

Andréa Maria Valverde Freire

**COORDENAÇÃO MODULAR DE PROJETOS COMO
FERRAMENTA PARA A RACIONALIZAÇÃO DA
CONSTRUÇÃO**

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
de Título de MBA em Tecnologia e Gestão na
Produção de Edifícios

São Paulo
2006

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Andréa Maria Valverde Freire

**COORDENAÇÃO MODULAR DE PROJETOS COMO
FERRAMENTA PARA A RACIONALIZAÇÃO DA
CONSTRUÇÃO**

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
de Título de MBA em Tecnologia e Gestão na
Produção de Edifícios

Orientador:

Professor Dr. Fernando Henrique Sabbatini

**Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo**
São Paulo
2006

FICHA CATALOGRÁFICA

Freire, Andréa Maria Valverde

Coordenação modular de projetos como ferramenta para a racionalização da construção / A.M.V. Freire. – São Paulo, 2006. 139 p.

Monografia (MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1. Coordenação modular 2. Racionalização da construção (Projeto) 3. Industrialização da construção I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao Professor Dr. Fernando Henrique Sabbatini, pelos seus ensinamentos no desenvolvimento deste trabalho e em todo o decorrer do MBA, e pela paciente e dedicada orientação, fundamental para a conclusão desta Monografia.

Aos professores Mércia Barros e Francisco Cardoso, pelo incentivo constante em todo o curso e, principalmente, durante as disciplinas específicas da monografia.

À todos os professores do MBA pelas aulas e ensinamentos passados.

À R.Yazbek Desenvolvimento Imobiliário pelo apoio e pelas informações concedidas. Em especial, ao engenheiro Renato Genioli, Diretor de Construção, pelo incentivo e credibilidade.

Às Construtoras Adolpho Lindenberg e Tecnisa pela troca de informações, colaborando com o desenvolvimento e finalização da monografia.

À amiga e arquiteta Érica pelos agradáveis sábados dedicados ao MBA (e por me agüentar por tanto tempo!).

À minha mãe Célia e aos meus sogro e sogra, Tio Paulo e Tia Lena, por estarem sempre presentes.

Ao meu saudoso pai, Josemir, por tudo que ele me ensinou.

Em especial, ao meu marido Tomás, meu grande incentivador e exemplo. Obrigada pela presença e apoio constante e incondicional, por todos os ensinamentos, pela enorme paciência e pelo carinho em ler e corrigir todos os capítulos, acompanhando cuidadosamente, passo a passo, a evolução da monografia.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| LISTA DE FIGURAS..... | i |
| LISTA DE TABELAS..... | iii |
| RESUMO | |
| ABSTRACT | |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. A escolha da coordenação modular..... | 13 |
| 1.2. Objetivos..... | 14 |
| 1.3. Metodologia da pesquisa..... | 15 |
| 1.4. A importância do estudo comparativo..... | 16 |
| 1.5. Estrutura do trabalho..... | 18 |
| 2. INDUSTRIALIZAÇÃO E RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL | 19 |
| 2.1. A evolução da construção civil | 19 |
| 2.2. Industrialização da construção | 24 |
| 2.3. Racionalização da construção..... | 29 |
| 3. A COORDENAÇÃO MODULAR..... | 32 |
| 3.1. Histórico | 32 |
| 3.2. O papel da Coordenação Modular na industrialização e na racionalização da construção | 39 |
| 3.3. Normas sobre coordenação modular | 42 |
| 3.4. Coordenação modular e coordenação dimensional | 45 |
| 3.5. Princípios para a aplicação da coordenação modular..... | 45 |
| 3.5.1. Sistema de Referência..... | 46 |

| | |
|---|----|
| 3.5.1.1. Reticulado Espacial Modular de Referência..... | 46 |
| 3.5.1.2. Quadriculado Modular de Referência..... | 47 |
| 3.5.2. Módulo Básico | 47 |
| 3.5.2.1. Multimódulo e Submódulo..... | 49 |
| 3.5.3. Ajuste Modular | 51 |
| 3.5.3.1. Ajuste Modular Positivo..... | 51 |
| 3.5.3.2. Ajuste Modular Negativo | 52 |
| 3.5.3.3. Ajuste Modular Nulo | 52 |
| 3.6. Definições e diretrizes para projeto | 53 |
| 3.6.1. Definições | 53 |
| 3.6.2. Diretrizes para projetos coordenados modularmente | 55 |
| 3.6.2.1. Dimensionamento dos componentes | 55 |
| 3.6.2.2. Definição das tolerâncias | 56 |
| 3.6.2.3. Seleção de medidas modulares | 56 |
| 3.6.2.4. Posicionamento dos componentes no sistema de referência .. | 59 |
| 3.6.2.5. Detalhes dos componentes modulares | 61 |
| 4. A COORDENAÇÃO MODULAR NA CONSTRUÇÃO CIVIL | 63 |
| 4.1. Definição de vãos verticais e horizontais..... | 63 |
| 4.1.1. Definição de vãos verticais | 64 |
| 4.1.2. Definição de vãos horizontais | 71 |
| 4.1.2.1. Conjunto vedação | 72 |
| 4.1.2.2. Componentes Estruturais..... | 73 |
| 4.2. Definição dos vãos de janelas e portas..... | 75 |
| 4.3. Definição das instalações sanitárias | 76 |
| 4.4. Definição dos revestimentos | 78 |

| | |
|--|-----|
| 4.5. Definição das escadas | 79 |
| 4.6. A obra modulada | 79 |
| 5. ESTUDO COMPARATIVO | 82 |
| 5.1. O papel do projeto na produção de edifícios | 82 |
| 5.2. O processo de projeto tradicional..... | 83 |
| 5.3. O processo de projeto aplicando a coordenação modular | 86 |
| 5.4. Projetos de arquitetura | 93 |
| 5.5. Projetos de vedações | 105 |
| 5.6. Exemplo de modulação de componentes: análise dos caixilhos..... | 106 |
| 5.6.1. Padronização dos caixilhos | 107 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 127 |
| 6.1. Análise final..... | 127 |
| 6.2. Análise crítica do trabalho | 130 |
| 6.3. Sugestões para futuros trabalhos..... | 131 |
| ANEXO A | 133 |
| BIBLIOGRAFIA | 138 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.3.1. Resumo das atividades desenvolvidas na pesquisa..... | 3 |
| Figura 3.1.1. “Homem Vitruviano” – desenho concebido por Leonardo da Vinci | 20 |
| Figura 3.1.2. “O Modulor” – Le Corbusier | 21 |
| Figura 3.5.1. Reticulado Espacial Modular de Referencia..... | 34 |
| Figura 3.5.2. Quadrícula Modular: 1- quadrícula modular para módulo M; 2- quadrícula modular para multimódulo 3M; 3- quadrícula justaposta..... | 35 |
| Figura 3.5.3. Exemplo de Ajuste Modular Positivo..... | 39 |
| Figura 3.5.4. Exemplo de Ajuste Modular Negativo..... | 40 |
| Figura 3.5.5. Exemplo de Ajuste Modular Nulo..... | 40 |
| Figura 3.6.1. Representação Gráfica de algumas definições apresentadas.... | 42 |
| Figura 3.6.2. Relação entre Dimensão Modular, Dimensão Nominal e Dimensão Real..... | 43 |
| Figura 3.6.3. Representação Simétrica da Tolerância..... | 44 |
| Figura 3.6.4. Componente modular com uma das faces encostada em uma linha do quadriculado modular..... | 48 |
| Figura 3.6.5. Componente Modular com eixo coincidente com uma linha do quadriculado..... | 48 |
| Figura 3.6.6. Exemplo de planta baixa na quadrícula modular..... | 49 |
| Figura 3.6.7. Detalhe de Componente Modular..... | 50 |
| Figura 4.1.1. Vãos verticais modulares..... | 53 |
| Figura 4.1.2. Conjunto laje-piso..... | 54 |
| Figura 4.1.3. Representação de tijolos vazados e maciços no quadriculado de referência..... | 57 |
| Figura 4.1.4. Modulação vertical básica..... | 58 |
| Figura 4.1.5. Posição do bloco com espessura de 15cm em relação ao quadriculado modular..... | 59 |

| | |
|---|-----|
| Figura 4.1.6. Relação entre os componentes estruturais e de vedação dentro da quadrícula..... | 62 |
| Figura 4.2.1. Folga no vão para colocação dos caixilhos..... | 63 |
| Figura 4.2.2. Folga no vão para colocação das portas..... | 64 |
| Figura 4.3.1. Posição dos Equipamentos Sanitários dentro do Quadriculado Modular..... | 65 |
| Figura 4.3.2. Posição das tubulações em relação ao Quadriculado Modular.... | 66 |
| Figura 5.2.1. Projeto de desenvolvimento de projeto mais comum entre empresas construtoras e incorporadoras..... | 73 |
| Figura 5.3.1. Resumo da proposta de fluxo do processo de projeto a ser implantado pelas empresas construtoras e incorporadoras, objetivando a evolução do processo construtivo tradicional apresentada por Barros e Sabbatini (2003)..... | 75 |
| Figura 5.4.1. Planta A com medidas do projeto original..... | 82 |
| Figura 5.4.2. Planta A com medidas modulares..... | 83 |
| Figura 5.4.3. Apartamento da Planta A ampliado – com medidas do projeto original e com medidas modulares..... | 84 |
| Figura 5.4.4. Planta B com medidas do projeto original..... | 85 |
| Figura 5.4.5. Planta B com medidas modulares..... | 86 |
| Figura 5.4.6. Planta C com medidas do projeto original..... | 87 |
| Figura 5.4.7. Planta C com medidas modulares..... | 88 |
| Figura 5.6.1. Planta do apartamento 4 por andar – indicação dos caixilhos..... | 97 |
| Figura 5.6.2. Planta do apartamento 2 por andar – indicação dos caixilhos..... | 98 |
| Figura 5.6.3. Planta do apartamento 1 por andar – indicação dos caixilhos..... | 99 |
| Figura 5.6.4. Relação dimensional de vãos de esquadria..... | 102 |
| Figura 5.6.5. Planta A – apartamento 4 por andar – utilização dos caixilhos do catálogo..... | 109 |
| Figura 5.6.6. Planta apartamento 2 por andar – utilização dos caixilhos do catálogo..... | 110 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 3.3.1. Normas Complementares sobre Coordenação Modular..... | 30 |
| Tabela 4.1.1. Dimensões modulares sugeridas para tijolos vazados de barro cozido..... | 56 |
| Tabela 4.1.2. Dimensões modulares sugeridas para tijolos maciços de barro cozido..... | 56 |
| Tabela 4.1.3. Dimensões modulares sugeridas para blocos vazados de concreto..... | 57 |
| Tabela 4.1.4. Relações dimensionais em função da largura e do comprimento dos componentes..... | 58 |
| Tabela 4.1.5. Exemplos de relações dimensionais das sessões dos pilares.... | 62 |
| Tabela 5.4.1. Variação na área dos apartamentos após a aplicação dos princípios da coordenação modular..... | 81 |
| Tabela 5.6.1. Dimensão dos vãos para os caixilhos da Planta A..... | 97 |
| Tabela 5.6.2. Dimensão dos vãos para os caixilhos da Planta B..... | 98 |
| Tabela 5.6.3. Dimensão dos vãos para os caixilhos da Planta C..... | 100 |
| Tabela 5.6.4. Exemplo de relação dimensional de vãos e esquadrias..... | 102 |
| Tabela 5.6.5. Catálogo de Vãos Modulares, Tipologias e Esquadrias Preferidas..... | 104 |
| Tabela 5.6.6. Comparativo entre os caixilhos das plantas A, B e C com os caixilhos existentes no catálogo proposto pelo Manual Técnico de Modulação de Vãos de Esquadrias..... | 105 |
| Tabela 5.6.7. Relação entre área do ambiente e as áreas de iluminação e ventilação necessárias – dormitório da Planta A..... | 108 |
| Tabela 5.6.8. Relação entre áreas do ambiente e áreas de iluminação e ventilação necessárias – quatro 04 da Planta B..... | 108 |

COORDENAÇÃO MODULAR DE PROJETOS COMO FERRAMENTA PARA A RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo demonstrar a importância da Coordenação Modular de projetos para a racionalização da construção civil.

O assunto é iniciado com um breve relato sobre a construção civil no Brasil e seu contexto atual, seguindo com uma detalhada apresentação sobre a Coordenação Modular, descrevendo desde o seu histórico, as normas existentes, até os seus princípios e diretrizes.

Por fim, é feito um estudo comparativo que permite demonstrar a aplicabilidade da Coordenação Modular nos projetos atualmente praticados no mercado imobiliário da Grande São Paulo.

As informações apresentadas podem ser úteis tanto para o conhecimento e maior divulgação do tema, como também para que projetistas, construtores, incorporadores e fabricantes reavaliem as suas formas de trabalho, e façam uso desta ferramenta em busca de um objetivo comum que é a busca por maior eficiência na indústria da construção civil.

DESIGN MODULAR COORDINATION AS TOOL FOR CONSTRUCTION RACIONALIZATION

ABSTRACT

This research aims to demonstrate the importance of modular coordination in design work toward the rationalization and improvement of the civil construction.

It starts explaining the Brazilian construction environment, followed by a detailed explanation about the modular coordination - from its history to its principles and practices. Finally, a comparative study is presented, reinforcing its applicability on the real state market.

