

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
CECC - CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL  
ESCOLA DE ENGENHARIA

**CONCEPÇÃO ARQUITETÔNICA CONDICIONADA AO SISTEMA  
CONSTRUTIVO EM PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO**

---

**MONOGRAFIA**

Autor: Edgardo Moreira Neto

Orientador: Prof. Aldo Giuntini de Magalhães

Janeiro 2013

Edgardo Moreira Neto

**CONCEPÇÃO ARQUITETÔNICA CONDICIONADA AO SISTEMA  
CONSTRUTIVO EM PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO**

---

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em  
Construção Civil da Escola de Engenharia da  
Universidade Federal de Minas Gerais em 2012

Orientador Professor Aldo Giuntini de Magalhães

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

Janeiro 2013

À minha família pelo apoio incondicional. Aos mestres da Escola de Arquitetura e da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais pelos preciosos conhecimentos transmitidos. Ao Departamento de Planejamento Físico e Projetos pelo trabalho desempenhado com tanto profissionalismo e dedicação nos serviços prestados à Universidade e à arquitetura.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVO.....	12
3	METODOLOGIA.....	13
4	BASES HISTÓRICAS.....	14
4.1	O Concreto.....	14
4.2	Ideias de uma Industrialização na Arquitetura.....	15
4.3	O Sistema como Solução Tecnológica cara a Construção Civil.....	19
4.4	Evolução Histórica do Sistema Construtivo em Pré-Fabricado.....	20
4.5	O Sistema Pré-fabricado no Brasil.....	21
5	O SISTEMA PRÉ-FABRICADO.....	26
5.1	O Modelo de um Sistema Padrão.....	26
6	MODULAÇÃO E COORDENAÇÃO MODULAR.....	30
6.1	Módulo e Modulação.....	30
6.2	COORDENAÇÃO MODULAR.....	30
6.2.1	Tipos de Medidas e Espaços Modulares.....	32
6.3	Diferença Coordenação Modular e Coordenação de Medidas.....	32
7	FLEXIBILIDADE ARQUITETURA.....	34
7.1	Estrutura Aberta – Teoria Dos Suportes.....	34
7.2	Flexibilidade Pequeno Exemplo Teórico.....	34
7.3	Flexibilidade Aplicada.....	38
8	O PROJETO EM ARQUITETURA.....	41
8.1	A Arquitetura como Forma Profissional.....	44

9	ESTUDO DE CASO .....	47
10	CONCLUSÕES.....	55
11	BIBLIOGRAFIA.....	57

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - O conjunto de Weissenhof (1927), Alemanha. Retirado de <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/resenhasonline/10.117/4025>. Janeiro 2013.16

Figura 2 – Casa Unifamiliar de Walter Gropius, Waissenhof (Alemanha, 1927). Em planta observa-se a malha da modulação, rebatida nas fachadas indicando que a malha reflete nas três dimensões. Observa-se também as linhas simples que conformam as fachadas, indicando a simplificação das soluções (característica do Estilo Internacional do Modernismo).Imagem editada a partir de [http://www.archweb.it/dwg/arch\\_arredi\\_famosi/Gropius/unifamiliare\\_Weissenhof/casa\\_unif\\_weissenhof.htm](http://www.archweb.it/dwg/arch_arredi_famosi/Gropius/unifamiliare_Weissenhof/casa_unif_weissenhof.htm). Visitado em Janeiro de 2013. .... 17

Figura 3 - Casa Dom-ino (1914) – Le Corbusier. Primeiro modelo do sistema de planta e fachada completamente livres das estruturas, possibilita a livre divisão interna e a composição das fachadas de forma independente. Retirado de <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=875614> ,Janeiro 2013..... 18

Figura 4 - Edificações de 1928. A esquerda a Villa Savoy de Le Corbusier, construída na França. A direita o Banco do Comércio, construída em Belo Horizonte. A comparação entre as fotos demonstra o salto tecnológico e da tipologia arquitetônica provocada pelos estudos das vanguardas do século XX. Fotos editadas de [http://bhnostalgia.blogspot.com.br/2010\\_08\\_01\\_archive.html](http://bhnostalgia.blogspot.com.br/2010_08_01_archive.html) e <http://breakitdownagainn.blogspot.com.br/2010/03/villa-savoie.html>. Visitados em janeiro de 2013. .... 18

Figura 5 – Resumo diagramático da experiência holandesa na utilização da tecnologia pré-fabricada de forma industrial utilizada para a evolução da arquitetura: coordenação modular. (imagem do autor) ..... 20

Figura 6 – Hipódromo da Gávea - Rio de Janeiro (1962). Primeira grande obra a utilizar peças pré-moldadas de concreto no Brasil. Retirado de <http://007bondesportes.blogspot.com.br/2011/08/gp-brasil-2011-no-hipodromo-da-gavea-o.html>, visitado em janeiro de 2013. .... 22

Figura 7 – Foto de um galpão industrial da Construtora Mauá. Retirado de VASCONCELLOS, 2002..... 22

Figura 8 – Fabricação das peças de concreto dos galpões Mauá. Retirado de VASCONCELLOS, 2002.....	23
Figura 9 - Maquete do conjunto da moradia estudantil da USP – CRUSP. Conjunto de doze edifícios. Retirado <a href="http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?pid=S1984-45062009000100005&amp;script=sci_arttext">http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?pid=S1984-45062009000100005&amp;script=sci_arttext</a> visitado em janeiro 2013.....	24
Figura 10 – Foto aproximada do CRUSP. Retirado de <a href="http://crusp68.wordpress.com/tag/crusp/">http://crusp68.wordpress.com/tag/crusp/</a> , jan. 2013.....	24
Figura 11 - Imagem típica de uma laje alveolar de concreto pré-fabricado sendo içada para o local de aplicação final em um edifício de múltiplos pavimentos. Retirado de <a href="http://www.premodisa.com.br/produtos/lajes">http://www.premodisa.com.br/produtos/lajes</a> , visitado em janeiro de 2013.....	27
Figura 12 – Sequencia de pilares pré fabricados locados na posição de receber as vigas de travamento e as lajes. Retirado de <a href="http://www.premodisa.com.br/produtos/lajes">http://www.premodisa.com.br/produtos/lajes</a> , visitado em janeiro de 2013.....	28
Figura 13 – Exemplo de apoio de viga em pilar. À esquerda apresenta-se a viga, de seção quadrada, com o apoio de mísula tipo dente gerber. Neste caso o arremate resultante é regular, permitindo uma maior racionalização no requadro de vedação que poderá ser instalado posteriormente. À direita a viga, de seção ‘I’, a mísula do tipo trapezoidal. Retirado de <a href="http://www.premodisa.com.br/produtos/lajes">http://www.premodisa.com.br/produtos/lajes</a> , visitado em janeiro de 2013.....	28
Figura 14 - Quadro Comparativo sobre os setores de fornecedores que praticam os produtos em linha com a Coordenação Modular. Retirado da apresentação sobre a revisão da norma de Coordenação Modeular. Disponível em <a href="http://www.abcic.org.br/Palestras_2010">http://www.abcic.org.br/Palestras_2010</a> . Visitado em janeiro 2013. ....	33
Figura 15 – Flexibilidade de Arranjo espacial. Sala com planta livre quadrada com acesso central único com porta de folha dupla. Imagem do autor.....	35
Figura 16 – Sem Flexibilidade de Arranjo espacial. Sala com planta quadrada, dividida pelo meio por uma parede estrutural aberta por um vão de porta sequenciada com a porta de acesso principal da sala. Imagem do autor.....	36

Figura 17 – Flexibilidade de alteração da arquitetura prevista em projeto. Com a retirada de uma divisória simples foi possível acomodar os seis usuários demandados. Imagem do autor.....	37
Figura 18 – Proposta de implantação do Sistema Básico aprovado pelo Conselho Universitário em 1969. Retirado de O sistema básico da UFMG e seus precedentes: infraestrutura, crescimento, superação da função e construção da paisagem, Maciel 2011. ....	39
Figura 19 - Foto em vista geral do recém-implantado Instituto de Ciências Biológicas. Retirado de O sistema básico da UFMG e seus precedentes: infraestrutura, crescimento, superação da função e construção da paisagem, Maciel 2011. ....	40
Figura 20 - Diagrama da Tríade Vitruviana. A tríade é a proposta consolidada dentro da cultura arquitetônica que sintetiza as bases de uma arquitetura. Proposto por Marco Vitruvius Polião em “De Architectura”, 17 a 26a.C. (Imagem do autor).....	41
Figura 21 – Imagem do projeto (modelo virtual) do Anexo do Instituto pertencente à Universidade Federal de Minas Gerais. Retirado do caderno de apresentação do projeto. (Fonte: DPFP, 2012). ....	47
Figura 22 – Imagem da planta do pavimento típico do projeto do Anexo do Instituto pertencente à Universidade Federal de Minas Gerais. O bloco principal concebido em pré-fabricado está contido entre os eixos A-H e 01-02. Os blocos de apoio contêm circulação vertical, sanitários e apoios técnicos. Estes blocos de apoio foram concebidos em concreto com forma deslizante. As passarelas de conexão entre blocos do Anexo e entre o Instituto (existente) em material metálico. Retirado do caderno de apresentação do projeto. (Fonte: DPFP, 2012). ....	49
Figura 23 - Demonstração de como foi pensado o recorte da laje de 125cm. A cada par de lajes foi proposto um recorte de 40cm pelo comprimento que fosse necessário. Dessa forma o par de lajes conjugadas poderia resultar em um shaft de 80cm de largura pelo comprimento necessário. Essa solução permite que a laje continue biapoiada sem a necessidade vigas ou inserts auxiliares. Esta solução também permite que a placa seja protendida mesmo com os recortes feitos. Editado do caderno de apresentação do projeto. (Fonte: DPFP, 2012). ....	51
Figura 24 – Diagrama explodido do Anexo. Posição relativa dos shafts. Retirado do caderno de apresentação do projeto. (Fonte: DPFP, 2012). ....	52

Figura 25 - Exemplo de arquitetura contemporânea onde as instalações (elétricas, lógica, A.C., etc., correm aparentes no teto livre e sem forro. Essa proposta faz, em certa medida, alusão à arquitetura brutalista (1950-60). Projeto de arquitetura Andréa Gonzaga. (Fonte: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-ler.php?cod=559>, janeiro 2013). ..... 53

Figura 26 - Planta de leiaute com a ocupação proposta para um dos pavimentos do bloco Anexo do Instituto da UFMG. Editado do caderno de apresentação do projeto. (Fonte: DPFP, 2012). ..... 54

## **RESUMO**

Esta monografia aborda questões relativas à concepção de projeto de arquitetura condicionada ao sistema construtivo em pré-fabricado de concreto. Dessa forma aborda as premissas conceituais consagradas pela cultura arquitetônica do século XX que balizam os projetos dessa mesma natureza.

Este trabalho foi elaborado a partir da exploração de uma revisão bibliográfica referencial de modo a consolidar as percepções correlatas ao assunto abordado, tratando o tema sob uma pauta evolutiva.

As discussões sobre as interfaces entre a cultura arquitetônica e as soluções construtivas da engenharia civil são necessárias à medida que se busca a complementação entre essas duas esferas de modo a suscitar evoluções constantes.

# 1 INTRODUÇÃO

Desenvolvido como parte necessária à conclusão de curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG, este trabalho partiu da seguinte questão: como deve ser concebido um projeto arquitetônico predial tendo-se definido o tipo de sistema construtivo em concreto pré-fabricado. Neste sentido agregou-se as seguintes questões: quais aspectos do sistema devem ser considerados para favorecer o projeto, quais devem ser considerados para favorecer a obra do edifício e quais devem ser considerados para favorecer o uso e manutenção do edifício. Busca-se, com essas premissas, investigar as boas decisões projetuais, por isso serão discutidos aspectos relevantes e controláveis pelo projeto de arquitetura e seus complementares.

Não serão foco deste trabalho as discussões em torno da decisão do tipo do sistema construtivo adotado. Parte-se do princípio da decisão tomada. Admitindo-se que as vantagens demonstradas e amplamente aceitas sobre o sistema pré-fabricado<sup>1</sup> já foram admitidas como mais favoráveis para o projeto a ser concebido. Cabe comentar também que o foco principal será estudar as decisões arquitetônicas conjugadas à utilização das estruturas pré-fabricadas (vigas, lajes e pilares), deixando para um capítulo complementar as discussões sobre as vedações e demais elementos.

Este tema torna-se um objeto de estudo relevante quando se observa a aparente rigidez imposta pelo sistema construtivo pré-fabricado. Esta aparente rigidez pode levar a questionamentos sobre a qualidade final do objeto arquitetônico. Neste contexto justifica-se este trabalho, e assim, com ele confrontar os aspectos condicionantes do sistema com as demais necessidades inerentes à execução e uso do edifício, que deve ser solucionado pelo projeto.

Assim, este trabalho tenta levantar questões e confrontar decisões projetuais versus necessidades construtivas para um sistema construtivo específico.

---

<sup>1</sup> *As vantagens do sistema construtivo em pré-fabricados amplamente divulgadas são: rapidez de execução, redução de resíduos de obra, aumento do controle de qualidade, entre outros fatores.*

## 2 OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo fazer apontamentos das primeiras condicionantes projetuais na concepção arquitetônica dentro do sistema construtivo em pré-fabricados de concreto.

Buscam-se, com base no conhecimento arquitetônico difundido, as melhores estratégias projetuais e conceituais para dar soluções às demandas impostas. Busca-se também, de alguma maneira, discutir questões que cercam as edificações projetadas em sistema pré-fabricado: as edificações projetadas sob um rígido sistema pré-fabricado pode atender as necessidades de demanda garantindo uma boa qualidade espacial dentro do contexto em que se insere (?); estas edificações podem manter seu caráter individual tendo sido projetado dentro de um sistema padronizado (?) e o sistema padronizado obriga soluções espaciais de menor qualidade (?).

### **3 METODOLOGIA**

Esse trabalho será iniciado por uma revisão bibliográfica focada em temas da concepção de projetos de arquitetura, concepções de edifícios, espacializações; além de consultas à catálogos técnicos sobre o sistema estrutural em concreto pré-fabricado de concreto e normas que tratam do assunto. Busca-se entender as formas mais clássicas aplicadas nas concepções de arquitetura e a partir delas confrontar com a forma de ser pensar dentro do sistema construtivo tratado neste trabalho.

