência.

NBR 11836- Detectores de automáticos de fumaça para proteção contra incêndio.

NBR 12693- Sistemas de proteção por extintores de incêndio – procedimento.

NBR 13768- (97)- Acessórios destinados à porta corta-fogo para saída de emergência – Requisitos.

NBR 13792- Proteção contra incêndio por sistema de chuveiros automáticos para áreas de armazenamento em geral – procedimento.

NBR 13848- Acionador manual para utilização em sistemas de detecção e alarme de incêndio.

NBR 14100- Proteção contra incêndio - símbolos gráficos para projetos.

NBR 14432- Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações

7.1.2.32- TELEFONIA

NBR 13300- Redes telefônicas internas em prédios.

NBR 13301- Redes telefônicas internas em prédios.

NBR 13726- Redes telefônicas internas em prédios - Tubulação entrada telefônica – projeto.

NBR 13727- Redes telefônicas internas em prédios - Plantas / partes componentes de projeto de tubulação telefônica.

NBR 13822- (97)- Redes telefônicas em edificações com até cinco pontos telefônicos – Projeto.

7.1.2.33- TOPOGRAFIA

NBR 13133- (94)- Execução de levantamento topográfico.

7.1.2.34- VIDRO

NBR 7199- Projeto, execução e aplicação de vidros na construção civil.