This research is a useful tool for architects, engineers, constructors and manufacturers to evaluate their policies, collaborating with a continuous improvement in the Construction Industry.

1. INTRODUÇÃO

1.1. A ESCOLHA DA COORDENAÇÃO MODULAR

A Construção Civil no Brasil trabalha de forma precária. Predomina a utilização do processo construtivo tradicional, que é entendido como o processo baseado na produção artesanal, com baixa mecanização, utilizando-se de mão de obra na maioria das vezes desqualificada, com elevados índices de desperdícios, altos custos de produção, baixa produtividade e baixos níveis de racionalização. Esse cenário deve-se, em boa parte, à forma como os projetos são desenvolvidos, sem compromisso com a produção e sem buscar, de forma eficaz, a redução de custos, a construtibilidade e o aumento da qualidade dos produtos.

A busca pela maior competitividade através da evolução dos processos construtivos e da melhoria da qualidade dos produtos, vem fazendo com que as empresas construtoras reflitam sobre a necessidade de industrialização e racionalização da construção como forma de se manter competitiva.

Uma alternativa para atingir os níveis desejáveis de racionalização é a utilização dos métodos de coordenação modular. Lucini (2002), define como coordenação modular “o sistema que, a partir de medidas com base em um módulo predeterminado, compatibiliza e organiza tanto a aplicação racional de técnicas construtivas como o uso de componentes¹ em projeto e obra sem sofrer modificações”.

Para o mesmo autor, hoje, devido às mudanças econômicas no contexto da produção de edificações, os processos de racionalização e compatibilização construtiva e dimensional voltam a ser considerados como alternativa para a necessária redução de custos e aumento da produtividade, aliados desta vez, à qualidade construtiva e ambiental. Segundo Melhado (1994), “para a

¹ Entende-se por componente da construção todas e cada uma de suas partes, desde os elementos industrializados mais simples (pregos, dobradiças etc), até os conjuntos funcionais (conjuntos para instalações sanitárias etc).

racionalização da construção, é fundamental a utilização de componentes padronizados e coordenados dimensionalmente, através da qual atinge-se maiores níveis de produtividade e tem-se redução de desperdícios pela redução de cortes e ajustes de componentes”.

Sabbatini (2004)², defende que “a coordenação modular é condição fundamental para a eficiência da montagem industrial”.

Fica claro que a utilização dos métodos de coordenação modular como instrumento para a racionalização da construção é de importância estratégica para mudar a realidade da construção civil no Brasil. A coordenação modular bem aplicada pode proporcionar inúmeros benefícios tanto para a produção, quanto para o projeto, sendo estes os motivos para a escolha deste tema.

1.2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivos:

- 1) analisar a importância da coordenação modular de projetos e a sua contribuição para a racionalização construtiva dos edifícios de múltiplos pavimentos, projetados com estrutura reticulada em concreto e vedações em alvenaria;
- 2) demonstrar a aplicabilidade da coordenação modular em projetos convencionais (projetos feitos pelo método convencional e sem prévia modulação das dimensões) sem que estes percam as suas características iniciais;
- 3) fazer um comparativo entre o método tradicional de desenvolver projeto e o método utilizando a coordenação modular, de forma a levantar dados que possam servir como elementos de análise e comprovações dos benefícios que podem ser obtidos na fase de projeto. Os elementos utilizados para a análise

² Material fornecido no curso MBA-TGP/USP (Tecnologia e Gestão Na Produção de Edifícios) – Disciplina TG-004 (Tecnologia da Produção de Vedações Verticais).

serão os projetos de arquitetura, tendo como foco as vedações e as esquadrias.

1.3. METODOLOGIA DA PESQUISA

A Figura 1.3.1 ilustra, de forma genérica, as ações estabelecidas para atingir os objetivos definidos para esta monografia.

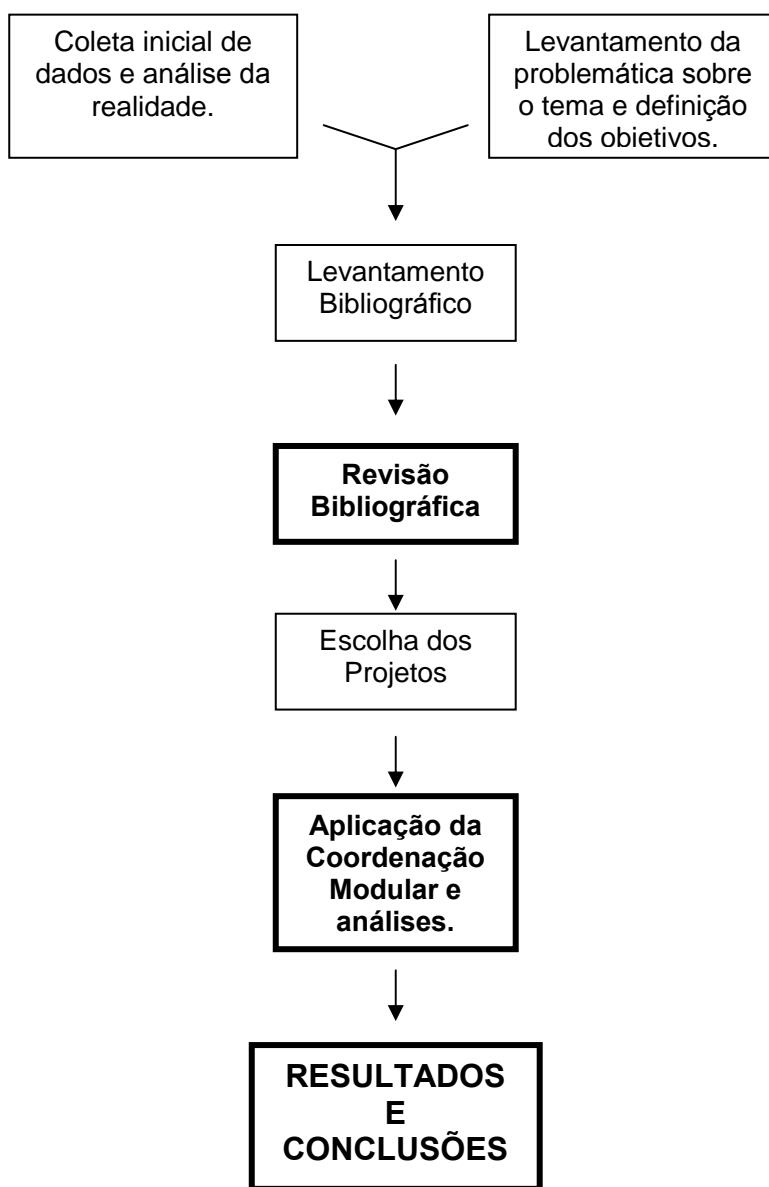


Figura 1.3.1- Resumo das atividades desenvolvidas na pesquisa

As atividades iniciais – coleta primária de dados e levantamento da problemática sobre o tema - foram importantes para a confirmação do tema escolhido e para a definição dos objetivos. Após confirmação do tema foi feito o levantamento bibliográfico e a revisão bibliográfica que foi o suporte necessário para o desenvolvimento do mesmo.

Finalizada a revisão bibliográfica foi feita a escolha dos projetos para desenvolvimento do estudo comparativo. Após definido os projetos, utilizando os conceitos apresentados na revisão bibliográfica, foi feita a simulação da coordenação modular nos projetos escolhidos e por fim, com base nos resultados obtidos, foi feita a análise crítica e conclusão do trabalho.

1.4. A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO COMPARATIVO

No contexto atual, geralmente, os projetos desenvolvidos e entregues à obra não visam a racionalização dos processos construtivos. São tidos como projeto do produto³ e não como projetos voltados para a produção⁴.

Normalmente as obras contam apenas com projetos executivos, que são, genericamente, o detalhamento e a ampliação dos projetos utilizados para aprovação legal (Projeto de Prefeitura). De um modo geral, o desenvolvimento dos projetos, não busca, de forma sistemática, a construtibilidade, a redução de custos e de desperdícios e nem a tentativa de padronização de componentes visando a racionalização construtiva.

Segundo Penteado (1980), “a coordenação modular pode ser definida como um sistema que pode ordenar e racionalizar a construção desde o projeto e fabricação dos componentes, até a execução da obra, podendo ser aplicada

³ Define o que deverá ser produzido, podendo ser apenas um registro gráfico do produto concebido.

⁴ Define como e quando produzir o produto, sendo uma ferramenta organizacional e essencial para planejar a produção.

tanto na construção tradicional, quanto nas construções que utilizam processos de pré-fabricação”.

Portanto, como já foi citado, tendo este trabalho o objetivo de demonstrar a importância da coordenação modular, é importante que haja um estudo comparativo entre as duas formas de desenvolver projetos, a convencional e a que se utiliza das regras de modulação.

O estudo comparativo desenvolvido neste trabalho tem como objetivo mostrar que é possível transformar um projeto convencional em um projeto modulado sem descaracterizá-lo, como também apontar algumas vantagens que podem ser obtidas no projeto e consequentemente na produção, quando são utilizadas as técnicas de coordenação modular.

Este estudo é iniciado com uma abordagem sobre a forma como o processo de projeto vem sendo conduzido nas empresas incorporadoras e construtoras, fazendo uma análise crítica da mesma. Nesta análise são apontadas etapas do processo que podem ser modificadas para garantir um melhor resultado aos projetos e consequentemente à construção. Faz parte desta abordagem também, uma sugestão de como inserir a Coordenação Modular no processo de desenvolvimento de projetos, indicando o momento de iniciar a coordenação das dimensões, como e o que pode ser feito.

Após esta abordagem, foram levantados e analisados alguns projetos utilizados por empresas construtoras que atuam no mercado da grande São Paulo. Definido os projetos, faz-se uma simulação da utilização das regras de coordenação modular analisando os ganhos obtidos em diversos aspectos e para as diversas partes envolvidas, projetistas, construtores, incorporadores e fabricantes.

Por fim, é apresentado um exemplo de modulação de um componente da construção, demonstrando que a sua padronização, em função de um módulo predefinido, é possível, como também é possível criar catálogos de componentes e utilizá-los nos projetos atualmente desenvolvidos no mercado, sejam eles de baixo, médio ou alto padrão.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta monografia foi desenvolvida em seis capítulos. O primeiro relativo a introdução, apresentando as justificativas para a escolha do tema e desenvolvimento deste estudo, expondo os objetivos e metodologia adotada para a pesquisa.

No capítulo 2 , com base na revisão bibliográfica, é feita uma abordagem sobre a evolução da construção civil no Brasil, sobre a construção civil no contexto atual, sobre a industrialização e racionalização da construção e o papel da coordenação modular neste contexto.

Os capítulos 3 e 4, ainda com base na revisão bibliográfica, apresentam o histórico da coordenação modular e o seu papel para a industrialização da construção e os conceitos básicos relativos ao entendimento do tema, os princípios para a aplicação da coordenação modular, as definições e diretrizes para projeto e alguns conceitos voltados para a aplicação da coordenação modular na construção civil.

No capítulo 5 é apresentado um estudo comparativo entre projetos, um exemplo de padronização de um componente da construção, analisando-se os resultados obtidos.

O capítulo 6 traz as considerações finais do trabalho e discute sugestões para novos estudos dentro desta área.

No Anexo “A” apresenta-se a Norma Brasileira sobre Coordenação Modular, a NBR-05706 – Coordenação Modular na Construção.

2. INDUSTRIALIZAÇÃO E RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1. A EVOLUÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Para melhor entender a situação atual da construção civil quanto às tecnologias construtivas empregadas e a importância de atingir níveis mais elevados de racionalização e de industrialização, faz-se um resumo de como ocorreu a evolução da construção civil no subsetor de edificações⁵ e, na seqüência, uma abordagem sobre a industrialização, racionalização da construção e o papel da coordenação modular neste contexto.

A atual realidade da indústria da construção civil é resultado de um longo período de desenvolvimento, como cita Vargas (1994) apud Barros (1996): “o aparecimento de uma engenharia, radicada num determinado meio e baseada numa tecnologia autêntica – que é a condição necessária para a industrialização – não é um processo de geração espontânea e imediata. É um processo cultural que exige uma preparação prolongada, através de estágios sucessivos”.

No Brasil Colônia, as técnicas utilizadas na construção eram as mesmas utilizadas pelos europeus, adaptadas ao meio e às condições de trabalho das colônias. Não existia a aplicação de conhecimento teórico ou de pesquisa, as obras das fortalezas, igrejas e mosteiros eram desenhadas e construídas por mestres portugueses, por militares ‘oficiais de engenharia’ ou padres com algum conhecimento de arquitetura e construção.

No período colonial a principal atividade construtiva era a construção de residências que se caracterizavam pela uniformidade das plantas e das técnicas construtivas aplicadas. As casas particulares eram feitas sem

⁵ A Indústria da Construção Civil está dividida em três subsetores: construção pesada, montagem industrial e edificações. Para este trabalho a expressão “construção civil” deve ser sempre associada ao subsetor edificações.

nenhuma formalidade, muitas vezes pelo próprio morador com a ajuda de vizinhos.

Neste período o trabalho manual era desenvolvido por escravos. Foi um momento em que as técnicas de construção não evoluíram muito, devido, principalmente, a dificuldade de instalação de indústrias e a economia ser baseada na escravidão, o que caracterizava a mão-de-obra como abundante e praticamente sem custo, desincentivando qualquer evolução tecnológica.