Serão seguidas as seguintes etapas de estudo:

1. Investigação da bibliografia de referência;
2. Entendimento da forma de se projetar em arquitetura;
3. Entendimento das condicionantes do sistema construtivo em pré-fabricados;
4. Investigação de um estudo de caso – Bloco Anexo de um Instituto da UFMG;
5. Proposta introdutória para os rumos a serem considerados para metodologia na concepção de arquitetura focada.

Será pinçado dentro das tradicionais bases conceituais arquitetônicas, tendo em conta os conhecimentos técnicos da engenharia do sistema construtivo em pré-fabricados, as mais adequadas propostas arquitetônicas que cabem ao modo de construir do sistema tratado.

## **4 BASES HISTÓRICAS**

Para traçar a evolução histórica do sistema construtivo em pré-fabricado de concreto é necessário estabelecer uma ordem de análise, que estrutura o raciocínio e permite uma maior objetividade de análise. Dessa forma apresenta-se a seguinte ordem estruturadora para esse capítulo:

1. Advento do material base do sistema – o concreto;
2. Ideias de uma industrialização na Arquitetura
3. O sistema como solução tecnológica para a construção;
4. Evolução do sistema construtivo.

Inicialmente trata-se de localizar historicamente o advento do material – concreto – que é a base construtiva do sistema (1). A partir disso cabe o entendimento das aplicações e a seu natural desenvolvimento, nesse sentido é necessário observar as primeiras ideias arquitetônicas que levam a aplicação do concreto para um âmbito industrial, tanto na forma de produzi-lo quanto forma de ser aplicá-lo (2). Em seguida cabe localizar em qual período o sistema se estabelece como solução construtiva, neste sentido ajuda a entender em qual contexto o sistema cabe ser aplicado, inclusive nos dias atuais (3). Por fim, como reflexo do item anterior, pode-se entender como a evolução tecnológica do sistema, tanto em seu aspecto técnico quanto em seu aspecto mercadológico atinge o contexto atual da construção civil.

A seguir serão apresentadas as bases históricas que possibilitam compreender o quadro geral do sistema construtivo em pré-fabricados de concreto, dentro do panorama proposto deste trabalho.

### **4.1 O Concreto**

As evoluções históricas dos materiais da construção civil podem ser traçadas desde a utilização da cal e de materiais pozolânicos usado como aglomerantes nas primeiras construções elaboradas pelo homem até os materiais modernos aplicadas nos nossos atuais edifícios, como os concretos tecnológicos altamente controlados. Neste momento vamos nos ater a história base da evolução do concreto aplicado ao sistema pré-fabricado.

Segundo VASCONCELLOS (2002) não se pode precisar as datas de início de pré-moldagem de concreto. A história do concreto moderno, enquanto material de

construção civil, se mescla com o conceito de pré-moldagem. Neste sentido o concreto é a base (ingrediente) do elemento (peça) pré-moldado.

#### 4.2 Ideias de uma Industrialização na Arquitetura

Durante o período do final do século XIX e início do século XX os mais diversos setores sociais passaram pelas experiências das industrializações. A construção civil se insere neste contexto a partir das primeiras propostas arquitetônicas que vislumbravam a evolução da forma de construir.

A evolução da produção figura, no contexto da industrialização, de forma consagrada pela experiência de gestão da produção automobilística idealizada em 1913 pelo americano Henry Ford (1863-1947). Em 1921 o arquiteto Le Corbusier declara que as casas deveriam ser produzidas em série, assim como as linhas de montagem dos automóveis da FORD (CHEMILLIER, 1980).

Com as ideias iniciais de industrialização já amplamente difundidas na arquitetura daquela época, e não mais passíveis de uma volta ao passado, os arquitetos iniciaram vários estudos a respeito da pré-fabricação e da Coordenação Modular<sup>2</sup>. A padronização dos componentes era necessária, tornava-se cada vez mais difícil trabalhar com os altos custos e os longos períodos de obras (CHEMILLIER, 1980).

O conjunto habitacional de Weissenhof, construído na Alemanha no ano de 1927 foi uma importante vitrine da vanguarda arquitetônica internacional do que mais tarde se tornou conhecido como o Estilo Internacional<sup>3</sup>. O conjunto foi construído para compor a exposição Deutscher Werkbund de e incluiu 21 edifícios e 60 unidades de habitações. O projeto foi composto por 16 arquitetos europeus. O arquiteto alemão Mies Van Der Rohe, no comando do projeto, escolheu os arquitetos participantes, orçando e coordenado suas entradas, preparou o sítio onde se implantou o projeto e também supervisionou a construção. Os edifícios foram compostos de casas geminadas e edifícios de apartamentos. Os projetos têm em comum o tipo das concepções de fachadas, coberturas planas impermeabilizadas usadas como terraços, interiores de planta livre e um alto nível de pré-fabricação que permitiu sua construção em apenas cinco meses.

---

<sup>2</sup> *Coordenação Modular trata de uma forma específica de conceber os projetos em arquitetura.*

<sup>3</sup> *Estilo Internacional ficou consagrado como um dos estilos da Arquitetura Modernista.*

O conjunto foi apresentado como o futuro das soluções para as habitações dos trabalhadores. A simplificação das soluções arquitetônicas, o emprego de um novo sistema de construção mais eficiente devido a alta industrialização justificativa o uso desse nova concepção aplicada a larga escala de habitação que poderia ser reproduzida.



Figura 1 - O conjunto de Weissenhof (1927), Alemanha. Retirado de <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/resenhasonline/10.117/4025>. Janeiro 2013.

Destaca-se as experiências do arquiteto alemão Walter Gropius que além da casa apresentada para o Conjunto de Weissenhof desenvolve em 1932 a “Casa Ampliável”, esta obtinha o crescimento da edificação por adição de alguns corpos volumétricos.

As duas casas eram regidas por uma coordenação modular nas três dimensões, onde as esquadrias, juntas e todos os equipamento fixos eram dimensionados e coordenados de acordo com a malha referência. As duas casas foram projetadas para serem montadas a seco, com componentes pré-fabricados, estrutura metálica e vedação com painéis de cortiça revestido externamente com cimento amianto.

Essas duas casas podem ser destacadas como exemplos da vanguarda arquitetônica em termos tecnológicos sobre os estudos de modulação, pois nelas a escolha do

módulo teve uma precisa justificação técnico-produtiva, buscando-se agilizar e racionalizar as construções.

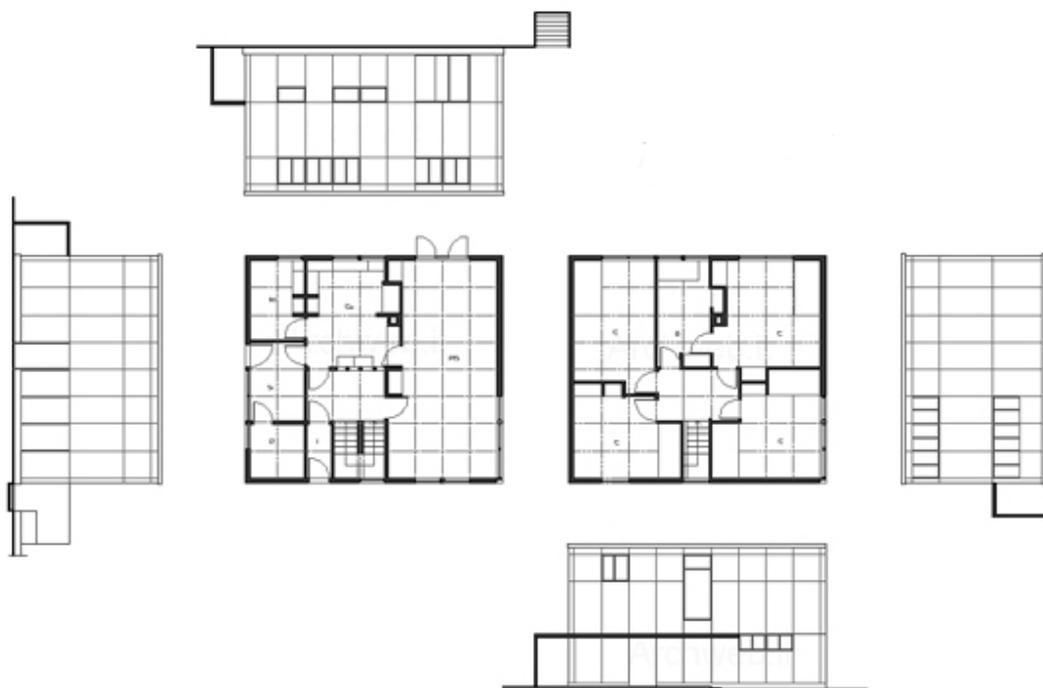


Figura 2 – Casa Unifamiliar de Walter Gropius, Weissenhof (Alemanha, 1927). Em planta observa-se a malha da modulação, rebatida nas fachadas indicando que a malha reflete nas três dimensões. Observa-se também as linhas simples que conformam as fachadas, indicando a simplificação das soluções (característica do Estilo Internacional do Modernismo). Imagem editada a partir de [http://www.archweb.it/dwg/arch\\_arredi\\_famosi/Gropius/unifamiliare\\_Weissenhof/casa\\_unif\\_weissenhof.htm](http://www.archweb.it/dwg/arch_arredi_famosi/Gropius/unifamiliare_Weissenhof/casa_unif_weissenhof.htm). Visitado em Janeiro de 2013.

Outra experiência que deve ser destacada, no contexto deste trabalho, é das ideias introduzidas por Le Corbusier sobre a planta e fachada livres, independente da estrutura, de forma a dissociar elementos portantes de elementos não portantes. De acordo com MACIEL (2011) o sistema concebido na *Casa Dom-Ino* foi o primeiro ensaio completo sobre o conceito de estrutura independente. Esse sistema permite uma independência no raciocínio do processo de projeto entre as decisões do sistema construtivo e das funções que a edificação deverá cumprir. As questões construtivas passam, dentro do sistema proposto, a ser definidas pela racionalização e modulação.

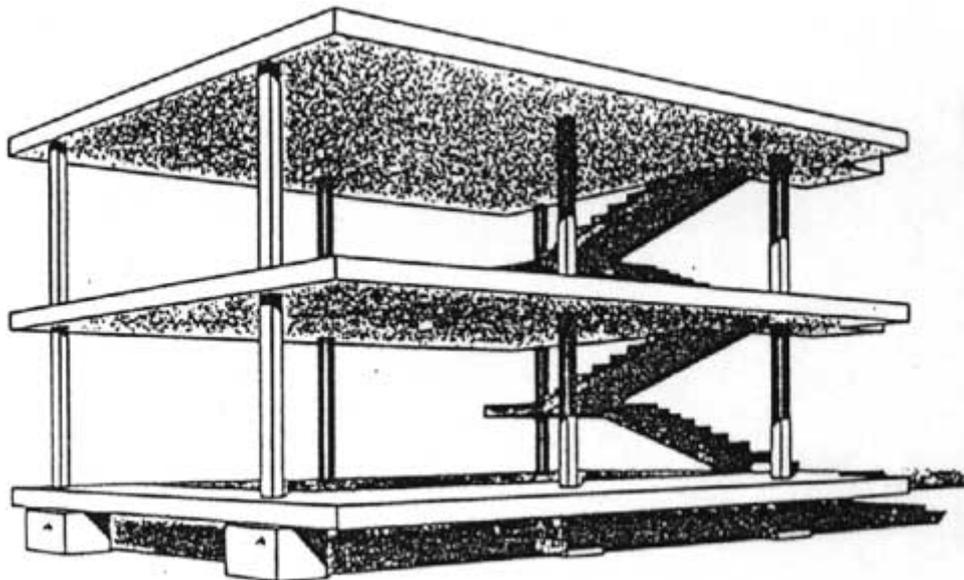


Figura 3 - Casa Dom-ino (1914) – Le Corbusier. Primeiro modelo do sistema de planta e fachada completamente livres das estruturas, possibilita a livre divisão interna e a composição das fachadas de forma independente. Retirado de <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=875614>, Janeiro 2013.

Todas essas experiências são introduções de um pensar arquitetônico que baliza e justifica a forma de se projetar com o sistema de pré-fabricados de concreto. Todo esse movimento provoca uma ruptura importante com relação as formas e princípios de se projetar no início do século XX. A figura abaixo demonstra como duas edificações do mesmo período possuem significativas diferenças na linguagem arquitetônica. A Villa Savoy, sob a régua das inovações arquitetônicas e o Banco do Comércio em Belo Horizonte concebida sob as antigas tradições:

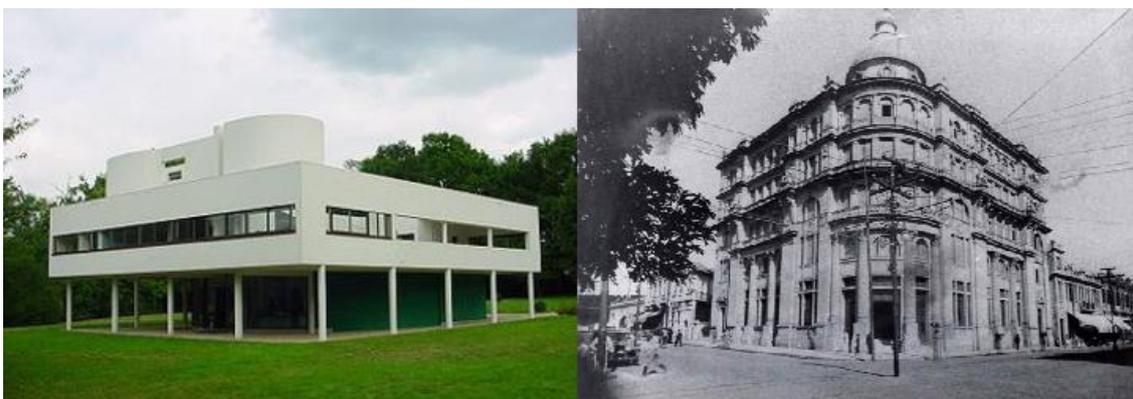


Figura 4 - Edificações de 1928. A esquerda a Villa Savoy de Le Corbusier, construída na França. A direita o Banco do Comércio, construída em Belo Horizonte. A comparação entre as fotos demonstra o salto tecnológico e da tipologia arquitetônica provocada pelos estudos das vanguardas do século XX. Fotos editadas de [http://bhnostalgie.blogspot.com.br/2010\\_08\\_01\\_archive.html](http://bhnostalgie.blogspot.com.br/2010_08_01_archive.html) e <http://breakitdownagainn.blogspot.com.br/2010/03/villa-savoye.html>. Visitados em janeiro de 2013.