No entanto, em meados do século 19, com a expansão da atividade cafeeira, houve um crescimento dos centros urbanos, tornando necessária a construção de moradias e de obras de infra-estrutura urbana. Esta nova necessidade fez com que a produção de habitações, antes feita para uso próprio, passasse a atender ao mercado.

Houve também uma mudança na mão-de-obra, que antes era totalmente escrava, passando primeiramente a ter trabalhadores livres, cuja a função era dirigir o trabalho pesado feito pelos escravos e em um segundo momento o trabalho escravo foi sendo substituído pela mão-de-obra assalariada.

Com relação ao conhecimento, neste período o ensino de engenharia era baseado em tratados, na grande maioria franceses. Existia uma grande limitação em relação ao conhecimento dos processos construtivos e às propriedades e comportamento dos materiais e além disso, as formas de construir ficavam a cargo dos mestres de obra que as faziam empiricamente.

Como os edifícios passaram a ser produzidos como produto para o mercado, a produção dos seus elementos também passou a ser para o mercado. Nesta época houve a expansão da indústria nacional de materiais e componentes e, segundo alguns autores, os primeiros materiais de construção industrializados foram os tijolos, que passaram a substituir as construções com paredes em taipa.

No final do século XIX começou a se difundir a tecnologia das alvenarias de tijolos e a partir daí muitas outras inovações aconteceram. Barros (1996), cita que, segundo o IPT (1988), “nas construções de pequeno porte passaram a predominar as alvenarias portantes de tijolos, às vezes completadas por peças

estruturais de aço ou de concreto armado, as fundações diretas e as coberturas com o uso de telhas cerâmicas do tipo ‘marselha’”.

A partir deste momento, com o aumento do número de componentes utilizados nas construções e com a ampliação das técnicas de construir, tornou-se necessária a organização da construção civil de forma industrial.

Surgiram as primeiras empresas de construção civil que eram contratadas por empresas estrangeiras e atuavam como sub-empreiteiras. O contato das sub-empreiteiras com as empresas estrangeiras possibilitou a absorção e divulgação de novas tecnologias. Estas novas tecnologias passaram a ser adaptadas e empregadas no Brasil, contribuindo para o incremento dos projetos e das obras.

A partir da década de 30 ocorreram muitas mudanças na sociedade brasileira, repercutindo na indústria da construção civil. Segundo Barros (1996), “houve uma reorientação da economia para o setor industrial, propiciando condições para a criação de um subsetor de montagem industrial; ocorreu a implantação de infra-estrutura para viabilizar a industrialização, fortalecendo o subsetor de construção pesada; e ainda, deu-se a intensificação do processo de urbanização levando ao desenvolvimento do subsetor edificações, particularmente, em função da intervenção do Estado, através dos Institutos de Previdência e da Fundação da Casa Popular”.

Neste momento os conhecimentos com base científica começaram a ser incorporados aos projetos e às construções, principalmente através da incorporação de novos materiais e componentes que possibilitaram pequenas, mas significativas, transformações na produção de edifícios, como por exemplo as lajes mistas e os tijolos cerâmicos de oito furos.

Barros (1996), cita que o suporte tecnológico para esta fase de desenvolvimento foi dado pelo LEM (Laboratório de Ensaio de Materiais), ligado à Escola Politécnica de São Paulo, pelo INT (Instituto Nacional de Tecnologia- Rio de Janeiro), pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

Houve também a introdução de novos equipamentos e ferramentas que tinham como objetivo contribuir com o aumento da produtividade e a redução dos tempos de produção. Alguns exemplos são as betoneiras e os elevadores de obra.

Na década de 70, com o crescimento da população e, consequentemente, com a necessidade de mais habitações para atender a nova demanda, foi criado o Banco Nacional da Habitação (BNH), que tinha o objetivo de produzir unidades habitacionais em grande escala.

Segundo Barros (1996), “na segunda metade da década de 70 e início da década de 80, a construção de grandes conjuntos habitacionais marcou uma etapa importante na história da construção de edifícios no Brasil, introduzindo alterações tecnológicas rumo à industrialização da construção”.

Com a necessidade de produção de habitações em grande escala e com investimentos do governo para tentar resolver o problema habitacional, o setor da construção civil se viu obrigado a buscar soluções que proporcionassem a melhoria da produtividade e a redução dos custos de produção, resultando na construção de mais moradias em menos tempo.

A solução encontrada pelas empresas construtoras foi a de racionalizar e industrializar a construção através da introdução de novos sistemas construtivos, mais rationalizados e baseados na pré-fabricação, aliado a uma mudança organizacional na produção.

Entretanto, as soluções encontradas não eram totalmente aplicadas, eram soluções, na maioria das vezes, adaptadas de outros países, que muitas vezes não se adequavam às construções brasileiras, caracterizadas pela adoção de soluções mistas, guardando ainda muitas características dos processos construtivos tradicionais.

Ainda assim, muitas mudanças aconteceram na produção de edifícios e contribuíram para a evolução do setor. Mas, infelizmente, as mudanças não aconteceram de forma sistêmica, foram mudanças pontuais, que trouxeram benefícios a partes da edificação e não ao todo. Como por exemplo, a racionalização das vedações em alvenaria.

Este quadro ainda pode ser visto nos dias de hoje. A construção civil ainda está em busca da tão sonhada “racionalização da construção” e da “industrialização”, como forma de desenvolvimento do setor e diminuição do atraso com relação aos outros segmentos industriais.

Na década de 90 o GEPE – TGP – Grupo de Ensino e Pesquisa em Tecnologia e Gestão da Produção na Construção Civil, formado pelo Departamento de Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP (Universidade de São Paulo), teve importante participação nos estudos visando a rationalização tecnológica dos processos construtivos tradicionais, contribuindo para a evolução do setor.

A contribuição da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo foi e continua sendo de grande importância para o setor da Construção Civil, mas toda esta contribuição não é suficiente para mudar a realidade do setor se não houver uma colaboração por parte das empresas construtoras e incorporadoras no sentido de promover mudanças no nível organizacional.

Os processos hoje empregados caracterizam-se por não possuírem relações definidas entre as partes e também por serem processos de produção com baixos índices de organização.

De um modo geral, ainda não são aplicadas as soluções sistêmicas, não existe visão do todo, vital para a industrialização do setor, e segundo Sabbatini (2000):

“Não existe alternativa: a construção de edificações necessita assumir a sua identidade de indústria e trilhar o mesmo caminho das suas congêneres de outros setores produtivos. Quem empreende deve pensar com a mesma cabeça do industrial que produz automóveis, navios ou canetas: foco no mercado, formatação de produtos que tragam rentabilidade, condução do processo sob um comando com unicidade de objetivos, coerência total do processo e sistematização das operações”.

2.2. INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

Em busca de melhores desempenhos em qualidade, custo e prazo, a sociedade investe constantemente na sua evolução. Os investimentos, assim como os resultados, variam amplamente entre os inúmeros segmentos de atividades. É fato, porém, que dentre os segmentos industriais, a construção civil, historicamente, é uma das que menos investe e menos evolui.

A construção civil, apesar de industrializada⁶, ainda apresenta baixo nível de industrialização em comparação com outros ramos da indústria, e esta situação precisa ser mudada para que exista um significativo e necessário desenvolvimento do setor.

Entende-se por industrialização da construção o processo que através de conceitos, desenvolvimento tecnológico, métodos organizacionais e investimento de capital, tem como objetivo melhorar a produtividade e o nível de produção.

Sabbatini (1989), cita que, segundo Ordenez (1974), “industrialização é uma ação organizacional, uma mentalidade. Significa transformar a empresa de construção de mentalidade artesanal em uma verdadeira indústria”.

O processo de industrialização é tido como um modelo de desenvolvimento racional da indústria da construção civil e a evolução desta indústria deve ocorrer através da implantação de ações organizacionais e operacionais que tenham como objetivo aumentar o nível de produtividade e de produção, atingindo assim, maiores graus de industrialização.

Quanto ao grau de industrialização (indicador que avalia o estagio organizacional de um processo industrial), segundo Sabbatini (2005)⁷, os processos construtivos podem ser:

⁶ Para este trabalho, entende-se que qualquer construção que se utiliza de produtos industriais (tijolos, pregos etc) é considerada uma construção industrializada, o que muda é o grau de industrialização, a depender da sociedade ou do país.

⁷ Material fornecido no curso MBA-TGP em junho de 2005 – disciplina TG-06 – Tecnologia de Produção de Revestimentos.

- 1) Processo Construtivo Tradicional** – processo construtivo caracterizado, conforme já citado neste trabalho, pela produção artesanal, uso intensivo da mão de obra, baixa mecanização, descontinuidade da obra, elevados desperdícios de mão de obra, material e tempo. Como exemplo, podem ser citadas as estruturas reticuladas em concreto armado com vedação em alvenaria.
- 2) Processo Construtivo Racionalizado** – processo no qual as técnicas organizacionais utilizadas nas indústrias manufatureiras são empregadas na construção de edifícios sem mudanças radicais nos métodos de produção. São caracterizados também como processos que incorporam princípios de planejamento e controle tendo como objetivo eliminar desperdícios, aumentar a produtividade, planejar as atividades, centralizar e sistematizar as decisões. A alvenaria estrutural é um exemplo de processo construtivo racionalizado.
- 3) Processo Construtivo Industrializado** – também conhecido como processo de produção aberta, é caracterizado pelo uso intensivo de componentes produzidos em instalações fixas (fábricas) e que são acoplados no canteiro.

Sendo a industrialização um processo evolutivo que, através de ações organizacionais e da implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle objetiva incrementar a produtividade, o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade produtiva (SABBATINI, 1989), ela pode ser aplicada a qualquer processo construtivo. Desta forma, um processo construtivo tradicional pode evoluir para um processo construtivo racionalizado e deste para um processo construtivo industrializado.

Sabbatini (1989) cita que, segundo Carlo Testa (*The Industrialization of Building*, 1939), a industrialização é um método de processamento industrializado podendo existir quatro formas de construção industrializada (industrialização).

- 1) Industrialização de ciclo fechado ou pré-fabricação** – caracteriza-se como uma produção industrializada para atender a um produto específico (o edifício acabado) e os componentes produzidos para este produto dificilmente vão ser utilizados em outros produtos. Normalmente a empresa produz o edifício completo com seus próprios meios e em sua própria usina, não existe produção de estoque para ser utilizado por outras empresas, ou seja, toda produção é feita em função do próprio consumo.
- 2) Industrialização de ciclo aberto ou Sistema Modular de Construção** – caracteriza-se pela produção de componentes pré-fabricados em grande escala, destinados ao mercado e não a atender as necessidades de uma única empresa. As empresas produzem componentes intermediários do produto final, permitindo uma maior flexibilidade na escolha destes para a produção do edifício. A flexibilidade é possível através da intercambialidade dos produtos de diferentes fabricantes.

Na prática, a intercambialidade sugere que seja possível que um componente que desempenha uma determinada função possa ser substituído por outro, com a mesma função, mas não necessariamente do mesmo material ou fabricante. Ou seja, um componente que desempenha a função de vedação, pode ser substituído por outro de função idêntica, mesmo que produzido com material diferente e por empresas diferentes.

A intercambialidade somente é possível se os componentes tiverem características que possibilitem a integração geométrica – dimensional, associativa e funcional, ou seja, integração sistêmica com outros componentes de outras indústrias, que segundo Sabbatini (2005), “é requisito fundamental para a industrialização de ciclo aberto”.
- 3) Construção Racionalizada** – conforme citado anteriormente, são construções que se utilizam de técnicas organizacionais utilizadas em outras indústrias para a produção de edifícios.

4) Construção “in loco” com equipamento – como por exemplo, paredes maciças moldadas no local.

Com os conceitos apresentados, verifica-se que para as empresas construtoras terem maior eficiência, é necessária a implantação de processos modulares de construção, ou seja, a implantação da industrialização de ciclo aberto. No entanto, isto só é possível através da adoção de ferramentas de planejamento - normalização, padronização, tipificação e coordenação modular - e de ferramentas de produção - racionalização e mecanização.

A normalização é responsável por definir uma linguagem comum constituída de símbolos e termos, o campo de aplicação, as características básicas, as tolerâncias e limites de produção, as normas de uso e desempenho e os controles e métodos de ensaio.

A tipificação define e reduz os tipos através da análise das características funcionais, estabelecendo tipologias por meio da classificação dos produtos em classes, categorias, famílias etc. A padronização estabelece padrões que devem ser de uso comum de diversos fabricantes. Enquanto a tipificação pode ser particular de um fabricante, a padronização deve ser geral, permitindo desta forma a intercambialidade.

A busca pela industrialização da construção deve ser conduzida tendo como interesse principal construir mais e melhores edificações a um menor custo. Isso trará ganhos para a sociedade através da redução de impactos ambientais, de mais investimentos, da geração de empregos, da evolução tecnológica, de construções que melhor atendem às necessidades da população, do maior retorno para as empresas e de diversos outros benefícios diretos e indiretos.

No entanto, a realidade atual da construção civil, em diversos aspectos, não favorece o aumento do índice de industrialização dos canteiros. Um grande problema percebido hoje é a falta de integração entre o incorporador e o construtor. Atualmente, as atividades de incorporação, relacionadas à definição do produto, em muitos casos estão separadas das atividades de construção.

Na fase de formatação do empreendimento, onde as decisões mais importantes são tomadas, raramente o construtor tem participação.

É na fase de concepção do produto que as decisões mais importantes para redução de custo e para o adequado desempenho das construções devem ser tomadas. Para isto, é necessária a participação da Engenharia, para auxiliar a traçar diretrizes de como construir, comparando alternativas técnicas e estabelecendo objetivos e limites relacionados ao prazo, ao custo e ao escopo de construção. Com isso, evita-se que as decisões que deveriam ter sido contempladas na fase de concepção do empreendimento, sejam definidas na obra, quando já não é possível fazer implementações que favoreçam a evolução construtiva.

Sem mudar esta realidade, torna-se inviável pensar em industrialização e racionalização dos processos construtivos, como cita Sabbatini (1998):

“No nosso entender não é possível pensar em reduzir custos e prazos e, simultaneamente, garantir a qualidade do que for ser construído, se não investirmos em definir previamente como construir, em adotar todas as decisões essenciais com visão sistêmica, procurando otimizar os processos de produção antes de iniciá-los”.

Além disso, sendo a industrialização um processo voltado para o aperfeiçoamento de uma atividade industrial, é necessário pensar em uma nova organização da produção, criando procedimentos operacionais de gestão e controle, definindo responsabilidades e criando uma hierarquia no canteiro coerente com os novos processos de produção.

Ainda segundo Sabbatini (1998), o caminho para a evolução, para a efetiva racionalização e industrialização dos canteiros, passa necessariamente pelo desenvolvimento das formas de projetar e construir, como também pela criação e implementação de novos métodos.

É fundamental pensar na simplificação e padronização de componentes, que sejam coordenados modularmente e intercambiáveis entre si, independente de terem sido produzidos pelo mesmo fabricante ou por fabricantes diferentes. A

Coordenação Modular aliada à racionalização construtiva e à mecanização, segundo Sabbatini (2005), é o tripé necessário à implantação das construções industrializadas.

Portanto, com a grande necessidade de aumentar a eficiência do processo de produção de edifícios, a implantação da industrialização de ciclo aberto, denominado também como processos modulares, pode ser vista como uma solução para a evolução da construção civil no Brasil.

2.3. RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

Entende-se por racionalização da construção o processo dinâmico que possibilita a otimização do uso dos recursos humanos, materiais, tecnológicos, organizacionais e financeiros, em acordo com a realidade sócio-econômica de cada região e visando atingir os objetivos pré-definidos no plano de desenvolvimento destas regiões.

A racionalização da construção pode ser vista como uma ação ou conjunto de ações praticadas com o objetivo de tornar a atividade construtiva mais racional, tendo como interesse principal a otimização do uso dos recursos disponíveis.

Com esta definição, percebe-se que a racionalização da construção é uma ação abrangente, de conotação macroeconômica, devendo ser implantada de forma integrada em diversos setores. Restringindo este conceito a uma ação local, por exemplo, um empreendimento, chega-se ao conceito de racionalização construtiva.

Sabbatini (1989), define como racionalização construtiva “o processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso dos recursos disponíveis na construção civil em todas as suas fases”.

Os objetivos da racionalização muitas vezes podem ser confundidos com os da industrialização, pois ambos são processos que pretendem aperfeiçoar a atividade construtiva.

Mas, segundo Sabbatini (1989), “a racionalização é uma ferramenta da industrialização, de uso essencial para a consecução dos objetivos que lhes

são comuns. Ou seja, no esforço de industrializar a sua atividade construtiva os empreendedores irão empregar primordialmente as técnicas de racionalização”.

Segundo Farah (1988) apud Barros (1996), “a racionalização construtiva é vista como uma forte tendência da indústria da construção de edifícios, para fazer frente à crise que atingiu o setor desde o início da década de 80, permanecendo de certa maneira, até os dias atuais”.

Alguns objetivos comuns entre a racionalização construtiva e a industrialização são o incremento da produtividade e a redução de custos e prazos de construção. É possível atingir estes objetivos atacando alguns dos principais “gargalos” da construção convencional, tais como desintegração entre os projetos, entre os diversos componentes ou entre projeto e obra, e desorganização do canteiro.

Resolver estes problemas é um grande desafio para a construção civil e estes podem ser vencidos através da implantação de métodos que permitam uma maior integração entre componentes e entre diversas etapas da obra, além de uma maior integração entre a fase de projetos e de execução.

A utilização da coordenação modular possibilita maior controle do processo, de maneira racional, sendo capaz de organizar os elementos utilizados nos projetos e nas obras. A coordenação modular pode ser vista como um modelo para se atingir estágios avançados de racionalização e, a partir disto chegar a altos níveis de industrialização, tornando-se, desta forma, necessária para a evolução da construção civil.

Para que ocorra uma efetiva racionalização na construção civil no Brasil e consequentemente um avanço na industrialização dos canteiros, é necessário, além dos investimentos no sistema organizacional, nas definições prévias de como construir e na integração entre desenvolvimento do produto, projeto e construção, uma real implantação e consolidação das normas de coordenação modular.

“Para que este processo seja viável, se faz necessária uma ferramenta que inter-relacione a necessidade das edificações

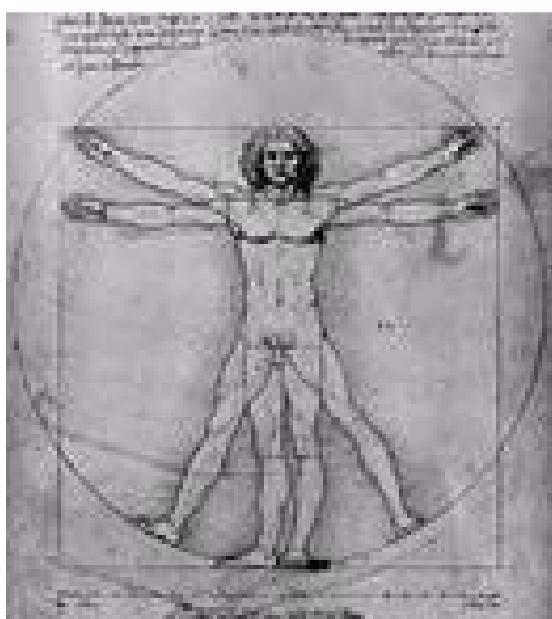
com as possibilidades da indústria. Esta ferramenta começou a ser desenvolvida no pós-guerra. Esta ferramenta chama-se *coordenação modular*". (RIBEIRO, M.S.; MICHALKA JR, C., 2003)

3. A COORDENAÇÃO MODULAR

3.1. HISTÓRICO

Embora não se tenha certeza de quando exatamente se deu início ao uso do módulo, existem registros que indicam que desde o século V já eram utilizadas medidas de proporção, denominadas de “simetria dinâmica”, para obter efeitos plásticos.

No século III a.C., Euclides, matemático grego, já denominava de “razão média e extrema” a divisão de um segmento em duas partes segundo uma proporção definida, que no século XIX d.C. passou a se chamar “Seção Áurea”. Hoje a “Seção Áurea” está presente em qualquer estudo sobre tamanho e dimensão relacionados ao corpo humano.



No Renascimento (séculos XV e XVI), Leonardo da Vinci concebeu seu conhecido desenho da figura humana, imaginando o homem em harmonia com o universo. O “Homem Vitruviano” foi baseado em estudos matemáticos envolvendo a “Seção Áurea”, e nas teorias de Vitruvius⁸, onde ele descreve as proporções do corpo humano.

Figura 3.1.1- “Homem Vitruviano” - desenho concebido por Leonardo da Vinci (<http://www.casasegura.arq.br>, 2005)

⁸ Marcus Vitruvius Pollio foi um engenheiro e arquiteto romano que viveu no século I a.C. e deixou como legado a obra em 10 volumes “De Architectura”. Seus padrões de proporções e seus princípios arquiteturais inauguraram a base da teoria classicista.

Em relação ao espaço construído, as teorias de proporções estão diretamente ligadas à teoria do desenho arquitetônico e estavam consideradas nos antigos estudos de arquitetura escritos em 27 a.C. por Vitruvius.

Os fundamentos da arquitetura baseiam-se nestes escritos que são utilizados até os dias atuais, havendo apenas uma modificação nos métodos de aplicação ao longo dos anos.

Vitruvius, por apelo estético, foi quem divulgou o uso do módulo como unidade de medida convencional para estabelecer dimensões, proporções e ordenar a construção de elementos de um determinado componente arquitetônico.

Porém, foi no Japão, em 1657, época em que ocorreu o segundo grande incêndio de Tóquio, que surgiram as primeiras normas destinadas a unificar tipos construtivos e dimensões. Estas normas se referiam ao “Tatami”, esteira retangular de palha, elemento característico da habitação tradicional japonesa, que tinha que ser dimensionado de forma a receber no piso um número inteiro de elementos.

Desta forma, de uma modulação clássica, de caráter estético, defendida por Vitruvius, passamos para uma modulação de caráter prático-funcional, priorizando aspectos técnicos, organizacionais, produtivos e utilitários.

Os romanos também contribuíram para as teorias da modulação à medida que conseguiram padronizar alguns componentes das suas construções, como por exemplo os tijolos utilizados na época de Augusto⁹.



Em 1946, o arquiteto suíço Le Corbusier, criou um modelo de padrões de dimensões harmônicas à escala humana, aplicáveis à arquitetura e ao desenho industrial. Este conceito foi publicado em seu livro “O Modulor”.

Figura 3.1.2 – “O Modulor” - Le Corbusier (www.casasegura.arq.br, 2005).

⁹ Imperador romano que comandou Roma no século I a.C.

O Modulor (1,618m) foi definido por Le Corbusier como um sistema de relações métricas baseado na distância dos membros do corpo humano de um indivíduo “universal”, onde todas as medidas importantes de projeto são medidas múltiplas do modulor. Segundo Rosso (1976), apesar da grande contribuição do trabalho de Le Corbusier, o Modulor era muito mais um instrumento de condicionamento da arquitetura à escala humana, do que um meio de coordenação entre projeto e produção.

Segundo o mesmo autor, o verdadeiro pioneiro foi Alfred Farwel Bemis, industrial de Boston, que no seu livro “The Evolving House”, publicado em 1936, expõe os fundamentos de uma teoria de coordenação modular.

Esta teoria defende, de forma resumida, que “todos os objetos que satisfaçam a condição de possuírem dimensões múltiplas de uma medida comum, são comensuráveis entre si e, portanto, também os são em relação à construção” e que integrados formam o “Cubical Method of Design”. Neste trabalho, Bemis tratou a coordenação modular como um meio de se obter a produção em massa e a padronização dos componentes.

O “Cubical Method of Design” concebido por Bemis, pode ser considerado a primeira formulação correta de uma teoria da aplicação do módulo voltada para a necessidade da industrialização. Foi considerada a primeira tentativa de utilizar a modulação para a produção industrial aplicada à construção civil.

Depois desta publicação, muitos outros trabalhos foram feitos, em diversos países, no sentido de criar metodologias e normas para a utilização de sistemas coordenados modularmente, visando incorporar ao setor da construção civil os princípios e métodos da produção industrial, como pode ser visto a seguir:

Em 1938, foi iniciado um estudo, pela ASA – “American Standard Association”, para coordenar o dimensionamento dos componentes para a construção.

Na França, em 1942, a ordem dos arquitetos desenvolveu o projeto sobre coordenação modular denominado “Bureau de Normalisation”, posteriormente transformado em norma.

Em 1946, foi publicada a norma “A62 Guide for Modular Coordination”, pela ASA e na Suécia foi desenvolvido o trabalho “Report in Modular Coordination” tendo como base o módulo de 10cm.

Na Inglaterra, em 1947, a comissão “British Standard Institution” foi criada para o estudo da coordenação modular, que em 1951 publicou o “Modular Coordination in Building”.

Em 1949, na Itália, surgiu a primeira norma oficial sobre coordenação modular da construção.

Na Alemanha, durante a segunda guerra mundial, Ernest Neufert desenvolveu um estudo baseado no módulo de 12.5 cm, que equivale a 1/8 do metro e por isso o seu sistema foi denominado de “sistema octamétrico”. Em 1950 a primeira norma com base em seus estudos foi publicada. Desde esta data até 1965, segundo Rosso (1976), foram construídas na Alemanha 4.400.000 habitações obedecendo ao sistema octamétrico.

Em 1953, a AEP (Agência Européia de Produtividade), organizou um plano especial para o estudo da coordenação modular, que tem a participação de 11 países¹⁰ da Europa, mais o Canadá e os Estados Unidos. Este grupo publicou o primeiro relatório sobre este trabalho em 1956, definido como um texto básico sobre a coordenação modular.

Em 1958, foi publicado o primeiro anteprojeto de recomendação ISO (International Standards Organization), chamado de “Regras gerais de coordenação modular”.

Em 1961, o mesmo grupo formado pela AEP em 1953, publicou o segundo relatório sobre o assunto.

Já em 1964 foi publicada a norma francesa “Dimensions de Coordination des Ouvrages et des Elements de Construction”.

¹⁰ Alemanha, Holanda, Bélgica, Dinamarca, França, Grécia, Itália, Noruega, Áustria, Grã-Bretanha e Suécia.