#### 4.3 O Sistema como Solução Tecnológica cara a Construção Civil

A instituição do sistema construtivo em pré-fabricados de concreto remete ao quadro social e econômico dos países europeus no pós Segunda Guerra Mundial (1945). A situação de destruição das cidades bombardeadas daqueles países acarretou a necessidade de executar edificações de base, como pontes, escolas, hospitais e principalmente habitações coletivas o que determinou a necessidade de uma estratégia objetiva e racional para se pensar as reconstruções em larga escala.

Cabe observar também que o quadro do déficit habitacional europeu já era anterior à Segunda Guerra. No período entre guerras os governos europeus não objetivaram as construções habitacionais de interesse social, e também desestimulavam os incentivos relativos a essas construções. O governo Frances estimava que o déficit habitacional no período de 1948 era da ordem de dez milhões de unidades. Como resultado os anos entre 1945-1960 caracterizam-se por uma grande demanda na construção civil.

A forma racional do pensamento industrial aplicada à construção civil foi fundamental para os reerguimento daqueles países. Na Inglaterra, nesse período, todos os direitos de edificar eram absolutamente controlados de forma que os recursos gerados eram subsídio para os programas sociais e para as bases de produção no país.

A escassez de mão de obra, a necessidade de racionalizar os materiais e componentes construtivos além da demanda urgente também foram prerrogativas para a utilização do sistema construtivo pré-fabricado que se mostrava, naquele contexto, uma solução bastante satisfatória.

A experiência da Holanda neste cenário levou aos experimentos e propostas concebidos dentro de uma **coordenação modular**, que foi um pensamento importante no encontro entre as esferas da arquitetura, industrialização e a tecnologia da pré-fabricação. Os teóricos de Bowcetrum, em Roterdã, propunham a construção de edifícios de grande porte em que as divisões internas poderiam ser feitas de forma ágil e com grande versatilidade. Os vãos propostos eram de porte médio. Esta experiência foi de grande valor arquitetônico e logo evoluiu para uma progressiva substituição de componentes para experimentações. Esse quadro provoca o início da produção cada vez mais intensiva de componentes mediante sistemas industrializados de pré-fabricação.

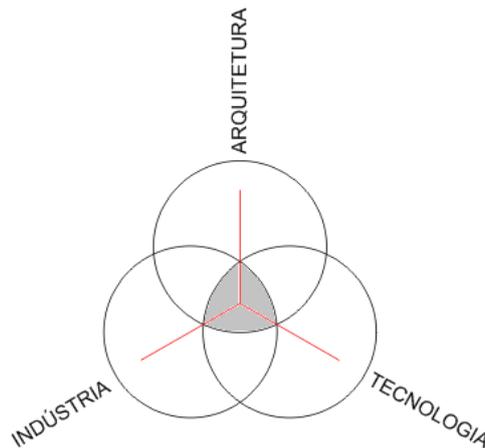


Figura 5 – Resumo diagramático da experiência holandesa na utilização da tecnologia pré-fabricada de forma industrial utilizada para a evolução da arquitetura: coordenação modular. (imagem do autor)

Dessa forma, é no contexto do pós-guerra que há uma opção pela utilização do sistema pré-fabricado como solução para a construção, devido as características próprias do sistema (racionalização de custos, prazos e rapidez de execução), bem como as necessidades sociais, econômicas e políticas em que se encontravam aqueles países.

#### 4.4 Evolução Histórica do Sistema Construtivo em Pré-Fabricado

Nas décadas seguintes ao período do pós guerra a Europa passa a viver um “boom” do crescimento (1950). Os operários mais qualificados começam a ganhar reais vantagens salariais. A mão de obra encarece e uma parte dos operários, mais qualificados, emigra. Aos poucos o cenário da construção civil apresenta-se em defasagem de mão de obra qualificada. A necessidade de continuar com os grandes programas de reconstrução, mantendo os adequados parâmetros técnicos, obriga a introdução de um maior grau de mecanização, de forma que só a máquina poderia equilibrar a balança – *escassez de mão de obra X necessidades de construção*. Passou-se a substituir as funções de canteiro pela mecanização elevando o nível organizacional e critérios de produtividade. A França, Holanda e Inglaterra implementam políticas de evolução das técnicas construtivas o que aprimorou os equipamentos e gerou um grande amadurecimento das práticas.

O desenvolvimento das técnicas construtivas industrializadas também foram notadas na antiga União Soviética. A política de implementação de moradias coletivas contou com a utilização da pré-fabricação pesada de unidades modulares completas.

Segundo SALAS (1988) pode-se dividir historicamente o uso do sistema em pré fabricados em três grandes fases:

1. 1950-1970: período da reconstrução do pós-guerra. Os edifícios dessa época eram constituídos de elementos pré-fabricados cujos componentes eram advindos do mesmo tipo de fornecedor. A esse fenômeno denomina-se produção em ciclo fechado. A utilização do ciclo fechado, segundo FERREIRA (2003), criou um estigma sobre o sistema de pré-fabricados de concreto. O sistema passou a ser visto como rígido e monótono. Além disso, as construções massivas sem avaliações prévias de desempenho ocasionaram o surgimento de muitas patologias.
2. 1970-1980: neste período ocorreram alguns acidentes em edifícios construídos com grandes painéis pré-fabricados. Estes acidentes provocaram uma rejeição social sobre o sistema em pré-fabricados. Neste sentido houve uma grande revisão no conceito e nos processos construtivos.
3. 1980 em diante: neste período houve a consolidação da pré-fabricação em ciclo aberto, à luz de uma compatibilização de componentes fabricada por diversos fornecedores. Segundo BRUNA (1976), “a industrialização de componentes destinados ao mercado e não, exclusivamente, às necessidades de uma só empresa é conhecida como ciclo aberto”. Conforme FERREIRA (2003), os sistemas pré-fabricados de “ciclos abertos” surgiram na Europa com a proposta para uma pré-fabricação de componentes padronizados, os quais poderiam ser associados com produtos de outros fabricantes, onde a modulação e a padronização de componentes fornecem a base para compatibilidade entre os elementos e subsistemas.

#### **4.5 O Sistema Pré-fabricado no Brasil**

Os fenômenos da reconstrução da Europa a partir da II Guerra não foram sentidos no Brasil. Dessa forma a primeira grande obra que utilizou o sistema em pré fabricados de concreto no Brasil, segundo VASCONCELOS (2002), foi o Hipódromo da Gávea (Rio de Janeiro, 1962). A empresa construtora dinamarquesa Christiani-Nielsen executou em 1926 a obra completa com diversos de elementos pré-fabricados, dentre eles, podem-se citar as estacas nas fundações e as cercas no perímetro da área reservada ao hipódromo.



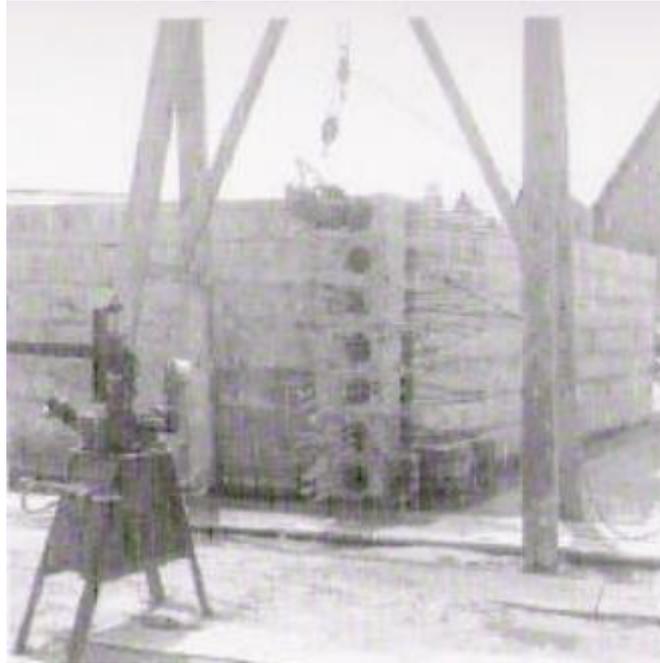
*Figura 6 – Hipódromo da Gávea - Rio de Janeiro (1962). Primeira grande obra a utilizar peças pré-moldadas de concreto no Brasil. Retirado de <http://007bondesportes.blogspot.com.br/2011/08/gp-brasil-2011-no-hipodromo-da-gavea-o.html>, visitado em janeiro de 2013.*

As utilizações do sistema com as primeiras preocupações de racionalização e as ideias iniciais de industrialização aconteceram no fim dos anos 1950. Segundo VASCONCELOS (2002) a Construtora Mauá, de São Paulo, executou diversos galpões pré-moldados, especializando-se nesse ramo de execução. Neste caso as peças eram moldadas no próprio canteiro de obra. A seguir a foto de um galpão executado com vigas Vierendeel:



*Figura 7 – Foto de um galpão industrial da Construtora Mauá. Retirado de VASCONCELLOS, 2002.*

Um dos processos de fabricação consistia executá-las deitadas empilhando-se uma sobre as outras intercaladas por um papel parafinado. As peças eram executadas numa sequência vertical em até dez peças empilhadas de cada vez. As formas laterais eram erguidas a medida que o concreto atingia o adequado ponto de secagem.



*Figura 8 – Fabricação das peças de concreto dos galpões Mauá. Retirado de VASCONCELLOS, 2002*

O Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo - CRUSP (1964), foi o primeiro experimento de construção de um edifício de múltiplos pavimentos com estrutura reticulada.

Na execução da obra, a empresa precisou enfrentar diversos problemas decorrentes da falta de especialização da mão de obra, porém a obra foi muito bem sucedida. As peças foram fabricadas no próprio canteiro de obras, pois o amplo espaço favoreceu a logística para essa forma de execução. Este foi um elemento favorável, o que não acontece em obras situadas em centros populosos das cidades nos dias atuais.

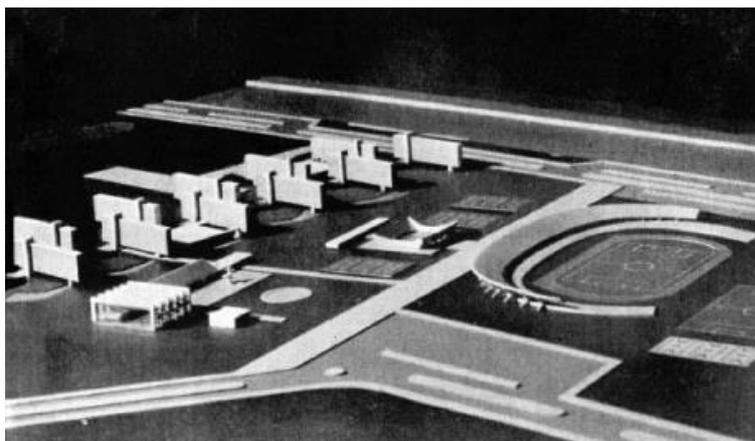


Figura 9 - Maquete do conjunto da moradia estudantil da USP – CRUSP. Conjunto de doze edifícios. Retirado [http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?pid=S1984-45062009000100005&script=sci\\_arttext](http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?pid=S1984-45062009000100005&script=sci_arttext) visitado em janeiro 2013



Figura 10 – Foto aproximada do CRUSP. Retirado de <http://crusp68.wordpress.com/tag/crup/>, jan. 2013

Segundo os registros da Associação Brasileira da Construção Industrializada - ABCI (1980) a consolidação efetiva da racionalização e industrialização acontecem a partir da década de 1960. Nos períodos anteriores as experiências nesse sentido haviam sido esporádicas, sem continuidade e de forma não sistematizada.

Ainda na década de 1950 o crescimento da população ocasionou um grande déficit habitacional e em 1966 houve a criação do Banco Nacional da habitação BNH, que tinha por objetivo diminuir o déficit habitacional. Dentro deste quadro o BNH adotou uma política de desestimular o uso do pré-fabricado com o intuito de aumentar o uso da mão de obra não qualificada dentro dos canteiros de obra. Essa política pode ter provocado um atraso na industrialização, segundo a ABCI a industrialização só não foi maior pois alguns empresários vislumbravam amplas possibilidades com a utilização

do sistema pré-fabricado. Já na segunda metade da década de 1970 o BNH adotou novas diretrizes para o setor de forma a atingir as camadas com menor poder aquisitivo e assim, mesmo que de forma tímida, passou a estimular novas tecnologias como a construção com elementos pré-fabricados de concreto. Nas décadas de 1970 e 1980 o BNH e seus agentes patrocinaram alguns estudos sobre a aplicação do sistema em pré-fabricados instalando alguns canteiros de obras experimentais, a citar: Narandiba (Bahia, 1978); Carapicuíba VII (São Paulo, 1980) e Jardim São Paulo (São Paulo, 1981).

No ano de 1983 a COHAB-SP, em relatórios técnicos internos denunciava a situação precária das moradias. Após perícia o Instituto de Pesquisas Tecnológicas IPT concluiu que a recuperação seria inviável, técnica, operacional e economicamente, sendo recomendando a demolição completa de alguns imóveis. Esta conclusão estava relacionado ao uso de material inadequado na confecção dos painéis, à execução deficiente dos elementos estruturais e à corrosão das armaduras dos pilaretes nas paredes e tirantes nas janelas.

As patologias apresentadas em diversos projetos executados em pré-fabricados durante a década de 1980 ocasionaram o quase total congelamento do sistema como solução construtiva durante os anos subsequentes. Somente da década de 1990 que o sistema voltou a ser utilizado, principalmente devido aos grandes investimentos que a cidade de São Paulo passou a receber.