Em 1967, foi publicado pelo IMG (International Modular Group)¹¹, o “Condensed Principles of Modular Coordination”.

Ainda na década de 60 a AEP, juntamente com a CECA (Comunidade Européia de Carvão e Aço), realizou canteiros experimentais nos países membros, buscando aplicar e avaliar as teorias e critérios até então adotados para a coordenação modular, testando-as na prática e em edificações com diferentes características.

Desta forma, com todos os grupos criados e com os trabalhos publicados ao longo de aproximadamente três décadas, propagou-se o estudo sobre coordenação modular mundialmente.

Segundo Rockenbach (1993), “os trabalhos que posteriormente passaram a ser referências quanto à industrialização da construção, apesar das diferenciadas conotações que são dadas à ‘industrialização’, invariavelmente apontam a coordenação modular como uma necessidade, ou um instrumento útil para o avanço organizacional do processo de produção da construção”.

No Brasil, os trabalhos foram iniciados em 1946, quando foi formado um grupo, na sede da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), para desenvolver um estudo sobre os elementos da construção. Na abertura deste trabalho, o então Secretário Geral da ABNT, Professor Paulo Sá, alertou que este grupo deveria verificar e levar em consideração os estudos que estavam sendo feitos na América do Norte e na Europa sobre a coordenação modular.

Em 1947 foi formada a “Comissão permanente da modulação das construções” e foi aprovado o anteprojeto de Norma de Modulação das Construções.

Em 1950 o anteprojeto elaborado pela ABNT passou a ser Norma Recomendada. NB-25 - “Norma Recomendada para a Modulação da Construção”.

¹¹ Entidade criada em 1960, formada pelos grupos de trabalho da AEP, do Comecom (órgão econômico dos países socialistas da Europa Oriental) e do Comitê ISO TC/39.

Na década de 60, Teodoro Rosso, através do Instituto de Engenharia de São Paulo, e com base nos trabalhos da Agência Européia de Produtividade, elaborou estudos sobre a coordenação modular visando a aplicação do método industrial à construção civil.

Ainda nesta época, o Brasil teve importante participação nos seminários de materiais de construção organizados pelo Comitê Pan-americano de Normas Técnicas (COPANT), onde foi montada uma comissão específica para tratar da coordenação modular. Foi em um destes seminários que os princípios da Norma Técnica Brasileira de Coordenação Modular foram aprovados.

Destes seminários resultou o primeiro projeto de recomendações da COPANT – “Coordinación Modular de Construcción”, e com base neste trabalho a norma brasileira inicial (Norma Recomendada) foi revisada, dando origem a Norma Brasileira NB-25. Em 1969 a Norma Brasileira NB-00025, desenvolvida pela comissão de coordenação modular, foi aprovada.

A NB-00025 – “A Coordenação Modular da Construção” – fixa bases, nomenclaturas e definições para um sistema que coordene as medidas dos componentes da construção desde o projeto até a execução.

A Comissão de coordenação modular no Brasil estudou e aprovou diversas normas, que vão desde as que definem os módulos e multimódulos, passando pelas normas dos componentes modulares (tijolos, blocos, instalações sanitárias etc), até as que tratam sobre os vãos modulares, altura de pé direito, esquadrias, forros, escadas, coberturas, revestimentos, pisos etc.

As normas definem, ainda, os conceitos para a elaboração de projetos e as simbologias e terminologias da coordenação modular, norteando, desta forma, todos os princípios que regem a teoria modular, a partir da qual, torna-se possível uma significativa evolução no processo construtivo tradicional.

Os incentivos para a implantação da coordenação modular no Brasil foram intensificados no início da década de 70, quando foi percebida a necessidade de aplicação dos métodos de modulação e padronização de componentes como forma de ajudar a resolver o problema habitacional que o Brasil enfrentava no momento.

O déficit habitacional chegava a sete milhões de habitações e, segundo as estimativas, ameaçava aumentar devido ao grande crescimento vegetativo e urbano. Devido a este problema, o BNH (Banco Nacional da Habitação) enxergou a coordenação modular como uma das ferramentas capaz de racionalizar o processo construtivo, reduzindo os prazos e os custos de produção, permitindo assim que um número maior de habitações fosse construído em menor tempo.

A entidade encarregada de estudar o assunto foi o CBC (Centro Brasileiro de Construção) ou Bouwcentrum, com a participação do próprio BNH, do Centro das Indústrias do Estado de São Paulo, do Instituto de Engenharia de São Paulo e do Instituto dos Arquitetos do Brasil (entidades que fundaram e administraram o CBC).

Com os dados apresentados, percebe-se que o Brasil esteve entre os países que iniciaram os trabalhos sobre a coordenação modular e foi um dos primeiros a ter uma norma recomendada e também um dos primeiros a adotar o módulo de 10cm, hoje aceito internacionalmente.

Mas, mesmo com a participação efetiva nos primeiros estudos sobre coordenação modular e com a necessidade de aplicação para contribuir com a redução do déficit habitacional, o Brasil não evoluiu muito com relação a sua implantação no setor da construção civil.

Analisando a realidade atual, percebe-se que nos recentes trabalhos na busca de desenvolver os sistemas construtivos, de aumentar a racionalização e industrialização dos canteiros e de melhorar os sistemas de gestão da produção, a coordenação modular, mesmo sabendo-se que é extremamente necessária, praticamente inexiste na construção civil.

3.2. O PAPEL DA COORDENAÇÃO MODULAR NA INDUSTRIALIZAÇÃO E NA RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

Embora a coordenação modular no Brasil tenha surgido como uma forma de minimizar o problema habitacional de baixa renda, hoje ela se faz necessária não só por esta questão, mas também como instrumento auxiliar para as empresas atingirem maiores índices de industrialização e de racionalização, tornando-se mais competitivas e mantendo-se no disputado mercado da construção civil, seja ele de baixo, médio ou alto padrão.

Segundo Penteado (1980), a coordenação modular, é definida como “a obtenção da coordenação dimensional por meio de um módulo”, onde coordenação dimensional pode ser entendida como a escolha de dimensões de forma racional e conveniente, levando-se em consideração a sua relação com a edificação.

A norma brasileira “Coordenação Modular na Construção” – NBR 5706, antiga NB-25, define a coordenação modular como a técnica que permite relacionar as medidas de projeto com as demais medidas modulares, por meio de um reticulado espacial modular de referência.

A coordenação modular tem como finalidade principal controlar o projeto e a execução de uma construção, em função de um módulo predefinido, da maneira mais racional possível, sendo capaz de organizar as dimensões dos elementos utilizados em uma obra ou projeto, como também possibilitar a coordenação desta.

A partir deste módulo é possível obter uma série de dimensões múltiplas ou sub-múltiplas do mesmo, de onde serão definidas as medidas modulares empregadas em projeto e na fabricação.

No Brasil, ainda predomina nas obras a construção tradicional, onde existe uma grande quantidade de componentes, muitos deles executados no próprio canteiro, tendo uma grande variedade de funções, materiais e dimensões. A diversidade de componentes e formas de produção podem ocasionar problema

de interface na sua junção, muitas vezes necessitando de ajustes no local, causando perda de tempo, material e mão de obra.

A coordenação modular, indispensável como ferramenta para a industrialização e racionalização da construção, pode apresentar vantagens para o processo construtivo tradicional pela simplificação do sistema que utiliza partes ou componentes que têm dimensões padronizadas e baseadas no módulo, evitando cortes, utilização de peças especiais, e ajustes no canteiro

Aplicando as teorias da modulação, é possível que os componentes sejam empregados em mais de uma solução, seja na mesma edificação ou em edificações distintas. A modulação é um meio para facilitar a racionalização dos sistemas tradicionais de construção e a industrialização por sistemas abertos, através da padronização e intercambialidade, como foi apresentado no Capítulo 2.

Considerando a coordenação modular como uma ferramenta que possibilita a implantação de sistemas industrializados de ciclo aberto, a sua correta utilização pode beneficiar não só os construtores, como também os projetistas e fabricantes.

Os projetistas são beneficiados através da padronização de componentes, que permite uma maior racionalização dos projetos, detalhes e especificações, reduzindo o tempo de desenvolvimento dos mesmos. Já para os fabricantes o maior benefício é a padronização e simplificação das soluções, reduzindo a variedade de tipologias, facilitando a linha de produção, a estocagem e a distribuição.

No entanto, ter um reduzido número de componentes e os projetos coordenados modularmente por si só, não é uma garantia de que os processos de produção serão racionalizados, planejados e controlados. Também não significa que ocorrerá um aumento da qualidade e do desempenho, necessários para atingir a industrialização e racionalização da construção.

A coordenação modular é um instrumento auxiliar, uma ferramenta para atingir os objetivos propostos pela industrialização e racionalização. Através dela é possível a padronização dimensional de componentes, possibilitando a

intercambialidade entre eles, preservando a flexibilidade dos processos de produção e do produto final. Segundo Rockenbach (1993), a coordenação modular contribui para a racionalização, organização da atividade produtiva e para avançar no sentido da industrialização sempre, entretanto, no campo das dimensões.

Neste sentido, a coordenação modular tem objetivos muito claros e um papel fundamental para que a construção civil se torne mais racionalizada e atinja maiores níveis de industrialização. Ou seja, a Coordenação Modular influencia a industrialização e a racionalização da construção civil através das seguintes ações:

- padronização dimensional e geométrica de componentes, de forma a permitir a intercambialidade entre eles;
- facilitar o desenvolvimento de projetos e a maior integração deste com a obra;
- servir como ferramenta auxiliar para as outras fases do processo construtivo, que vão desde a organização e o planejamento operacional, até o desenvolvimento de sistemas construtivos;
- estabelecer diretrizes para a elaboração de novos componentes, produtos e tecnologias;
- facilitar a etapa de fabricação dos componentes, através da padronização e tipificação, podendo reduzir os custos de produção dos mesmos;
- colaborar com o aumento da produtividade, através da produção por montagem de componentes que não sofrem ajustes e cortes no canteiro;
- reduzir os desperdícios de material e mão-de-obra no canteiro;
- possibilitar a adoção de componentes industrializados, mas sem, no entanto, restringir a flexibilidade; e
- facilitar o entendimento e a cooperação entre os autores do projeto, os fabricantes dos componentes e os executores da obra.

Desta forma, a coordenação modular pode ser entendida como “uma metodologia sistemática de industrialização” (ROSSO, 1980), uma vez que, para este trabalho, entende-se como industrialização da construção o processo evolutivo, fundamentalmente embasado na organização da atividade produtiva, na implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle, visando incrementar a produtividade e o nível de produção.

3.3. NORMAS SOBRE COORDENAÇÃO MODULAR

A Norma Técnica Brasileira de Coordenação Modular, NB – 00025, aprovada em 1969, determina as bases, nomenclatura e definições para um sistema que coordene as medidas dos componentes da construção em todas as suas fases: no projeto, na fabricação dos componentes e na construção. Esta norma, em 1992, foi re-estudada e foi substituída pela NBR – 05706 – Coordenação Modular na Construção, na qual as recomendações são praticamente as mesmas da norma anterior.

Em 1981 foi aprovada a série de normas complementares para a Coordenação Modular da Construção, inicialmente denominadas de NB – 00302 a NB – 00424, que após re-estudo das normas em 1992, passaram a ser NBR – 5707 e NBR – 5729, respectivamente. A numeração das normas complementares, a descrição e o que cada uma estabelece, está representada na Tabela 3.3.1 abaixo:

| NORMAS COMPLEMENTARES SOBRE COORDENAÇÃO MODULAR | | | |
|---|-----------------|---|---|
| NUMERAÇÃO INICIAL | NUMERAÇÃO ATUAL | DESCRÍÇÃO | RESUMO |
| NB - 00302 | NBR - 05707 | Posição dos Componentes da Construção em relação a Quadrícula Modular de Referência | Estabelece as condições para a escolha da posição dos componentes em relação ao quadriculado modular de referência na construção modular. |
| NB - 00303 | NBR - 05708 | Vãos Modulares e seus fechamentos | Estabelece as condições exigíveis para vãos e seus fechamentos em construções coordenadas modularmente. |

Tabela 3.3.1 – Normas Complementares sobre Coordenação Modular

| NUMERAÇÃO INICIAL | NUMERAÇÃO ATUAL | DESCRÍÇÃO | RESUMO |
|-------------------|-----------------|---|--|
| NB - 00304 | NBR - 05709 | Multimódulos | Estabelece as exigências para o emprego dos multimódulos em construções modulares. |
| NB - 00305 | NBR - 05710 | Alturas Modulares de Piso a Piso, de Compartimento e Estrutural | Estabelece as possíveis alturas modulares de piso a piso, as alturas de compartimento (piso a teto) e as alturas das peças estruturais para as construções coordenadas modularmente. |
| NB - 00306 | NBR - 05711 | Tijolo Modular de Barro Cozido | Determina as dimensões dos tijolos modulares de barro cozido e das peças especiais complementares que podem ser utilizadas na construção modular. |
| NB - 00307 | NBR - 05712 | Bloco Vazado Modular de Concreto | Determina as dimensões dos blocos vazados modulares de concreto e das peças especiais complementares que podem ser utilizadas na construção modular. |
| NB - 00331 | NBR - 05713 | Altura Modular de Teto Piso | Determina as alturas de teto piso entre pavimentos consecutivos de construções modulares. |
| NB - 00332 | NBR - 05714 | Painel Modular Vertical | Fixa as exigências para os painéis modulares verticais das construções. |
| NB - 00337 | NBR - 05715 | Local e Instalação Sanitária Modular | Fixa as exigências para locais e instalações sanitárias desde o projeto até a execução das construções coordenadas modularmente. |
| NB - 00338 | NBR - 05716 | Componentes de Cerâmica, de Concreto ou de outro material utilizado em Lajes Mistas na Construção Coordenada Modularmente | Fixa as condições relativas ao emprego de componentes cerâmico, de concreto ou de outros materiais para lajes mistas modulares. |
| NB - 00339 | NBR - 05717 | Espaço Modular para Escadas | Determina as condições para os espaços modulares para as escadas em construções coordenadas modularmente. |
| NB - 00340 | NBR - 05718 | Alvenaria Modular | Define as condições para a alvenaria em construções modulares. |
| NB - 00343 | NBR - 05719 | Revestimentos | Determina as condições para o componente revestimento modular na construção. |

Tabela 3.3.1 (continuação) – Normas Complementares sobre Coordenação Modular

| NUMERAÇÃO INICIAL | NUMERAÇÃO ATUAL | DESCRÍÇÃO | RESUMO |
|-------------------|-----------------|--|---|
| NB - 00344 | NBR - 05720 | Coberturas | Determina as condições para os espaços para as coberturas modulares. |
| NB - 00345 | NBR - 05721 | Divisória Modular Vertical Interna | Define as condições para as divisórias internas em uma construção modular. |
| NB - 00346 | NBR - 05722 | Esquadrias Modulares | Determina as condições aplicadas as esquadrias de madeira, metal, plástico ou outro material e seus vãos modulares a serem aplicados em uma construção modular. |
| NB - 00372 | NBR - 05723 | Forro Modular Horizontal de acabamento. Placas, Chapas ou similares. | Fixa as condições exigidas para forros modulares horizontais de acabamento. |
| NB - 00373 | NBR - 05724 | Tacos Modulares de Madeira para Assoalho | Determina as medidas modulares para tacos de madeira e as condições de aplicação na construção modular. |
| NB - 00417 | NBR - 05725 | Ajustes Modulares e Tolerâncias | Determina as medidas para os ajustes modulares e as tolerâncias e a aplicação nas construções modulares. |
| NB - 00420 | NBR - 05726 | Série Modular de Medidas | Define as séries de medidas preferíveis e preferidas a serem utilizadas na construção modular. |
| NB - 00422 | NBR - 05727 | Equipamentos para Complemento da habitação na construção coordenada modularmente | Define as condições para equipamentos para complemento da habitação na construção modular |
| NB - 00423 | NBR - 05728 | Detalhes Modulares de Esquadrias | Define as condições exigíveis para os detalhes das esquadrias modulares. |
| NB - 00424 | NBR - 05729 | Princípios Fundamentais para a Elaboração de Projetos Coordenados Modularmente | Determina as condições e parâmetros para a elaboração de projetos coordenados modularmente. |
| SB - 00062 | NBR - 05730 | Símbolos Gráficos Empregados na Coordenação Modular da Construção | Determina os símbolos utilizados na coordenação modular da construção. |
| TB - 202 | NBR - 05731 | Terminologia da Coordenação Modular da Construção | Estabelece a terminologia utilizada nos projetos e nas construções coordenadas modularmente. |

Tabela 3.3.1 (continuação) – Normas Complementares sobre Coordenação Modular

3.4. COORDENAÇÃO MODULAR E COORDENAÇÃO DIMENSIONAL

Antes de detalhar os princípios da coordenação modular, se faz necessário distingui-la da coordenação dimensional.

A coordenação dimensional é obtida pelo uso de um módulo para compatibilizar e racionalizar, de forma conveniente, as dimensões, levando em conta a sua relação com a edificação. Segundo Penteado (1980), “a coordenação dimensional é um instrumento geométrico, físico e econômico que tem por função compatibilizar dimensionalmente, de forma racional e orgânica, os espaços disponíveis (ambientes) e os ocupados (invólucros) numa edificação”.

Os objetivos da coordenação dimensional são possibilitar a articulação dos componentes construtivos sem corte, nem ajuste e possibilitar a intercambialidade entre eles.

A coordenação modular, por sua vez, é a obtenção da coordenação dimensional utilizando-se um módulo como unidade de medida. Tem como objetivo reduzir a variedade de dimensões e de formas dos componentes construtivos e facilitar a combinação entre eles.

3.5. PRINCÍPIOS PARA A APLICAÇÃO DA COORDENAÇÃO MODULAR

A coordenação modular pode e deve ser aplicada em todas as fases do empreendimento, da concepção do produto ao projeto executivo, no planejamento e controle das atividades, na definição dos sistemas e processos construtivos que se pretende adotar, na execução da obra e na manutenção. A aplicação da coordenação modular está baseada em alguns princípios básicos, apresentados em seguida.

3.5.1. Sistema de Referência

Sistema de referência é definido como o conjunto de pontos, linhas e planos, utilizados na coordenação modular com a finalidade de facilitar o desenvolvimento dos projetos e, consequentemente, a construção. Segundo a NBR – 05706, este sistema deve ser utilizado para relacionar as medidas e posições definitivas dos componentes construtivos que integram os elementos da edificação.

O sistema de referência, do qual a coordenação modular se utiliza, é dividido em duas partes básicas: Reticulado Espacial Modular de Referência e Quadrícula Modular de Referência.

3.5.1.1. Reticulado Espacial Modular de Referência

O Reticulado Espacial Modular de Referência é um reticulado tridimensional constituído pela interseção de três sistemas ortogonais e planos paralelos separados entre si pela distância de um módulo base. “Configura uma malha espacial que serve de referência para o posicionamento dos componentes da construção, juntas e acabamentos” (LUCINI, 2002).

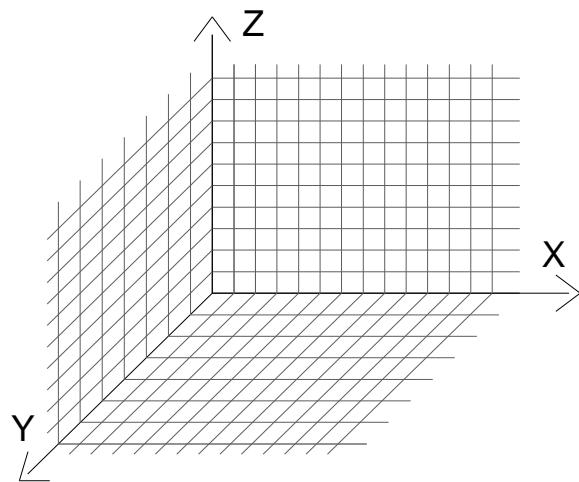


Figura 3.5.1 – Reticulado Espacial Modular de Referência (Adaptada de ROCKENBACH, 1993).

Os reticulados são utilizados no projeto da edificação, no projeto e fabricação de componentes e na obra. Eles podem ser de diferentes tamanhos em um

mesmo projeto, desde que sejam sempre múltiplos entre si. Tendo um módulo definido, a distância entre os planos de referência pode ser o valor do módulo ou de múltiplos do mesmo.

O reticulado deve ser definido em função das necessidades e objetivos dos projetistas. Normalmente as malhas modulares maiores são definidas para o projeto da edificação e para os planos de juntas, e as menores, para o detalhamento.

3.5.1.2. Quadriculado Modular de Referência

A Quadrícula Modular de Referência, por sua vez, é a projeção ortogonal do Reticulado Modular Espacial de Referência sobre um plano horizontal ou vertical. A utilização da quadrícula permite o posicionamento de componentes, juntas e acabamentos no projeto, e o lançamento das medidas em obra.

A representação gráfica da quadrícula é feita por malhas modulares cujas linhas são distanciadas por uma medida igual ao módulo (módulo de projeto), que pode ser diferente para cada uma das direções.

Na Figura 3.5.2 estão ilustrados alguns exemplos de quadrícula modular.

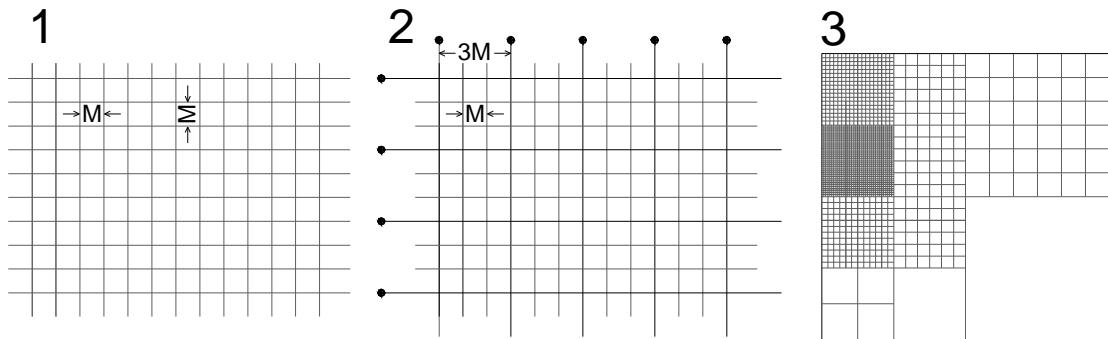


Figura 3.5.2 – Quadrícula Modular: 1- quadrícula modular para módulo M; 2- quadrícula modular para multimódulo 3M; 3- quadrícula justaposta. (Adaptada de ROCKENBACH, 1993).

3.5.2. Módulo Básico

Entende-se como módulo a distância entre dois planos consecutivos do sistema que origina o reticulado espacial de referência, devendo ser uma unidade fixa de medida. Na coordenação modular, todas as dimensões adotadas devem ser múltiplas ou submúltiplas do módulo.

O princípio para projetos modulares consiste em obter o máximo de economia através do uso de elementos definidos em função de um módulo, ou seja, do uso de “elementos modulares”. Para Rosso (1976), o módulo deve desempenhar três funções essenciais:

- 1) ser denominador comum de todas as medidas ordenadas;
- 2) ser incremento unitário de toda e qualquer dimensão modular a fim de que a soma ou a diferença de duas dimensões seja também modular; e
- 3) ser o fator numérico, expresso em unidades, do sistema de medidas adotado ou a razão de uma progressão.

O módulo básico é a unidade fundamental de medida definida para possibilitar a aplicação da coordenação modular, mantendo a flexibilidade nas soluções de projeto e de execução.

O módulo (M) universal é o de 10cm e é oficialmente adotado no Brasil. A escolha por esta medida foi feita inicialmente pela Agência Européia de Produtividade (A.E.P.) que em 1955, no estudo desenvolvido sobre coordenação modular, publicou que o módulo oficial a ser utilizado pelos países membro da A.E.P. seria o de 10cm, para os países que adotam o sistema métrico decimal ou 4” (quatro polegadas) para os países onde a unidade de medida adotada é a polegada.

As razões para esta escolha, segundo Penteado (1980), foram a facilidade de manuseio desta medida na industrialização de materiais e a sua quase identidade com o valor de 4”, o que simplificaria o trabalho dos países que adotassem o sistema métrico decimal.

Rosso (1976), cita que as razões para esta escolha foram publicadas no projeto da A.E.P. e são resumidas nos seguintes pontos:

- 1) a medida do módulo básico deve ser grande o suficiente para que seja possível estabelecer uma correlação satisfatória entre as medidas modulares dos componentes e os espaços modulares do projeto;
- 2) a medida do módulo básico deverá, entretanto, ser a maior possível para proporcionar a máxima redução da variedade atual dos produtos;

- 3) para comodidade de uso, a medida do módulo básico deverá ser expressa com um número inteiro e ser caracterizada por uma relação numérica simples com o sistema de medidas ao qual se refere;
- 4) a medida do módulo básico deverá ser escolhida por unanimidade dos países que pretendem adotar a coordenação modular, portanto, no limite do possível, deverá ser idêntica para todos.

Existem críticas com relação ao módulo universal adotado. Os arquitetos, que utilizam o módulo normalmente na fase de projeto, afirmam que a medida de 10cm não concilia função, forma e produção. E ainda, que não guardam qualquer relação com a escala humana, não sendo compatível com requisitos antropométricos e com os estudos de ergonomia que envolvem o dimensionamento dos ambientes.

Outra contradição levantada é o fato do módulo não ser compatível com as medidas históricas dos componentes tradicionais, dificultando a coordenação das medidas dos mesmos.

Mas, mesmo com os questionamentos, o módulo de 10cm é adotado universalmente e as entidades que participaram desta definição alegam que grande parte das deficiências do módulo básico podem ser resolvidas com o uso dos derivados do módulo (múltiplos – multimódulos e submúltiplos – submódulos) ou com a definição de zonas de domínio para cada tipo de componente, criando zonas neutras.

3.5.2.1. Multimódulo e Submódulo

Como o módulo de 10cm nem sempre está compatibilizado com as dimensões dos componentes utilizados nas construções (especialmente as tradicionais), é necessária a aplicação de múltiplos ou submúltiplos do módulo para compatibilizar os componentes com as dimensões modulares.

Além disso, para medidas maiores, torna-se mais prático a utilização de uma referência de medida maior, para reduzir a quantidade de medidas que serão utilizadas em um determinado projeto ou na obra. Sendo assim, para que essas medidas maiores sejam compatíveis com o módulo e sejam modulares, são utilizados múltiplos do módulo (multimódulos).