A partir dos últimos anos as técnicas construtivas do sistema se fortaleceram e se estabilizaram. Hoje, o pré-fabricado de concreto apresenta-se como importante solução construtiva em diversas produções de médio e grande porte. Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland ABCP (2005), a primeira empresa a transformar o canteiro de obras em uma linha de montagem foi a Stamp na obra do 'Condominium Club Ibirapuera' (São Paulo, 1994). Atualmente, verifica-se a utilização de diversos novos elementos pré-fabricados: painéis, lajes, pilares, banheiros prontos, etc.

Assim, através da análise do contexto histórico, verifica-se que o uso desse sistema construtivo no Brasil, apesar de relativamente recente, apresenta-se consolidada e em elevado patamar em relação a outros países.

## 5 O SISTEMA PRÉ-FABRICADO

O sistema pré-fabricado é definido pela norma NBR 9062 Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado (ABNT 1985), como sendo pré-moldados em concreto executados em indústria ou em instalações temporárias dentro do canteiro de obra desde que sigam requisitos mínimos com uso de mão de obra qualificada.

Neste trabalho o termo “concreto pré-fabricado” será designado para os elementos em concreto moldados sob uma padronização industrial, seguindo uma catalogação. Busca-se com isso diferenciar o ‘sistema construtivo em pré-fabricado’ dos pequenos e específicos elementos moldados em concreto que não seguem uma catalogação padronizada. Esta diferenciação é importante, no contexto deste trabalho, pois o tema desenvolvido aqui faz sentido dentro de um quadro de “replicabilidade”<sup>4</sup> da metodologia projetual. De nada adiantaria este trabalho de debruçar em tema que só pudesse ser aplicado em um quadro de um projeto/obra específico, fora do conceito de “replicabilidade”.

É importante comentar, todavia que é possível, com o sistema pré-fabricado, a adaptação e a formatação de peças de acordo com as necessidades específicas de projeto, porém de forma onerosa e demorada. Assim, trataremos o tema à luz de uma padronização existente no mercado da construção civil, de forma a garantir a redução nos custos gerais da obra e a agilidade gerada pela industrialização.

O sistema de pré-fabricados é constituído por peças que conformarão basicamente as lajes, vigas e pilares de um edifício. Por serem executados de forma industrial contam um com uma alta precisão de medidas e um grande rigor de execução. Devido a essa precisão podem ser listadas inúmeras vantagens na aplicação do sistema, a citar: execução em obra de forma mais precisa e rápida, montagem mais seca, redução de mão de obra para execução de trabalhos artesanais, maior garantia sobre as propriedades do concreto, menos desperdício com formas, menor quantidade de resíduos gerados, o que gera uma obra mais sustentável do ponto de vista de execução.

### 5.1 O Modelo de um Sistema Padrão

A seguir serão apresentadas as tipologias básicas usadas em uma fábrica de pré-fabricados de concreto. Esse capítulo tem por objetivo oferecer um panorama geral

---

<sup>4</sup> *Replicabilidade é entendida como qualidade do que é replicável.*

das peças mais típicas usadas neste mercado. Essa seleção também subsidiará o capítulo específico de um Estudo de Caso, onde foram utilizados os princípios de projeto estudados nessa monografia. E utilizadas algumas peças pré-fabricadas aqui listadas.

- Placas de lajes alveolares são fabricadas com uma largura média de 1,25m, podendo ser fabricadas até 14m de comprimento. Sendo posicionadas em sequencia sobre os apoios laterais, sendo geralmente biapoiadas. Após a montagem das peças no local final de execução é necessário proceder o preenchimento de concreto entre as peças e por fim o capeamento final para a conformação da base do piso final, esse capeamento é cerca de 0,05m.



*Figura 11 - Imagem típica de uma laje alveolar de concreto pré-fabricado sendo içada para o local de aplicação final em um edifício de múltiplos pavimentos. Retirado de <http://www.premodisa.com.br/produtos/lajes>, visitado em janeiro de 2013*

- Pilares de seção retangular ou quadrada são fabricados em, em geral, em concreto armado. Podem possuir mísulas retangulares ou trapezoidais para o apoio das peças secundárias. No caso do uso das mísulas tipo “dente gerber” consegue-se vãos resultantes das estruturas mais regulares (geralmente retangulares) que promovem uma maior racionalização nas vedações evitando-se recortes.



Figura 12 – Sequencia de pilares pré fabricados locados na posição de receber as vigas de travamento e as lajes. Retirado de <http://www.premodisa.com.br/produtos/lajes>, visitado em janeiro de 2013.

- As vigas em pré-fabricadas de concreto podem ser de seção quadrada, retangular, seção 'I' ou tipo viga calha. Podem ser executadas em concreto armado ou concreto protendido. Normalmente são utilizadas para apoio das lajes e para o travamento geral do sistema.



Figura 13 – Exemplo de apoio de viga em pilar. À esquerda apresenta-se a viga, de seção quadrada, com o apoio de mísula tipo dente gerber. Neste caso o arremate resultante é regular, permitindo uma maior racionalização no requadro de vedação que poderá ser instalado posteriormente. À direita a viga, de seção 'I', a mísula do tipo trapezoidal. Retirado de <http://www.premodisa.com.br/produtos/lajes>, visitado em janeiro de 2013.

Hoje a industria da construção civil aceita a utilização do sistema construtivo em pré fabricados em diversas situações. Dentre as razões podemos destacar:

- Baixo custo do concreto;
- Industrialização eficiente das peças;
- Boas formas de logística para obra e transporte;
- Ampliação das ofertas com o crescimento das plantas industriais;
- A consagração de experiências bem sucedidas com o emprego do sistema;
- A manutenção do preço do sistema frente a outras opções (como o flutuante preço indústria de peças metálicas).

Cabe comentar que a utilização do sistema pré-fabricado de concreto pode ser posto em comparação com o sistema estrutural em aço em diversos quesitos construtivos. O sistema metálico apresenta excelente desempenho em termos de execução de obra, qualidade final de acabamento, prazos de execução, entre outros. Porém o fator custo do concreto ainda é decisivo em diversos casos pois este não sofre as flutuações de preços a que estão submetidos as estruturas de aço, que é uma commodity. Vejamos a situação de um projeto arquitetônico elaborado no contexto de um órgão públicos com vistas a uma licitação, situação tão comum nos órgãos públicos do Brasil. Neste caso os tempos necessários de projeto, aprovações, elaboração de projetos complementares, orçamentação de obras, elaboração de editais, prazos legais para licitação e publicações até o início efetivo da obra podem transcorrer prazos em que a flutuação do valor do aço pode causar grandes variações nos planejamentos gerais. Por essa razão o concreto mostra ser, ainda, uma opção mais segura em termos de planejamento.

## 6 MODULAÇÃO E COORDENAÇÃO MODULAR

A seguir serão discutidos temas referentes a ordenação geral de um projeto modulado. Esta premissa, já estabelecida em uma grande quantidade de projetos arquitetônicos, demonstra-se fortemente favorável na utilização do sistema industrializado em pré-fabricado.

A modulação em projeto pode ser compreendido em dois aspectos básicos:

- Organização e ordenação espacial;
- Definição das medidas de construção.

### 6.1 Módulo e Modulação

A palavra módulo tem origem do latim *modulus*, significando pequena medida.

O módulo pode ser entendido em arquitetura como a medida ordenadora de uma espacialização projetada. A menor medida comum que devem apresentar os diferentes elementos que entram na composição de um edifício, a fim de que possam, estes elementos, justapor-se e sobrepor-se no espaço. Neste caso pode-se dizer que o projeto está sob o regimento de uma modulação.

Historicamente a utilização da modulação pode ser observado desde os períodos clássicos. Na concepção da arquitetura da grega, sob uma ótica estática e na arquitetura romana sob uma ótica estético-funcional. Assim, pode-se destacar que na cultura grega a modulação aparece como expressão da beleza, baseando-se no diâmetro das colunas que dava, a partir de suas medidas, as demais proporções dos elementos das construções. Na cultura romana o planejamento das cidades obedecia a um reticulado modular baseado no *passus* romano<sup>5</sup>.

### 6.2 COORDENAÇÃO MODULAR

A coordenação modular é uma ferramenta aplicada à concepção de projetos. Possibilita a ordenação das estruturas fixas e não fixas do edifício de modo a possibilitar perfeitas combinações. Favorece modo e os tempos de execução.

---

<sup>5</sup> Como exemplo de planejamento de uma cidade destaca-se o traçado da cidade de Emona, baseado em um módulo de 60 *passus*, originando um reticulado de 360 x 300 *passus*, dando à cidade uma proporção de 6:5.

De acordo com o Grupo de Pesquisa Morar de Outras Maneiras, da Escola de Arquitetura da UFMG, a coordenação modular pode ser descrita como “um instrumento para facilitar a compatibilização de medidas na construção civil. Com ela, a combinação de componentes construtivos das mais diversas origens fica automática e flexível”.

A coordenação modular é definida por normas e regimentos específicos que determinam a Medida Modular como  $1M=100mm$ . As coordenações modulares são aquelas que seguem, portanto, a unidade mínima do módulo estabelecido pelas normas. O Brasil foi um dos primeiros países a aprovar uma norma de Coordenação Modular, a NB-25R, em 1950.

De acordo com a equipe de Sergio R. Leusin<sup>6</sup> “a coordenação modular é base fundamental para a industrialização da construção em um padrão aberto”. A coordenação modular depende do fornecimento de elementos construtivos que seguem a Unidade Modular ( $1M=100mm$ ).

As primeiras experiências que desenvolveram a utilização de um módulo para os propósitos de utilização industrial aconteceram em Boston, em 1930. Alfred Farwell Bemis, industrial americano desenvolveu estudos de uma nova técnica de construção a qual recebeu o nome de “método modular cúbico”. Estes estudos foram publicados em 1936 no terceiro volume do ‘Rational Design’. Na ocasião foram apresentados os fundamentos de uma proposta de Coordenação Modular em que “todos os objetos que satisfaçam à condição de possuírem dimensões múltiplas de uma medida comum, são comensuráveis entre si e, portanto, também o são em relação à construção, que integrados passam a formar” (ROSSO, 1976). A medida modular proposta havia sido de 4 polegadas, esta mesma medida havia sido indicada por Fred Head, em 1925, porque daria uma flexibilidade adequada e estava relacionada com a dimensão utilizada nos estudos das casas de madeira americanas. Os estudos de Bemis tiveram repercussão nos primeiros intentos sobre coordenação modular na Europa e Estados Unidos.

---

<sup>6</sup> Fonte bibliográfica: apresentação de slides intitulada: Revisão da Norma de Coordenação Modular – PDP – Ações estruturantes para a Modernização da Construção. Autores Sergio R. Leusin, Silke Kapp, Denise Morado e Wellington Cançado Coelho. Disponível em: [http://www.abcic.org.br/Palestras\\_2010/Sergio%20Leusin%2014-30.ppt](http://www.abcic.org.br/Palestras_2010/Sergio%20Leusin%2014-30.ppt) (visualizado em 19 de janeiro de 2013).

### 6.2.1 Tipos de Medidas e Espaços Modulares

Um ponto importante a ser considerado, dentro do panorama da coordenação modular, são os tipos medidas e os espaços ocupados por cada elemento construtivo. As medidas devem ser classificadas em:

- Medidas nominais: medida descritas e normalizadas para a fabricação dos diversos elementos construtivos;
- Medidas reais: medidas observadas do elemento físico, amostra, com as variações dimensionais admitidas pelas normas com relação as medidas nominais;
- Medidas de coordenação: medidas que incluem em si as juntas de acoplamento dos elementos, as variações das medidas reais admitidas pelas normas e estão sob o regimento da unidade modular.

O espaço determinado para um elemento construtivo ocupar é denominado 'espaço de coordenação'. Neste espaço está incluído o elemento em si e as folgas perimetrais requeridas em razão de suas deformações (mecânicas, térmicas ou umidade), suas tolerâncias (de fabricação, marcação e montagem), seu processo de instalação e seus materiais de conexão com elementos adjacentes. De acordo com GREVEN E BALDAUF (2007) essas folgas perimetrais são denominadas ajustes de coordenação. Assim, a medida de coordenação deve ser obtida por:

$$M_c = M_n + A_c$$

sendo:

- $M_c$ : medida de coordenação
- $M_n$ : Medida Nominal
- $A_c$ : Ajuste de coordenação

### 6.3 Diferença Coordenação Modular e Coordenação de Medidas

Cabe diferenciar, sobretudo dentro deste trabalho, a definição de "coordenação modular" entendida como coordenação dimensional de projeto a partir do emprego do módulo básico (100mm) e a definição de "coordenação dimensional" entendida como a inter relação dimensional de elementos e demais componentes da construção usada para a montagem e fabricação da edificação, sem o emprego do módulo básico.

Segundo o Grupo de Pesquisas Morar de Outras Maneiras (EAUFMG) a existência de um módulo básico compartilhado por todos os agentes da construção civil é a chave para a coordenação modular. Sem ele o que se pode fazer é uma coordenação dimensional, resolvida caso a caso. Sob este ponto de vista a utilização da Coordenação Modular como princípio de projeto proposto em norma torna-se uma tarefa quase impossível. Se analisarmos o quadro da construção civil pública regida pela lei de licitações Lei 8666/93 torna-se ainda mais dificultoso visto que não há como garantir os fornecedores específicos dos componentes construtivos. A seguir apresenta-se uma tabela resumo dos agentes que utilizam as medidas modulares para a fabricação dos componentes construtivos:

<b>Segmento</b>	<b>Prática da CM</b>
Blocos de concreto	Corrente
Blocos cerâmicos	Parcial
Painéis de gesso	Corrente
Telhas cerâmicas	Ausente
Telhas de fibrocimento	Ausente
Telhas de aço	Ausente
Esquadrias de aço	Ausente
Esquadrias de alumínio	Repertório restrito
Esquadrias de PVC	Ausente
Esquadrias de madeira	Ausente
Revestimentos cerâmicos	Ausente

Figura 14 - Quadro Comparativo sobre os setores de fornecedores que praticam os produtos em linha com a Coordenação Modular. Retirado da apresentação sobre a revisão da norma de Coordenação Modular. Disponível em [http://www.abcic.org.br/Palestras\\_2010](http://www.abcic.org.br/Palestras_2010). Visitado em janeiro 2013.

## **7 FLEXIBILIDADE ARQUITETURA**

Os espaços são criados para atenderem as necessidades demandadas pelo homem. A necessidade de morar, trabalhar, estudar, cuidar, divertir-se e todas as outras podem ser objeto de demanda arquitetônica. As demandas são reflexos de uma necessidade subordinada ao momento em que a necessidade foi criada ou percebida. Ou seja, a demanda funcional arquitetônica é na realidade uma necessidade momentânea solicitada pelo homem. Essa necessidade pode ser alterada ao longo do tempo na vida útil do edifício.

### **7.1 Estrutura Aberta – Teoria Dos Suportes**

Dentro da concepção de uma arquitetura flexível, aberta, é central que se estude a Teoria dos Suportes (1926), de N. John Habraken. A Teoria dos Suportes, de acordo com MACIEL (2011) tem como proposta a diferenciação clara entre os elementos estruturais e infraestruturais (pilares, lajes, vigas, vedações externas, instalações e aberturas fundamentais) que seriam previstos no projeto arquitetônico, dos elementos leves de divisão interna (divisórias leves, mobiliários, etc.) que deveriam ser providenciados pelos usuários finais.

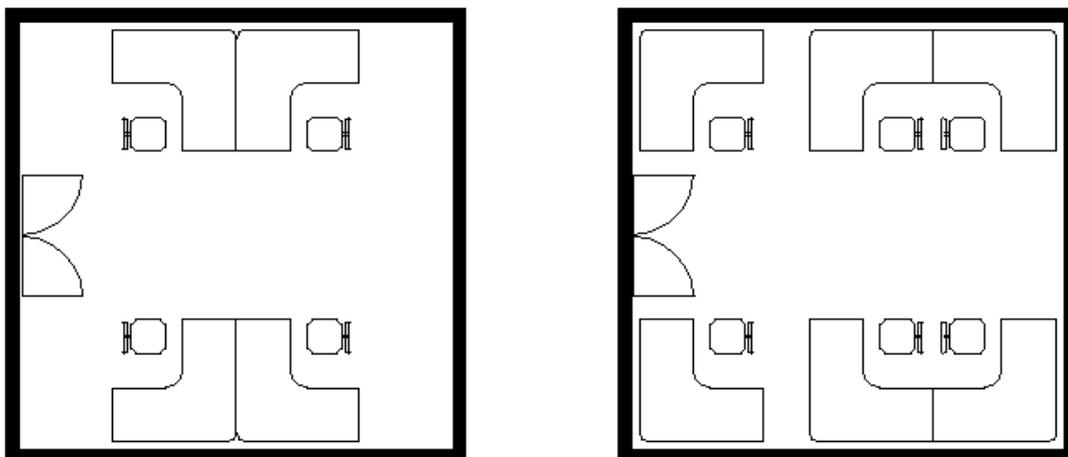
Ainda de acordo com MACIEL (2011), a proposta que desdobrou nessa teoria objetivava qualificar a produção das habitações em larga escala, de modo que os usuários pudessem se apropriar e ajustar às suas necessidades as habitações que eram os espaços “suportes”. Esse conceito reconhece ainda as necessidades de transformação e readequação dos espaços percebidos pelos usuários ao longo do tempo.

### **7.2 Flexibilidade Pequeno Exemplo Teórico**

Para descrever o raciocínio da flexibilidade arquitetural vejamos um exemplo de um escritório que inicia que seus trabalhos em uma sala comercial, contando em seu quadro com quatro funcionários. Ao longo do tempo, com a expansão dos negócios, a empresa tem necessidade de contratar mais dois funcionários. Se a arquitetura da sala permitir alterações o abrigo de mais dois funcionários pode acontecer, se não permitir, o espaço torna-se obsoleto para aquela empresa.

Assim admitamos um primeira hipótese: a sala foi concebida em uma planta quadrada com acesso único. As paredes são em alvenaria auto portante. Assim, o acesso e as alvenarias são elementos fixos. Devido a dimensão da sala é possível a alteração do

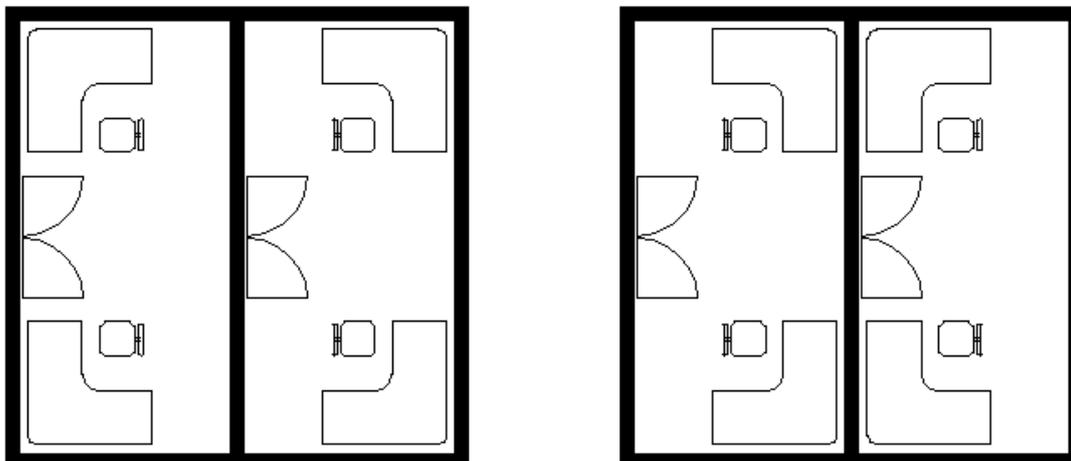
posicionamento do mobiliário de forma a conformar os seis postos de trabalhos demandados, conforme diagrama a seguir:



*Figura 15 – Flexibilidade de Arranjo espacial. Sala com planta livre quadrada com acesso central único com porta de folha dupla. Imagem do autor.*

Neste exemplo diagramático demonstra-se que sala de escritório, apesar de seus elementos fixos, comporta uma flexibilidade com possibilidades de múltiplos arranjos mobiliários. Com a simples alteração do posicionamento do mobiliário foi possível acomodar os seis usuários demandados.

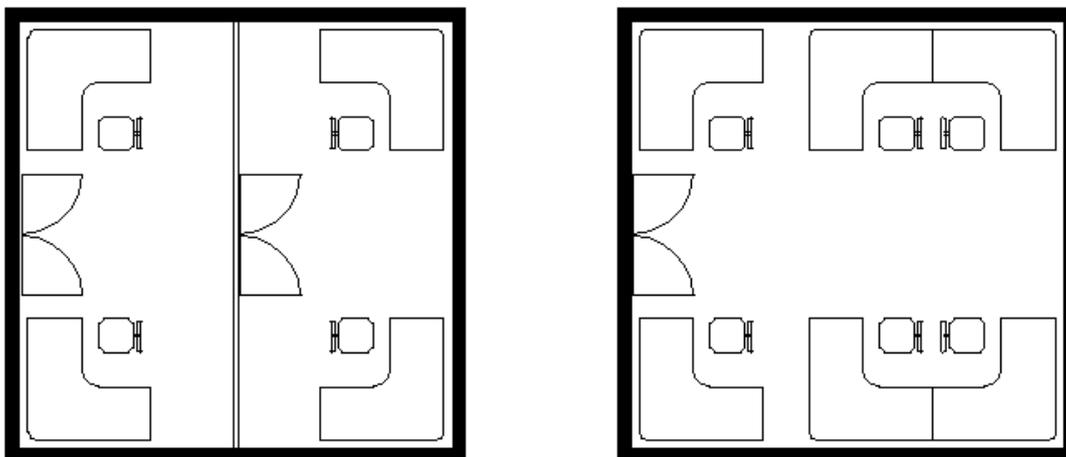
Analisemos a segunda possibilidade: caso a sala houvesse sido concebida com uma divisória em alvenaria auto portante dividindo-a pelo meio teríamos obrigatoriamente uma sala conformada por duas salas menores com dois postos de trabalho em cada uma delas. Neste caso os elementos fixos passam a ser as alvenarias perimetrais e uma central, conformando a divisória interna, e os acessos sequenciados. Porém, devido a conformação do seu espaço interno, com uma divisória fixa, a sala, apesar de possuir a mesma área do primeiro exemplo, não possibilitará a implementação dos seis postos de trabalho, conforme diagrama a seguir:



*Figura 16 – Sem Flexibilidade de Arranjo espacial. Sala com planta quadrada, dividida pelo meio por uma parede estrutural aberta por um vão de porta sequenciada com a porta de acesso principal da sala. Imagem do autor.*

Neste caso a configuração arquitetônica empregada e o uso de um elemento estrutural para dividir a sala obriga a configuração, limitando o número de postos de trabalho. O posicionamento do mobiliário não altera o número de usuários. Assim a sala seria descartada pela empresa ou seria objeto de uma grande reforma que demandaria a adequação da solução estrutural, gerando grande quantidade de resíduos de obra, maiores custos e prazos de implantação dos novos postos de trabalho. Portanto a sala não possui uma flexibilidade de rearranjo espacial.

No terceiro caso, que veremos a seguir, se a sala houvesse sido concebida com uma divisória em dry-wall dividindo-a pelo meio teríamos, também, inicialmente uma sala conformada por duas outras salas menores com dois postos de trabalho em cada uma delas. Neste exemplo os elementos fixos serão, as alvenarias perimetrais e o acesso principal. Os elementos não fixos seriam a divisória de dry-wall e a porta nela instalada, é obvio neste caso que a solução da divisória não é solidária com as necessidades estruturais da sala. Assim sendo, a permanência da divisória cumpre um papel unicamente funcional, conforme diagrama a seguir:



*Figura 17 – Flexibilidade de alteração da arquitetura prevista em projeto. Com a retirada de uma divisória simples foi possível acomodar os seis usuários demandados. Imagem do autor.*

Neste terceiro exemplo a retirada da divisória não implica em rearranjo estrutural. Os prazos e custos de execução de uma reforma desse tipo são mais curtos e baixos. Dessa forma com uma pequena alteração a sala passaria a atender as demandas dos seis postos de trabalho demandados pela empresa. Pode-se admitir neste caso que há uma flexibilidade gerada pela concepção arquitetônica.

As alterações dos usos são recorrentes e admitidos na arquitetura. O que se chama de Arquitetura Flexível é a programação e previsão, na fase do projeto, das alterações funcionais da edificação de forma a ampliar as possibilidades e gerar menos impactos nos momentos das transformações de usos.

Assim sendo a flexibilidade na arquitetura pode ser pensada através de:

- emprego programado dos materiais;
- no dimensionamento e posicionamento dos elementos permanentes.

As decisões de projeto devem ser tomadas de forma a facilitar as possíveis transformações do edifício. Um dos elementos permanentes a serem considerados para possibilitar a devida flexibilidade diz respeito das formas de alimentação das infraestruturas através de shafts pensados para alimentar as funcionalidades do edifício.

### 7.3 Flexibilidade Aplicada

Os princípios que balizaram as ideias sobre a concepção de uma arquitetura flexível podem ser apontados para as experiências de arquitetos diversos. Porém destaca-se Le Corbusier no projeto da Casa Dom-Ino. Segundo MACIEL (2011), é possível identificar nas vanguardas da arquitetura moderna do século XX edifícios em que os princípios de projeto focam na definição de seus aspectos construtivos e infraestruturais e não em suas demandas funcionais.

Na casa Dom-Ino, a liberação dos espaços internos, devido a separação técnica entre elementos estruturais e de vedação, evidenciam as possibilidades de uso de elementos de vedação e articulações internas que possibilitam inúmeros arranjos e rearranjos. O mesmo raciocínio para aplicação de estrutura independente das vedações usado para a Casa Dom-Ino é usado para as atuais construções em edifícios concebidos em estruturas pré-fabricadas de concreto.

Um dos importantes exemplos da arquitetura mineira é o sistema ambiental de edifícios da Universidade Federal de Minas Gerais, denominado Sistema Básico (1969-90). Este conjunto de edifícios constitui, por sua escala, suas estratégias e princípios projetuais um importante exemplo de arquitetura produzida a partir dos fundamentos consolidados pela arquitetura moderna. O conjunto concebido pelo Setor de Arquitetura do Conselho de Planejamento da UFMG<sup>7</sup> parte de uma proposta conceitual que resume as atividades da vida acadêmica, denominado meta-programa. Este meta-programa deveria ser aplicado para a construção de um meta-projeto, concebido neste caso com um sistema contínuo e de crescimento regular. O projeto foi desenvolvido então a partir de uma malha coordenada que tratava de organizar os espaços internos, externos, fluxos, acessos e travessias. Essa malha definia também as possibilidades de crescimento tanto no sentido horizontal quanto no sentido vertical.

O prédio foi projetado em concreto armado, moldado no local, com um sistema de vigamentos cruzados sob o regimento da malha coordenada, com pilares cruzados que serviam de passagem das infraestruturas de alimentação no sentido vertical. As vigas foram concebidas de maneira a servirem como passagens estratégicas das

---

<sup>7</sup> Segundo MACIEL (2011): O Sistema Básico foi concebido pelos arquitetos Alípio Pires Castello Branco (coordenador), José Abílio Belo Pereira e Maria Lúcia Malard. Gerando os edifícios que hoje abrigam ICB, ICEx, FAFLE, FAFICH e ECI, Restaurante Setorial II, Escola de Veterinária, Hospital Veterinário, Biblioteca Central e EBA.

infraestruturas no sentido horizontal. As lajes foram executadas em placas de concreto pré-moldados com capeamento de acabamento.



Figura 18 – Proposta de implantação do Sistema Básico aprovado pelo Conselho Universitário em 1969. Retirado de *O sistema básico da UFMG e seus precedentes: infraestrutura, crescimento, superação da função e construção da paisagem*, Maciel 2011.