A norma NBR 05709 – Multimódulos, define multimódulo como o módulo cuja grandeza é um determinado múltiplo inteiro do módulo básico, e que, multimódulo horizontal se refere ao quadriculado horizontal de referência (x, y) e multimódulo vertical é o que está ligado aos quadriculados verticais de referência (x,z e y,z).

A definição dos multimódulos não deve ser feita de forma aleatória, deve-se analisar todo o conjunto e a escolha deve ser em função dos componentes, dos materiais e da fabricação, visando uma produção econômica tanto em fábrica, quanto no canteiro.

A regra para definir os multimódulos, fixada na norma NBR 05709 é determinada pela fórmula $mM = n.M$, onde mM é a medida modular do multimódulo, n é um número positivo inteiro e M é a medida do módulo básico (100mm). Esta mesma norma propõe como multimódulo mais adequado para edificações, independente da tipologia, para planos de coordenação horizontal os múltiplos inteiros de $3M$ e, para planos de coordenação vertical, os múltiplos inteiros de $2M$.

Alguns componentes têm uma ou mais dimensões menores que o módulo básico. Para estas situações, existem duas opções para inseri-lo dentro da modulação. Uma é utilizar os componentes em conjunto, de modo que, somados, atinjam o módulo mínimo. Esta opção nem sempre é viável, pois, para determinados elementos de construção, não faz sentido aplicá-los em conjunto, tais como os revestimentos, as paredes e os forros.

A segunda opção, aplicável aos exemplos acima, é utilizar medidas menores que o módulo básico (submódulo), com a condição de que sejam múltiplos inteiros do mesmo. O submódulo é determinado por nM/x , onde x é necessariamente um número inteiro.

Nestes casos, onde é necessária a utilização de medidas menores que o módulo, segundo a Norma, é possível o emprego de submódulos iguais ou múltiplos de $1M/4$, sendo submódulo $=1M/4 =25mm$.

3.5.3. Ajuste Modular

Na colocação, montagem e associação de um componente em uma posição previamente definida em projeto, relacionada com o sistema de referência adotado, é importante considerar que não acontecerão adaptações e cortes no local, independente de onde este componente será fabricado. Ou seja, mesmo proveniente de fábricas diferentes, os componentes devem ter medidas iguais às de projeto, já considerando as folgas necessárias para a junção com outros componentes no canteiro.

É necessário considerar as folgas devido às possibilidades de variação que decorrem de erro de fabricação, de posicionamento e de dilatações, contrações ou deformações originadas por fenômenos físico-químicos, exigindo “jogos de montagem” no momento da junção (ROSSO, 1976).

A folga perimetral necessária ao componente para absorver as tolerâncias de fabricação e para que o mesmo seja colocado na obra sem invadir a medida modular do componente adjacente é definida como Ajuste Modular.

O ajuste modular é, também, a dimensão entre a medida de projeto e a medida modular e, a depender da situação de projeto e dos componentes escolhidos, pode ser positivo, negativo ou nulo.

3.5.3.1. Ajuste Modular Positivo

É caracterizado quando o espaço modular não é ocupado totalmente. Por exemplo, vãos de portas ou janelas, como pode ser visto na Figura 3.5.3, onde a medida modular é maior que a medida de projeto do componente.



Figura 3.5.3 - Exemplo de Ajuste Modular Positivo – Planta baixa inserida na quadrícula (Adaptada de PENTEADO, 1980)

3.5.3.2. Ajuste Modular Negativo

É obtido quando o espaço modular é excedido. Neste caso a medida modular é menor que a medida de projeto. Por exemplo, painéis pré-fabricados com encaixe por superposição, representado na Figura 3.5.4.



Figura 3.5.4 – Exemplo de Ajuste Modular Negativo - Planta baixa inserida na quadrícula (Adaptada de PENTEADO,1980)

3.5.3.3. Ajuste Modular Nulo

Acontece quando a medida modular e a medida de projeto coincidem. Por exemplo, placas de revestimentos com encontros “topo-a-topo”.

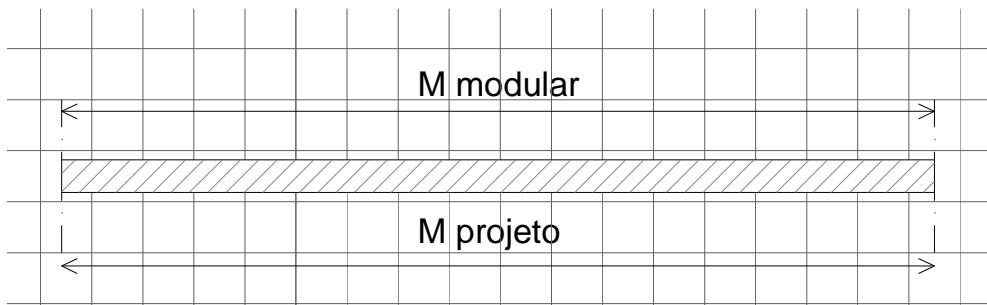


Figura 3.5.5 – Exemplo de Ajuste Modular Nulo - Planta baixa inserida na quadrícula (Adaptada de PENTEADO,1980)

O entendimento dos princípios da coordenação modular é fundamental para a correta aplicação das diretrizes para desenvolvimento de projetos coordenados modularmente, que serão posteriormente apresentadas. Além disso, somente seguindo esses princípios será possível obter as vantagens de uma execução precisa e econômica e de um criterioso planejamento propostos pela coordenação modular.

3.6. DEFINIÇÕES E DIRETRIZES PARA PROJETO

Antes de detalhar as diretrizes para projetos coordenados modularmente, apresenta-se um resumo das definições mais importantes, de modo a tornar mais fácil o entendimento das “regras” até então estabelecidas para o desenvolvimento dos projetos.

3.6.1. Definições¹²

Medida Modular: medida de um vão, de distâncias entre partes da construção ou de um componente, tendo como referência o módulo (10cm) ou múltiplos do mesmo. A medida modular inclui o componente e a folga perimetral necessária para absorver tanto as tolerâncias de fabricação, quanto os ajustes em obra, em função das técnicas construtivas que estão sendo utilizadas. A medida modular garante que cada componente tenha o espaço necessário para a sua colocação na obra, sem “invadir” o espaço do componente adjacente.

Medida Nominal: medida determinada para o projeto (medida de projeto) ou fabricação do componente. É sempre inferior a medida modular, permitindo a inclusão de tolerâncias de fabricação e de ajustes necessários no canteiro.

Medida Real: é obtida ao medir qualquer componente construtivo. Pode ser maior ou menor que a medida nominal, a depender das tolerâncias previstas na fabricação.

Tolerância de Fabricação: desvio máximo permitível sobre uma dimensão estabelecida, ou ainda, a diferença máxima admissível entre a medida nominal e a medida real. O objetivo de determinar as tolerâncias possíveis é garantir que os componentes possam ser acoplados no canteiro sem prejudicar a modulação dos vãos, mantendo o grau de precisão esperado nas construções.

Junta Nominal: distância entre dois componentes adjacentes – medida entre os extremos de dois componentes prevista em projeto (junta de projeto).

¹² Estas definições foram adaptadas de LUCINI (2002), ROCKENBACH (1993) e da NBR-05706 – Coordenação Modular da Construção.

Junta Real: distância real entre os componentes adjacentes – medida entre os extremos de dois componentes obtida na obra.

Zona Neutra: zona não modular entre dois planos modulares de referência consecutivos, utilizados para absorver partes da construção de difícil modulação devido às suas características técnicas e/ou funcionais.

O emprego de determinados componentes construtivos não modulares pode ser possível através da definição destas zonas neutras. No entanto a NBR – 05706 só aconselha o seu uso em caso de extrema necessidade, e define que as zonas neutras inseridas nas quadrículas modulares, nos planos horizontais e verticais, devem ter a mesma posição e medida.

Plano Modular de Referência: plano que coincide com a quadrícula modular, que delimita componentes ou conjuntos da construção.

Plano Chave: plano de uma retícula modular de referência onde são definidas as posições teóricas dos elementos mais importantes da edificação.

Eixo Modular: linha sobre a quadrícula modular que define a posição de um elemento importante da edificação sobre um plano. Por exemplo, a posição das paredes e de peças estruturais (pilares e vigas).

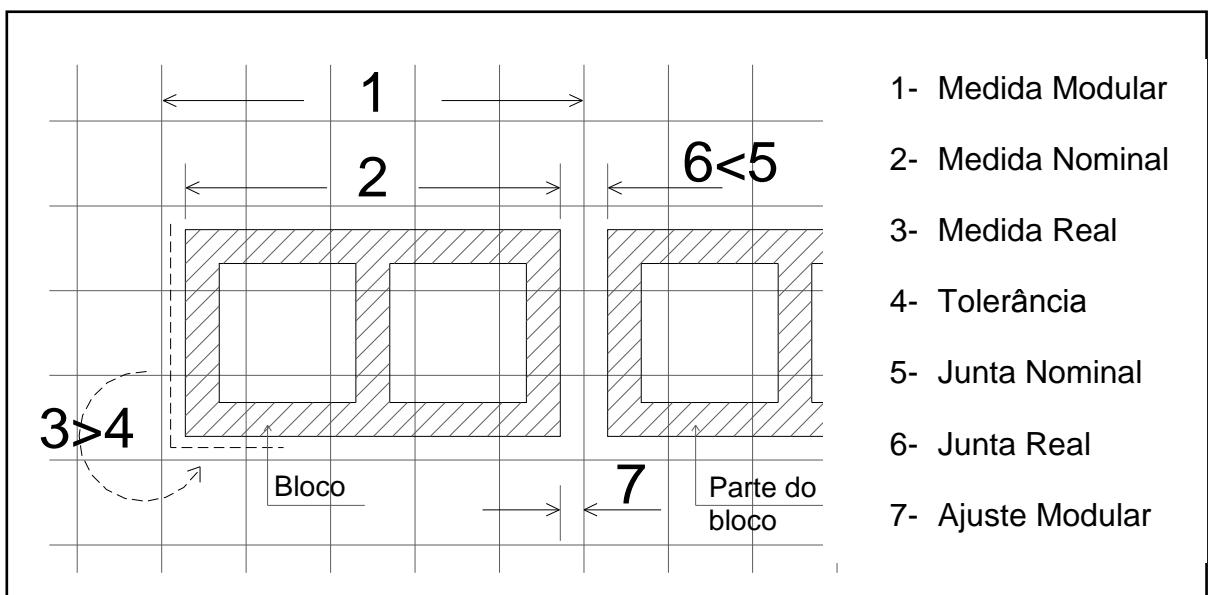


Figura 3.6.1 – Representação gráfica, em planta baixa, de algumas definições apresentadas.
(Adaptada de LUCINI, 2002)

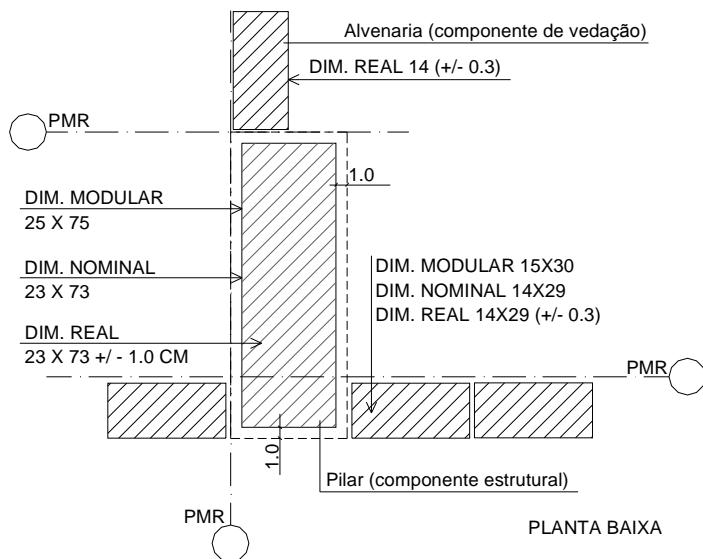


Figura 3.6.2 – Relação entre Dimensão Modular, Dimensão Nominal e Dimensão Real (Adaptada de LUCINI, 2002).

3.6.2. Diretrizes para projetos coordenados modularmente

A Norma Brasileira para Coordenação Modular – NBR 05706 e as Normas complementares definem algumas diretrizes essenciais para a aplicação da coordenação modular de projetos. Entre elas, a definição prévia da dimensão dos componentes, das tolerâncias, das séries de medidas preferenciais e da posição dos componentes na quadrícula são primordiais para o bom resultado do projeto e consequentemente da execução.

3.6.2.1. Dimensionamento dos componentes

As medidas nominais dos componentes devem ser modulares ou multimodulares. Para os processos construtivos racionalizados e processos industrializados modulares (processos de produção aberta) não é possível o ajuste de componentes no local, para adequá-los ao espaço definido como acontece nas construções tradicionais. A dimensão dos componentes deve ser definida previamente, evitando adaptações no local, podendo, desta forma, caracterizar o processo como “processo de montagem de componentes”.

Para que o processo de montagem seja viável, evitando ajustes no local, os componentes precisam ser produzidos com um certo grau de precisão definido previamente em função do processo construtivo que será adotado.