A foto a seguir apresenta o edifício do Instituto de Ciências Biológicas implantado. Destaca-se a ordenação modular dos elementos construtivos, como os brises esquadrias e peitoris; além da notória ordenação pelos eixos cruzados, a noventa graus, do posicionamento dos blocos que são articulados pelos vértices. Podem ser notadas também as caixas de circulações verticais que fazem as articulações entre pavimentos. Neste caso deve ser observado o bloco, a esquerda da foto, com apenas um pavimento, evidenciando que a possibilidade de crescimento do conjunto era

previsto tanto no sentido horizontal como no sentido vertical, com a adição de múltiplos andares.



*Figura 19 - Foto em vista geral do recém-implantado Instituto de Ciências Biológicas. Retirado de O sistema básico da UFMG e seus precedentes: infraestrutura, crescimento, superação da função e construção da paisagem, Maciel 2011.*

As recentes experiências sobre a utilização dos espaços projetados dentro do sistema básico da UFMG podem ser observadas dentro do contexto dos projetos de reformas e expansão das atividades acadêmicas propostas pelo programa do governo REUNI<sup>8</sup> desenvolvidos pelo DFPF da UFMG. Nesse sentido os espaços estruturais e de base, conforme proposto por Habraken (1926), mostram-se absolutamente favoráveis para uma recomposição e a proposição de novos usos.

---

<sup>8</sup> O Programa de Apoio ao Plano de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – REUNI, lançado pelo Governo Federal, tem o objetivo de expandir, de forma significativa (...), as vagas para estudantes de graduação no sistema federal de ensino superior. Retirado de <https://www.ufmg.br/reuni/>, visitado em 26 de janeiro de 2013.

## 8 O PROJETO EM ARQUITETURA

A forma de se conceber um edifício pode ser variado, sendo que cada projetista experimenta na prática um modo próprio de projetar, descreve NEVES (2011). Pode-se dizer que existem, portanto diversas metodologias projetuais. O título deste trabalho traz em si a explícita ideia da necessidade de se estabelecer o método projetual devido a condição especial estabelecido: a escolha do tipo de sistema construtivo. Assim nota-se, em plano geral, que as condições e a forma de execução do edifício estabelece orientações que devem ser seguidas em projeto.

Ao se elaborar um projeto em arquitetura, várias palavras são utilizadas para definir o processo de criação, dentre elas: conceito arquitetônico, partido arquitetônico e a própria concepção arquitetônica. Cada uma dessas palavras carrega consigo uma carga teórica que diz respeito de uma tradição arquitetônica. Entretanto pode-se sintetizar um projeto de arquitetura sob uma base fundamental consolidada dentro da cultura arquitetônica. Essa base é chamada de Tríade Vitruviana

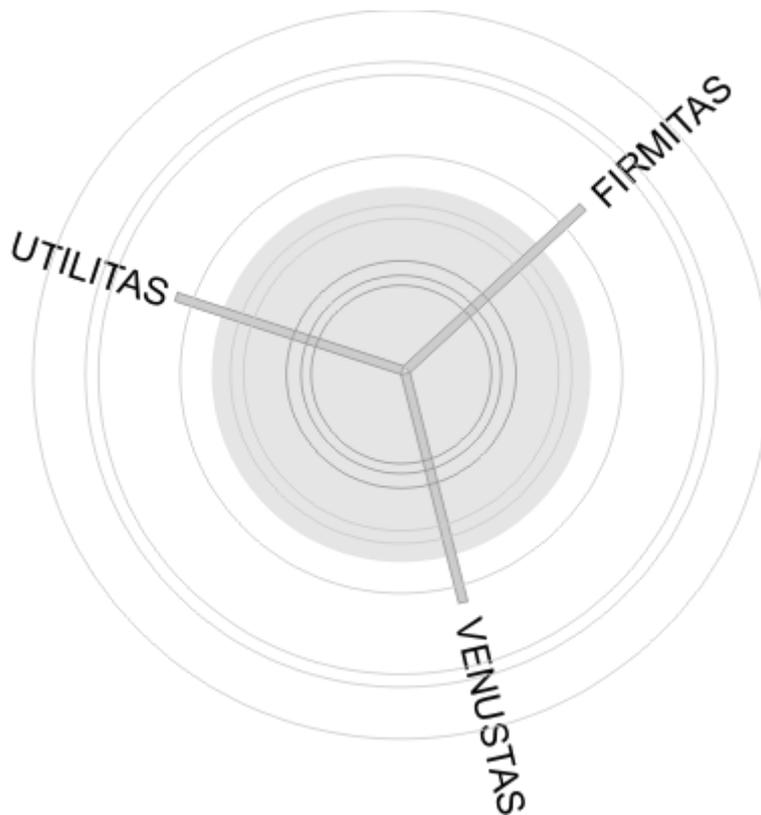


Figura 20 - Diagrama da Tríade Vitruviana. A tríade é a proposta consolidada dentro da cultura arquitetônica que sintetiza as bases de uma arquitetura. Proposto por Marco Vitruvius Polião em "De Architectura", 17 a 26a.C. (Imagem do autor)

*“tudo deve ser construído na observância da durabilidade, da conveniência e da beleza” (Vitruvius, 1960, p. 17)*

Tratado por Marco Vitruvius Polião em “De Architectura”, 17 a 26a.C; a Tríade Vitruviana é a síntese da arquitetura mundial, o autor romano desenvolveu o mais antigo tratado sobre arquitetura (MANENTI, 2010) baseando-a em três pontos: utilitas, firmitas e venustas. Traduzindo-se livremente o pensamento básico da proposta tem-se: utilidade, firmeza e beleza. Dessa forma a arquitetura não é concebida sobre um único parâmetro, é base triangular que não pode faltar para o desenvolvimento de um projeto em arquitetura. Não há arquitetura em uma edificação sem uma função proposta e uma forma pensada, como também não há arquitetura em uma “bela” edificação sem a sua correspondente “utilitas” e “firmitas”. Essas três bases podem ser descritas e desenvolvidas nos dias de hoje da seguinte maneira:

- Utilitas: diz respeito da função, utilidade e comodidade da arquitetura. A que a construção se prestará, quais as atividades serão desenvolvidas naquele local, e ainda quais as utilidades essa arquitetura poderá oferecer ao usuário, fruidor, (abrigo do sol, chuva, atalhos nas travessias, etc.). Há que se comentar que essa visão também é compartilhada e desenvolvida pelo conceito de arquitetura republicana (res-publica – do latim coisa pública) na filosofia Humanista;
- Firmitas: diz respeito dos aspectos construtivos e da estabilidade da edificação, da resistência e durabilidade. Hoje esse conceito é pautado também pelas inovações da tecnologia da construção e da tecnologia aplicada ao edifício (funcionalidades);
- Venustas: diz respeito da beleza, as aparências em arquitetura. Cabe dizer que a “beleza” era tratada por Vitruvius sob o regimento das ordens clássicas e por essa razão a beleza ou as aparências em arquitetura foram objetos de muitas controvérsias ao longo das discussões teóricas em arquitetura.

Além dessa importante ponderação sobre a Tríade Vitruviana acredita ser importante comentar sobre a arquitetura republicana discutida BRANDÃO (2003). A arquitetura republicana deve ser compreendida sob o seguinte aspecto: “em que medida a obra se alimenta de princípios e valores a serem compartilhados e próprios ao destino comum de um determinado grupo social e contexto”. Dessa forma cabe entender que

a arquitetura tem uma função ampla a prestar à sociedade, não apenas a função básica<sup>9</sup> a que ela se presta.

Tendo sido comentado dois importantes norteadores da arquitetura, cabe comentar alguns fundamentais limitadores e definidores da arquitetura que têm por si mesmos um caráter de ordem prática, a citar:

- Aspectos geográficos
- Topografia
- Inserção Urbana
- Programa de Necessidades
- Racionalização Espacial
- Ordenamento de Fluxos internos e externos
- Aspectos Legais e Normativos
- Conforto Ambiental (Térmico e Iluminação)
- Sistema Construtivo e Técnicas Disponíveis
- Estrutura e Instalações Complementares
- Custos
- Estética (Linguagem Arquitetônica)

Até este momento foram demonstrados diversos exemplos e bases teóricas em arquitetura que demonstraram os avanços propostos pelos arquitetos em busca de uma solução ampla para as demandas e problemas sociais. Dentre os avanços podemos destacar:

- Uso de uma lógica modular, a fim de ordenar e sistematizar a execução de obra e de ordenar de forma racionalizada os usos da edificação. Com o sistema modular busca-se também ampliar as possibilidades de intercâmbio de elementos construtivos e demais componentes que geram as edificações;
- Uso de sistemas industrializados para os componentes construtivos, a fim de otimizar os custos e prazos, além de criar uma padronização ótima construtiva de forma a equalizar as soluções da arquitetura;

---

<sup>9</sup> A função básica neste caso diz respeito da função a que se presta o edifício, por exemplo: uma escola, um banco, uma lanchonete ou um prédio de apartamentos. A função ampla da arquitetura deve extrapolar os limites conceituais da função básica.

- Simplificação dos modos de acabamentos, pode-se dizer que dentro das vanguardas da arquitetura do século XX, principalmente no chamado estilo internacional do modernismo, a simplificação da aparência na arquitetura favoreceu a globalização da linguagem arquitetônica. Isso vai de encontro com a industrialização que trata esse trabalho. Isto não significa que a identidade local e as necessidades de cada arquitetura ficam comprometidas, para isso basta observar os inúmeros exemplares de arquitetura que se utilizam dos mesmos princípios e que garantem as identidades e as razões de serem de cada região do Brasil e do Mundo;
- Uso do raciocínio da flexibilização da arquitetura, o conceito de flexibilidade é um reflexo do advento da liberação da estrutura x vedações propostos nas vanguardas da arquitetura do século XX. Essa ideia vai de encontro, no contexto atual de sustentabilidade, já que a cada novo uso que um edifício é solicitado fica mais fácil de ser transformado. O funcionalismo na arquitetura concebida, refém de um programa de necessidades, torna-se, neste contexto, inadequado.

Por fim podemos perceber que o pensar em arquitetura é na realidade a síntese de uma cultura própria com as considerações amplas e interconectadas com todas as esferas humanas, de modo que a arquitetura faz a ponte entre todos agentes envolvidos na criação da demanda, elaboração do produto, construção do produto e identificação do uso do produto (edificação).

### **8.1 A Arquitetura como Forma Profissional**

Considera-se importante, no contexto deste trabalho, ressaltar as atividades e as formações dos profissionais da arquitetura no panorama social nacional, de forma a promover uma melhor compreensão do papel do arquiteto e do projeto de arquitetura como definidor e mediador das articulações sociais, culturais e técnicas.

*O perfil do egresso de um curso de Arquitetura e Urbanismo envolverá uma formação de profissional generalista, apto a compreender e traduzir as necessidades de indivíduos, grupos sociais e comunidade, com relação à concepção, organização e construção do espaço interior e exterior, abrangendo o urbanismo, a edificação, o paisagismo, bem como a conservação e a valorização do patrimônio construído, a*

*proteção do equilíbrio do ambiente natural e a utilização racional dos recursos disponíveis. (Diretrizes curriculares MEC, 2005)<sup>10</sup>*

Cabe comentar também como a arquitetura é conduzida hoje no Brasil, Segundo ASBEA<sup>11</sup> é necessário conhecer as principais atividades que integram as atividades de um projeto, a citar: concepção, execução e coordenação. Onde destacamos a definição dada, pela ASBEA, à concepção: é a interpretação de um programa previamente estabelecido, representado graficamente por desenhos técnicos, fotos, maquetes, etc., definindo o partido adotado como a melhor alternativa de solução. A concepção se inicia com os estudos preliminares e se aperfeiçoa através do natural amadurecimento das ideias.

Ainda segundo ASBEA o objetivo principal do projeto de arquitetura é a execução da obra idealizada pelo arquiteto. Essa obra deve-se adequar aos contextos natural e cultural em que se insere além de responder às necessidades do cliente e dos futuros usuários, acrescento ainda as necessidades de adequação com as normas e regulações individuais de cada contexto. Dessa forma para compreender a função do projeto de arquitetura é necessário demonstrar que o projeto em arquitetura acontece em etapas bem definidas que podem ser assim descritas segundo ASBEA:

- Levantamento de dados: fase de definições, verificações e análises preliminares. Dimensionamento do programa de necessidades, averiguações legais, definição dos padrões construtivos, objetivos do cliente, informações do terreno;
- Estudo preliminar: constitui a configuração inicial da solução arquitetônica para a edificação, considerando-se as principais definições contidas no Levantamento de dados;
- Anteprojeto: Resultado final da solução arquitetônica proposto para obra;
- Projeto Legal: constitui a configuração técnico-jurídica da solução arquitetônica;

---

<sup>10</sup> Retirado do parecer CNE/CES 112/2005, aprovado em 06 de abril de 2005. Disponível no portal do Ministério da Educação e Cultura em [http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/pces0112\\_05.pdf](http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/pces0112_05.pdf), 26 de janeiro de 2013.

<sup>11</sup> Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura. As etapas de projeto descritas foram retiradas do Manual de Contratação de Serviços de Arquitetura e Urbanismo, Editora PINI, 1992.

- Projeto executivo: desenvolvimento do anteprojeto de forma a consolidar em um conjunto de documento as informações do projeto de arquitetura e seus complementares, compatibilizados. Esta fase pode ser subdividida em quatro outras fases: **pré-executivo** (desenvolvimento do anteprojeto de forma a verificarem-se as interferências com os projetos complementares); **projeto básico** (constituído da solução desenvolvida do anteprojeto de arquitetura já compatibilizada com os projetos complementares que juntamente com os projetos básicos complementares é possível executar uma licitação – conforme resolução do Confea<sup>12</sup>); **projeto de execução**: complementação do projeto básico com todas as informações necessárias a execução de obra; **detalhes de execução**: documentos necessários à melhor compreensão dos elementos do projeto para sua execução, fabricação ou montagem. Nos casos onde as soluções não exigem detalhamentos ou o projeto de execução for suficiente para elucidar plenamente a obra essa subfase poderá deixar de existir – exemplo: edifícios públicos que sejam sistematizados e padronizados<sup>13</sup>.

Por fim fica demonstrado que o perfil do profissional de arquitetura deve se ater à uma multiplicidade de fatores ao elaborar um projeto dentre elas estão as questões construtivas, legais, sociais e econômicas. Demonstra-se também que os regimentos metodológicos mínimos de elaboração de um projeto em arquitetura funcionam como balizadores para a adequação dos diversos fatores que influenciam para todas as tomadas de decisão. Assim evidencia-se que o processo projetual está condicionada muito mais à um contexto generalista que a desejos individuais dos arquitetos.

---

<sup>12</sup> A resolução 361 do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia define o que são os conjuntos de documentos que conformam o projeto básico à luz do Decreto Lei 2.300 de 21 de novembro de 1986.

<sup>13</sup> No capítulo específico sobre o Estudo de Caso a situação de um edifício público onde busca-se a padronização e sistematização dos elementos projetados será abordado.

## 9 ESTUDO DE CASO

*Em 1921 o arquiteto Le Corbusier declarou que as casas deveriam ser produzidas em série, assim como as linhas de montagem dos automóveis da FORD (CHEMILLIER, 1980).*

A seguir apresenta-se um estudo de caso de um ‘anteprojeto de arquitetura’. Trata-se de um edifício Anexo à um Instituto da Universidade Federal de Minas Gerais, em que a concepção arquitetônica partiu de premissas definidas e bem estruturadas, onde o sistema construtivo em pré-fabricados de concreto foi uma das premissas. O projeto foi desenvolvido pela equipe do Departamento de Planejamento Físico e Projetos – DPFP – pertencente à Pró-Reitoria de Planejamentos da UFMG no ano de 2012.



*Figura 21 – Imagem do projeto (modelo virtual) do Anexo do Instituto pertencente à Universidade Federal de Minas Gerais. Retirado do caderno de apresentação do projeto. (Fonte: DPFP, 2012).*

A decisão da escolha do sistema estrutural para o Anexo tem por base a necessidade da Universidade em realizar as suas edificações com curtos prazos e com o máximo de eficiência e qualidade. Assim, como sinaliza a própria história desse sistema construtivo, a escolha pela utilização do pré-fabricado mostrou-se apropriada. A adoção do sistema construtivo industrializado tem por objetivo reduzir o tempo de construção, reduzir a geração de resíduos e também a redução dos impactos

decorrentes da implantação de um canteiro de obra em meio à comunidade universitária em pleno funcionamento.

O projeto desenvolve-se em um pavilhão principal de cinco pavimentos e dois outros blocos de apoio. O bloco pavilhonar foi concebido construtivamente com o sistema pré-fabricado de concreto protendido com lajes alveolares. As vigas perimetrais de travamento são em seção retangular com as mísulas de encaixe tipo “dente gerber”, não há vigas intermediárias, nem forros, de forma a facilitar a passagens das instalações complementares aparentes sem necessidade de curvas, desvios e adaptações. O projeto estrutural foi proposto em condições hiperestática, de forma a minimizar fissuras nas juntas das placas de lajes de piso, condição que pode ser comum em edifícios de pré-fabricados em condições isostáticas<sup>14</sup>.

No contexto deste trabalho, com as investigações a que se propõe sobre a concepção do projeto, o foco principal será dado ao bloco principal, que foram propostos em forma deslizantes. Os blocos de apoio não foram concebidos no sistema pré fabricado devido a proporção de sua escala reduzida, porém foi pensado dentro de um tipo de sistema que segue a lógica da agilidade do sistema industrializado. A forma deslizante para a construção de elementos arquitetônicos possui uma agilidade reconhecida. É comum na construção de torres de edifícios a execução da caixa de escada e elevadores neste sistema. Geralmente esses elementos são o travamento estrutural e são executados na primeira fase da obra para servir de circulação dentro do próprio canteiro.

A seguir apresenta-se a planta típica do bloco Anexo, podem ser observados o bloco principal, os dois blocos de apoio e o trecho do edifício existente (canto direito inferior):

---

<sup>14</sup> *Em mecânica estrutural, diz-se que uma estrutura é isostática quando o número de restrições é rigorosamente igual ao número de equações da estática. É, portanto, uma estrutura estável.*

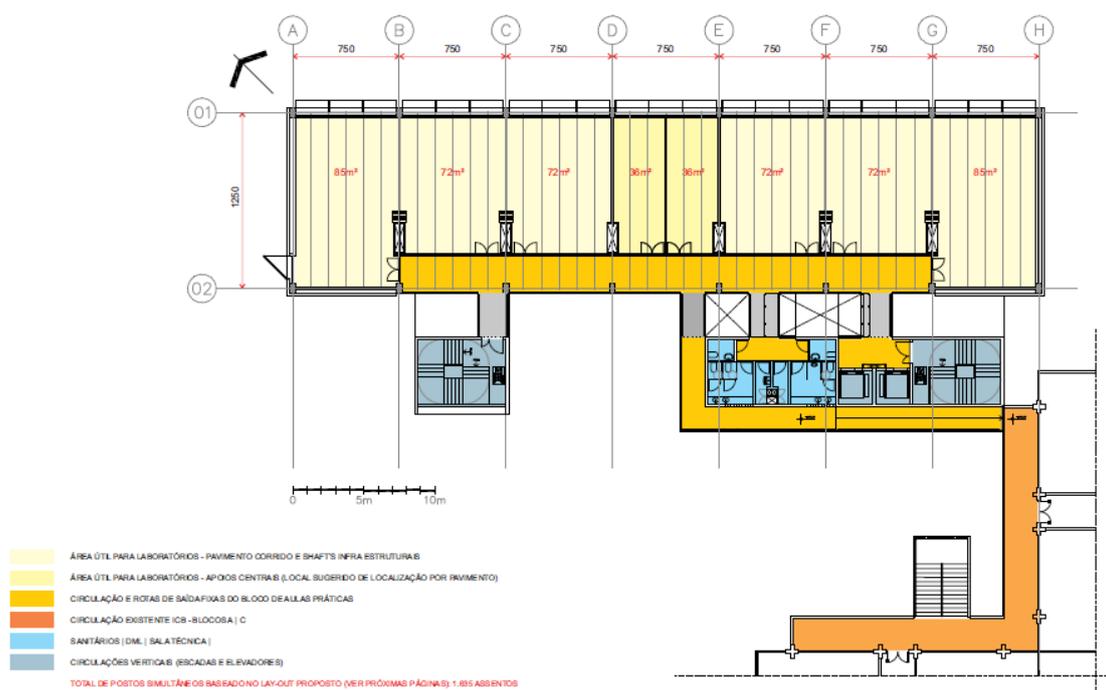


Figura 22 – Imagem da planta do pavimento típico do projeto do Anexo do Instituto pertencente à Universidade Federal de Minas Gerais. O bloco principal concebido em pré-fabricado está contido entre os eixos A-H e 01-02. Os blocos de apoio contêm circulação vertical, sanitários e apoios técnicos. Estes blocos de apoio foram concebidos em concreto com forma deslizante. As passarelas de conexão entre blocos do Anexo e entre o Instituto (existente) em material metálico. Retirado do caderno de apresentação do projeto. (Fonte: DPFP, 2012).

O prédio apresenta, em planta, uma ordenação modular rigorosa que favorece a utilização do sistema pré-fabricado industrializado, foram estabelecidos vãos de 7,50m (intereixos de A-H) que são vãos econômicos admitidos pelas indústrias de pré-fabricados e que favoreceram o dimensionamento das salas internas pensadas para o edifício. As lajes de concreto protendido ficam em seis faixas de 1,25m de largura cada – representados em planta pelas modulações intermediárias entre os eixos A-H – são postas de forma biapoiadas sem a necessidade de vigas intermediárias. Com essa solução as instalações complementares, que correm aparentes (no padrão da UFMG), podem ser instaladas livres de qualquer interferência. As lajes são protendidas no sentido perpendicular ao prédio com um vão de 12,5m entre apoios. Esse vão é econômico para um sistema protendido.

O projeto foi proposto como um prédio de salas de aulas práticas do Instituto da UFMG. As salas tinham como premissa serem compartilhadas entre todos os departamentos do Instituto. De forma que as necessidades específicas de cada aula

não poderiam limitar a utilização dos espaços pelos diversos departamentos. Desse modo a flexibilidade de uso, devido ao compartilhamento, seria fundamental. Cabe salientar também que o dimensionamento do prédio ficou limitado pelo potencial construtivo e o potencial de ocupação dentro do quarteirão do Campus Pampulha da UFMG<sup>15</sup>, que atingiu sua máxima ocupação com a construção deste edifício.

Neste contexto foi necessário definir os espaços flexíveis e os espaços permanentes do prédio de forma a organizar e definir as ocupações ao longo dos anos, dentro da mesma abordagem proposta por Habraken com a Teoria dos Suportes (1926). Dessa forma podem ser assim descritos:

- Espaços flexíveis: salas internas as salas de aulas seriam de planta livre, sem divisórias pesadas e fixas. Deveriam ser fechadas com divisórias tipo dry-wall, que são de fácil remoção, ou então, em situações específicas, deveriam ser usadas divisórias articuladas removíveis. Não deveria haver furos nas lajes para passagem de tubulações de esgotos ou outro elemento qualquer, o que definiria um elemento fixo pontual. Todas as instalações deveriam ser previstas dentro dos shafts e as instalações deveriam ser subordinadas à lógica da flexibilidade dos ambientes.
- Espaços permanentes: circulações verticais (escadas e elevadores), salas técnicas (sala de rack, salas de quadros elétricos, depósitos, arquivos), sanitários, circulações horizontais (dimensionados pelas normas de segurança) e os shafts infraestruturais.

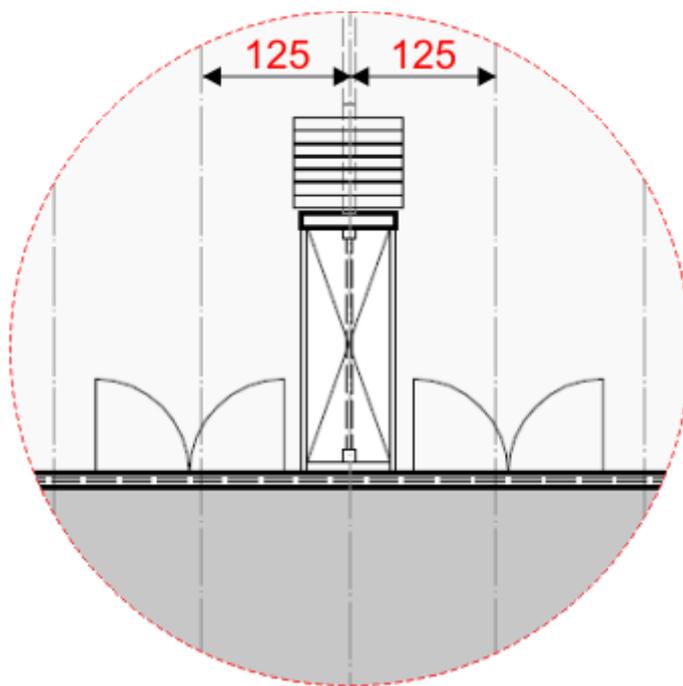
A setorização racional desses espaços possibilitou o melhor aproveitamento possível dos espaços nobres do edifício – as salas de aula prática. A partir da definição racional dos espaços permanentes e flexíveis a solução técnica construtiva foi assim definida:

- Execução do plano de laje livre sem vigas e pilares intermediários definiu a necessidade de utilizar as vigas alveolares protendidas para vencer os vãos com a geometria necessária (sem vigas intermediárias);
- Uma vez definido o tipo de laje definiu-se a forma e a posição dos shafts. Estes foram propostos junto à circulação horizontal (corredores), que também é um elemento permanente, em dimensão e números adequados abrigar as

---

<sup>15</sup> O Campus Pampulha da Universidade Federal de Minas Gerais tem um regulamento próprio de uso e ocupação do solo. Este documento aprovado pelo conselho universitário pela RESOLUÇÃO No 08/2009, DE 16 DE JUNHO DE 2009, conforma o Plano Diretor do Campus UFMG. Nesse documento são parametrizadas as formas de ocupação e edificação.

instalações necessárias nos primeiros anos da edificação e também com uma margem de segurança adequada para abrigar os possíveis crescimentos de demandas instaladas ao longo da vida útil do edifício. Assim os shafts foram propostos sendo recortados 40cm a cada par de lajes faixa (conforme figura abaixo) com o comprimento necessário. Dessa forma as duas lajes – que juntas formam os shafts – continua biapoiada, protendida e sem necessidade de inserts auxiliares.



*Figura 23 - Demonstração de como foi pensado o recorte da laje de 125cm. A cada par de lajes foi proposto um recorte de 40cm pelo comprimento que fosse necessário. Dessa forma o par de lajes conjugadas poderia resultar em um shaft de 80cm de largura pelo comprimento necessário. Essa solução permite que a laje continue biapoiada sem a necessidade vigas ou inserts auxiliares. Esta solução também permite que a placa seja protendida mesmo com os recortes feitos. Editado do caderno de apresentação do projeto. (Fonte: DPFP, 2012).*

Foram propostos seis shafts no bloco principal, que atenderia as necessidades de cada agrupamento de pares de salas. A seguir a imagem demonstra a posição relativa dos shafts percorrendo os pavimentos até a cobertura, onde foram posicionados os equipamentos funcionais do edifício (condensadoras de ar condicionado, exaustores de capelas, compressores de ar comprimido, etc.). Esta imagem esclarece como a posição e a quantidade de shafts ordena e possibilita o crescimento futuro dos usos do Anexo.

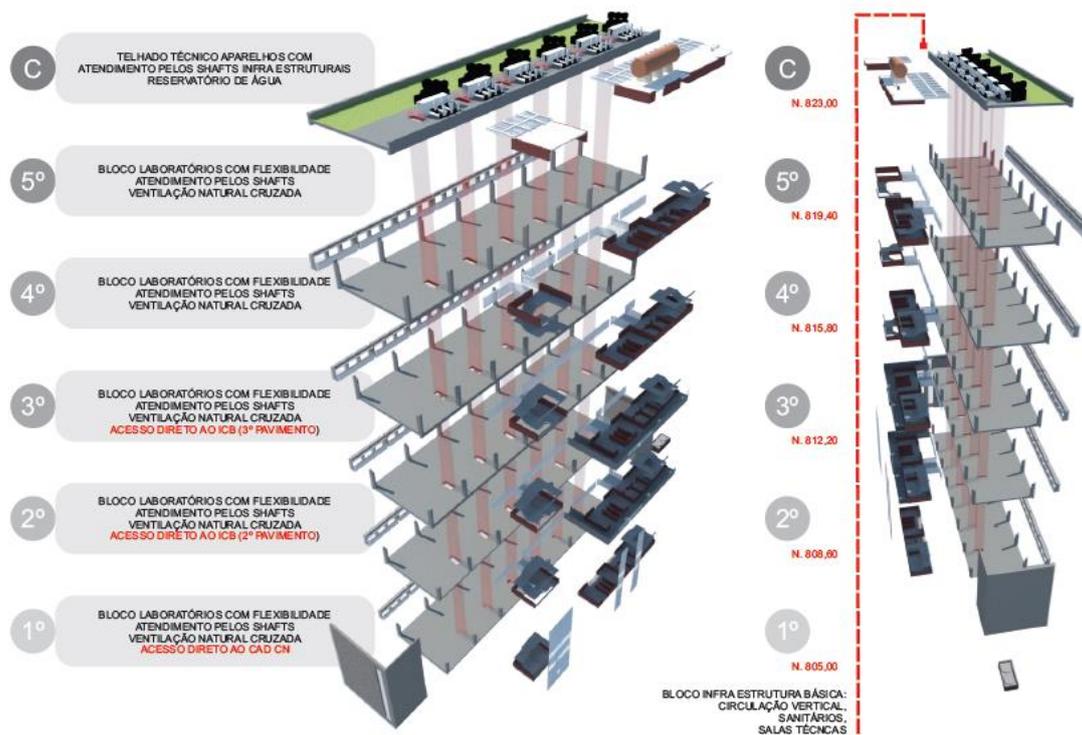


Figura 24 – Diagrama explodido do Anexo. Posição relativa dos shafts. Retirado do caderno de apresentação do projeto. (Fonte: DPFP, 2012).

Definição da posição das instalações foi um ponto importante para a definição da flexibilidade na edificação. O teto livre, sem viga intermediárias, é um outro ponto facilitador para a flexibilidade espacial. Neste caso qualquer alteração de proposta na sala pode ser atendida pela alteração das instalações, que correm por eletrocalhas e dutos aparentes, sem necessidades de obras ostensivas. A manutenção, de forma análoga, fica facilidade dentro deste contexto.



*Figura 25 - Exemplo de arquitetura contemporânea onde as instalações (elétricas, lógica, A.C., etc., correm aparentes no teto livre e sem forro. Essa proposta faz, em certa medida, alusão à arquitetura brutalista (1950-60). Projeto de arquitetura Andréa Gonzaga. (Fonte: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-ler.php?cod=559>, janeiro 2013).*

Outro definidor do espaço é a ordenação modulação que além de definir de forma racional a posição das peças de montagem e construção é definidora da posição da ocupação do edifício. A imagem a seguir apresenta um mapa de ocupação proposta para um dos pavimentos do bloco Anexo. Neste caso pode-se notar que a definição das espacializações segue a ordenação modular da estrutura, dessa forma fiam garantidas as alimentações infraestruturais previstas pelos shafts, as iluminações naturais provenientes das janelas e bandejas de luz locadas entre os pilares principais além de proporcionar uma equalização de ocupação – ponto fundamental quando se trata de uma edificação pública.

Por esta planta pode ser notada a proposta de flexibilidade de uso, entre as salas locadas inteiros AB-BC e EF-FG podem ser ocupadas de forma individual ou compartilhadas já que possuem um sistema de divisórias retráteis. Outra forma de flexibilização do espaço pode ser atribuída à paredes intermediárias às salas propostas em elementos leves (dry-wall) e o mobiliário – neste caso não foram concebidas bancadas construídas e sim um tipo de mobiliário para laboratórios que de ajusta às necessidades de uso sem causar transtornos numa eventual necessidade de mudança de uso e nova leiautação das salas.

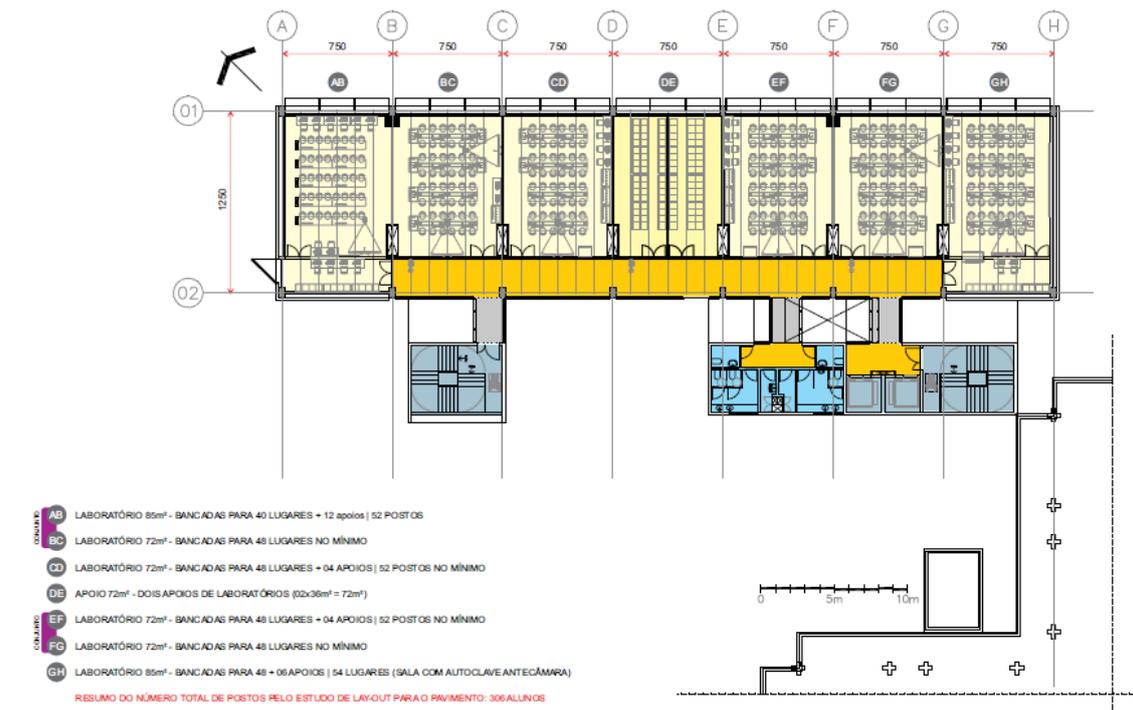


Figura 26 - Planta de leiaute com a ocupação proposta para um dos pavimentos do bloco Anexo do Instituto da UFMG. Editado do caderno de apresentação do projeto. (Fonte: DPFP, 2012).

Dessa forma, cabe destacar, que o projeto para o Anexo foi concebido dentro de padrões construtivos justificados pelas necessidades específicas, caracterizadas pelas necessidades de ampliações de espaços físicos da universidade e esse crescimento devendo acontecer em curtos prazos. E assim as justificativas teóricas, dentro da cultura arquitetônica, foram contempladas e devidamente utilizadas.

## 10 CONCLUSÕES

As vanguardas da arquitetura do início do século XX sinalizaram os modos de se projetar e conceber as arquiteturas de uma forma racionalizada e industrializada. Os conceitos provenientes dessas primeiras arquiteturas modernas<sup>16</sup> ditaram a evolução das necessidades arquitetônicas que se traduzem nas formas industriais dos materiais e das peças que hoje estão disponíveis para as contemporâneas construções. Neste sentido o sistema construtivo em pré-fabricados de concreto pode ser inserido dentro da uma ótica arquitetural.

Os arquitetos que colocaram em prática teorias que, por vezes, eles próprios desenvolveram deram as diretrizes conceituais como a coordenação modular, o descolamento das vedações e estruturas, a planta livre, a teoria da arquitetura aberta e os suportes e a flexibilidade arquitetônica, podem ser extraídos e explorados em projetos concebidos com o sistema em pré-fabricados.

As arquiteturas concebidas dentro dos conceitos estudados nesta monografia foram, ao longo do século XX, testadas em diversos exemplos arquiteturais. Pode-se observar experiências recentes em que as transformações de usos em edifícios concebidos com a “estrutura aberta”<sup>17</sup> resultaram em projetos bem sucedidos, evidenciando o sucesso das propostas originais. Exemplo recente são os projetos arquitetônicos desenvolvidos pela UFMG no contexto do programa de reestruturação das universidades do governo brasileiro (REUNI).

Cabe destacar, portanto, que projetos concebidos nos moldes do Anexo<sup>18</sup>, concebido em estrutura pré-fabricada, podem se utilizar das bases conceituais estabelecidas e consagradas. As justificativas das necessidades observadas a cada projeto podem ser relativizadas, porém sob uma mesma ótica na qual o sistema pré-fabricado pode ser pensado sob sólidas bases conceituais. Estas bases conceituais podem balizar os apontamentos das primeiras condicionantes projetuais na concepção arquitetônica dentro do sistema construtivo em pré-fabricados de concreto e dessa forma apontam-se:

- Uso da coordenação modular ou uma ordenação modular;

---

<sup>16</sup> O conjunto de movimentos e escolas que configuram o período da arquitetura moderna estende-se das décadas de 1910-1950.

<sup>17</sup> Conforme a Teoria dos Suportes de Habraken.

<sup>18</sup> Anexo do Instituto da UFMG objeto do estudo de caso dessa monografia.

- Uso das ideias de flexibilidade;
- Construção aberta definida pela Teoria dos Suportes;
- Concepção em planta livre, com divisões internas em elementos leves;
- Definição das posições das infraestruturas complementares que servem aos usos propostos e com as devidas previsões de crescimento;
- Isonomia de tratamento entre os usuários, justificando o uso da modulação como princípio regente das configurações internas.

Portanto, as concepções dos projetos de arquitetura com sistema construtivo em pré-fabricados de concreto submetem-se aos rigores de um modelo racionalizado e industrializado que podem ser tratados à luz de uma tradição arquitetônica. Resultando assim, em edifícios contextualizados com as necessidades e com a paisagem em que se insere. Apoiando-se, portanto, nos exemplos bem sucedidos das arquiteturas predecessores que sustentam essa tradição.

## 11 BIBLIOGRAFIA

BALDAUF, Alexandra Staudt Follmann e GREVEN, Hélio Adão. **Introdução à coordenação modular da construção no Brasil: uma abordagem atualizada.** Coleção Habitare, Porto Alegre: ANTAC, 2007.

BRUNA, Paulo. **Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento.** EDUSP/Perspectiva, Coleção Debates, número 135, São Paulo, 1976.

BRANDÃO, Carlos Antônio Leite. **A República da Arquitetura.** REVISTA USP, São Paulo, n.59, p. 8-21. São Paulo 2003.

FERREIRA, M. A. **A importância dos sistemas flexibilizados (Apostila),** 2003.

FRAMPTON, Kenneth. **História Crítica da Arquitetura Moderna.** Kenneth Framton; tradução Jefferson Luiz Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

HERTZBERG, Herman. **Lições de Arquitetura.** 1ª Edição. Herman Hertzberger; tradução Carlos Eduardo Lima Machado. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

MACIEL, Carlos Alberto Batista. **O sistema básico da UFMG e seus precedentes: infraestrutura, crescimento, superação da função e construção da paisagem.** Publicado para o 9º Seminário Docomomo Brasil, 2011. [http://www.docomomo.org.br/seminario%209%20pdfs/110\\_M25\\_RM-OSistemaBasicoDAUFMG-ART\\_carlos\\_maciel.pdf](http://www.docomomo.org.br/seminario%209%20pdfs/110_M25_RM-OSistemaBasicoDAUFMG-ART_carlos_maciel.pdf)

MALARD, Maria Lúcia. **Alguns Problemas de Projeto ou de Ensino de Arquitetura.** In: MALARD, Maria Lúcia (organizadora) *Cinco Textos Sobre Arquitetura.* Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 236p.

MALARD, Maria Lúcia. **As Aparências em Arquitetura.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. 144p.

MANENTI, Leandro. **Princípios de ordem projetual na obra de Vitruvius Arquitetura.** Universidade do Vale do Rio dos Sinos Brasil - Unisinos, vol. 6, nº1; 2010. Disponível em <http://www.arquiteturarevista.unisinos.br/pdf/64.pdf>, janeiro 2013.

NEVES, Laert Pedreira. **Adoção do Partido na Arquitetura.** 3ª Edição. Salvador – Bahia: Ed. EDUFBA, 2011. 232p.

ROSSO, T. **Teoria e prática da coordenação modular.** São Paulo: FAUUSP, 1976

SALAS, S. J. **Construção Industrializada: pré-fabricação**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1988.

VASCONCELOS, A. C. **O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações**. Volume III. São Paulo: Studio Nobel, 2002.

VITRUVIUS, Pollio. **The Ten Books on Architecture**, 332 p. New York, 1960.

Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura. **Manual de contratação de serviços de arquitetura e Urbanismo / Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura** – São Paulo: Pini, 1992.

**Grupo de Pesquisa Morar de Outras Maneiras**: Grupo pertencente ao departamento de projetos da Escola de Arquitetura da UFMG. Material completo das pesquisas e publicações disponível em <http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/index.html>. Novembro 2012.

**Evolução dos Pré-fabricados de Concreto**. Parte integrante do estudo realizado no 1º encontro nacional de pesquisa de projeto produção em concreto pré-moldado. Núcleo de Estudos e Tecnologia em Pré-moldados (NET-PRÉ): pertencente do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos. Disponível em [www.set.eesc.usp.br/1enppcpm/cd/conteudo/trab\\_pdf/164.pdf](http://www.set.eesc.usp.br/1enppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf). Acessado em Novembro 2012.

<http://openbuildings.com/buildings/weissenhof-estate-profile-28810>, visitado em janeiro 2013.

<http://www.fag.edu.br/graduacao/arquitetura/editoral/arquiteturaflexivel.PDF>, visitado em janeiro 2013.

[http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos\\_2009-1/modularidade/modularidade.pdf](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2009-1/modularidade/modularidade.pdf), visitado em janeiro 2013.

<http://www.premodisa.com.br/produtos/lajes>, visitado em janeiro 2013.