3.6.2.2. Definição das tolerâncias

Nissen (1976) apud Rockenbach (1993) cita que “as tolerâncias, na indústria da construção, são especificadas com ‘+,-’ desvio a respeito da dimensão básica (dimensão de projeto). Esta especificação de tolerância é denominada de ‘especificação simétrica da tolerância’, onde dimensão básica é o valor médio entre as dimensões máximas e mínimas permitíveis, ou entre as dimensões máximas superior e inferior”.

A Figura 3.6.3 representa a especificação simétrica da tolerância citada por Nissen (1976) segundo Rockenbach (1993), onde são traçados os intervenientes que devem ser considerados na definição das dimensões coordenadas e das tolerâncias admissíveis. Sendo:

Dimensão medida: comprimento obtido pela medição real do componente;

Dimensão Básica: dimensão modular (do componente) de projeto;

Variação: diferença entre a dimensão medida e a dimensão básica;

Tolerância: variação máxima permitida em relação à dimensão básica (+ ou -).

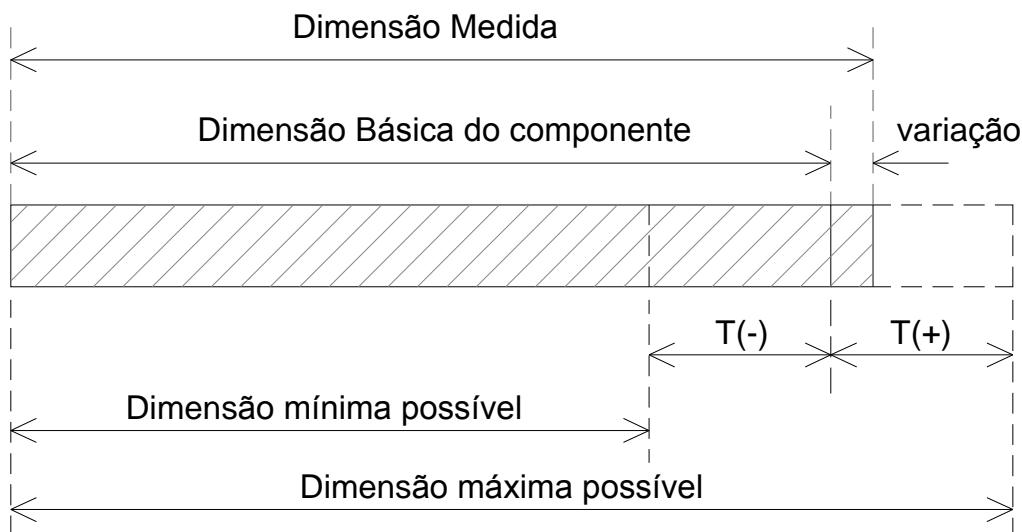


Figura 3.6.3 – “Representação Simétrica da Tolerância” (NISSEN, 1976 apud ROCKENBACH, 1993).

3.6.2.3. Seleção de medidas modulares

A escolha das medidas modulares deve levar em consideração a economia e a racionalidade na fabricação e na produção e deve ter uma variedade mínima

possível sem, no entanto, reduzir a flexibilidade das combinações e consequentemente do projeto.

Esta seleção é feita utilizando o princípio das séries numéricas e são utilizados os seguintes critérios:

- a) os números devem permitir a maior flexibilidade possível de combinações e dimensões (correlação);
- b) deve-se utilizar a menor quantidade possível de números (simplificação).

A correlação entre números é importante para que os componentes que tenham dimensões baseadas neles fiquem inter-relacionados. A correlação torna-se mais fácil através da adoção de uma série de números que multiplicados pelo módulo básico, resultem em medidas múltiplas desse e que irão orientar a escolha das medidas dos componentes construtivos.

Além disso, a quantidade de números deve ser limitada (simplificação) para que se tenha poucos tamanhos, facilitando a produção e montagem dos componentes.

Para a seleção de medidas modulares, é importante definir a série de medidas preferíveis e a série de medidas preferidas, onde, segundo a Comissão Pan-americana de Normas Técnicas (COPANT) em um dos textos elaborados na década de 70 sobre a coordenação modular:

Medidas preferíveis são o conjunto de medidas que, por suas propriedades matemáticas e sua freqüência de uso, foram escolhidas como série modular normal e medidas preferidas são as escolhidas dentre as preferíveis para aplicação em um determinado caso.

No trabalho realizado pela COPANT – “Série Modular Normal de Medidas”, em janeiro de 1971, a série apresentada, envolvendo submúltiplos e múltiplos do módulo (M) foi a seguinte:

$$0,01M = 1\text{mm de } 0,01M \text{ a } 0,1M$$

$$0,1M = 1\text{cm de } 0,1M \text{ a } 1M$$

M = 10cm

n.M de 1M a 60M

n.3M de 60M a 120M

n.6M de 120M a 240M

n.l.12M de 240M em diante

Sendo n, número inteiro, positivo e diferente de zero.

Foi previsto ainda, para os componentes não coordenados modularmente, como por exemplo os revestimentos, o uso de $0,15M = 15\text{mm}$; $0,25M = 25\text{mm}$; $1,5M = 15\text{cm}$ e $2,5M = 25\text{cm}$.

Além do estudo realizado pela COPANT, existem inúmeros outros trabalhos que definem as séries de medidas modulares e entre eles pode ser destacado o que foi realizado pela Organização Nacional de Normalização – ISO: “Anteprojeto preliminar para uma normalização internacional da Coordenação Modular- série geral de grandezas preferidas para dimensões horizontais multimodulares”(ISO/TC 59/SCI – Abril de 1973).

Este trabalho, segundo o BNH (1976), foi a primeira normalização internacional elaborada sobre séries gerais de grandezas preferidas para diferentes finalidades na construção. Nesta publicação, as séries de grandezas preferidas foram desenvolvidas para serem empregadas nas dimensões horizontais multimodulares coordenadas na construção e podem ser aplicadas como multimódulos horizontais, dimensões de componentes na construção e em grandezas coordenadas para componentes.

Esta normalização foi definida como uma indicação geral. Portanto, por necessidades funcionais ou econômicas, é possível o uso de grandezas que não estejam compreendidas na série, mantendo desta forma a flexibilidade proposta pela coordenação modular. Com isso evita-se que restrições impostas prejudiquem a escolha dos componentes como também a execução dos projetos e da obra.

As séries de grandezas preferidas sugeridas neste trabalho são as seguintes:

3M - 6M – 9M 42M – 45M – variando de 3M

| | |
|------------------|------------------------------|
| 48M - 54M | 90M – 96M – variando de 6M |
| 96M -108M | 180M –192M – variando de 12M |
| 192M -216M | 360M –384M – variando de 24M |
| 384M -432M | etc – variando de 48M |

No Brasil, a ABNT (na norma sobre coordenação modular) define como medidas preferíveis e preferidas os multimódulos de 2M e 3M, onde:

Série modular de razão 2: 2 – 4 – 6 – 8 – 10 – 12

Série modular de razão 3: 3 – 6 – 9 – 12 –15 –18

3.6.2.4. Posicionamento dos componentes no sistema de referência

A locação dos componentes construtivos em relação ao sistema de referência, consiste em ocupar os espaços modulares de coordenação definidos pelo reticulado espacial e pelas quadrículas modulares.

A NBR 05707 - Posição dos Componentes da Construção em relação a Quadrícula Modular de Referência - estabelece a seguinte regra:

Os espaços modulares de coordenação definidos pela reticula modular são reservados para serem ocupados por:

- componentes construtivos propriamente ditos;
- ajustes dos mesmos componentes que são as medidas admitidas pelas suas folgas e tolerâncias.

Estes elementos construtivos podem ser locados na quadrícula da seguinte forma:

- Lateral: o limite (borda) do componente fica dentro da linha (ou eixo) da quadrícula. O componente terá, em sua projeção ortogonal, uma de suas faces “encostada” em relação a uma linha do quadriculado modular de referência.

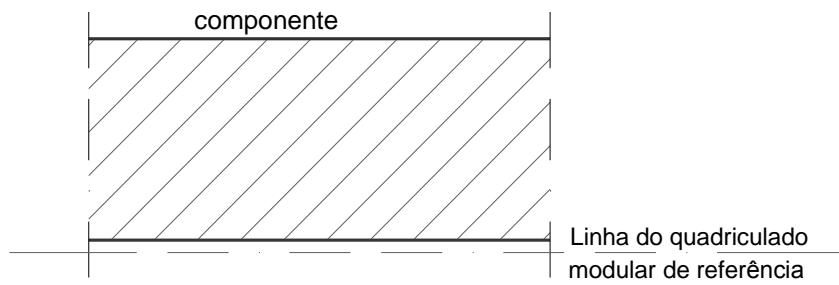


Figura 3.6.4 – Componente modular com uma das faces encostada em uma linha do quadriculado modular.

- b) Simétrica: o centro (ou linhas de centro) do componente fica sobre a linha (ou eixo) da quadrícula. O componente terá, em sua projeção ortogonal, suas faces eqüidistantes de uma linha do quadriculado modular de referência. Desta forma, a medida entre os eixos dos componentes serão modulares.

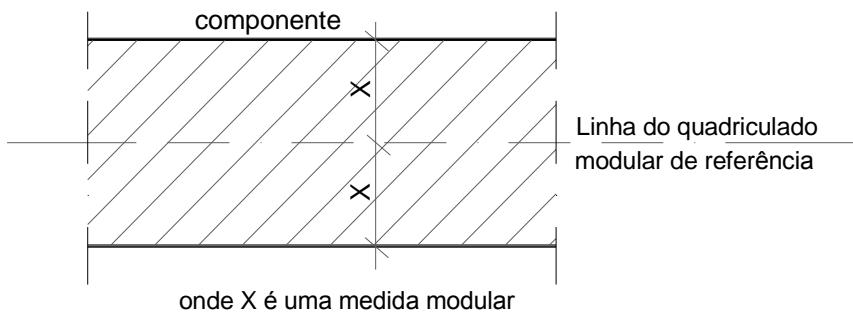


Figura 3.6.5 – Componente modular com eixo coincidente com uma linha do quadriculado.

A posição dos componentes em relação ao quadriculado modular de referência deverá ser definida em função das necessidades técnicas e econômicas da edificação em questão.

Na Figura 3.6.6 abaixo estão representadas as duas situações de localização na quadrícula e pode ser verificado que os vãos dos ambientes continuam modulares.

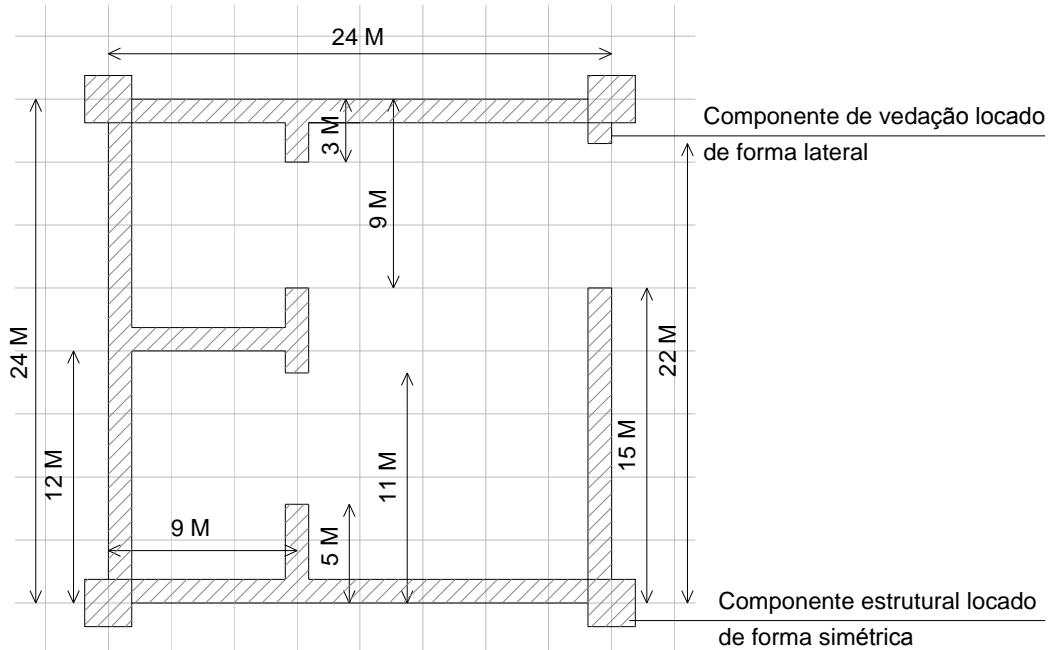


Figura 3.6.6 – Exemplo de planta baixa na quadrícula modular (Adaptada de BNH,1976).

3.6.2.5. Detalhes dos componentes modulares

Como em todo projeto, seja modular ou não, a execução dos componentes é feita utilizando os detalhes dos mesmos, além das plantas, cortes e elevações.

A diferença é que, no detalhe dos projetos modulares, além das indicações das medidas, formas, características técnicas e funcionais de cada componente, é necessário posicioná-lo em relação ao reticulado espacial modular de referência, indicando as juntas necessárias, a união com os componentes adjacentes e os possíveis ajustes modulares.

Na Figura 3.6.7, está representado um exemplo de detalhe de um componente modular e sua posição com relação à quadrícula.

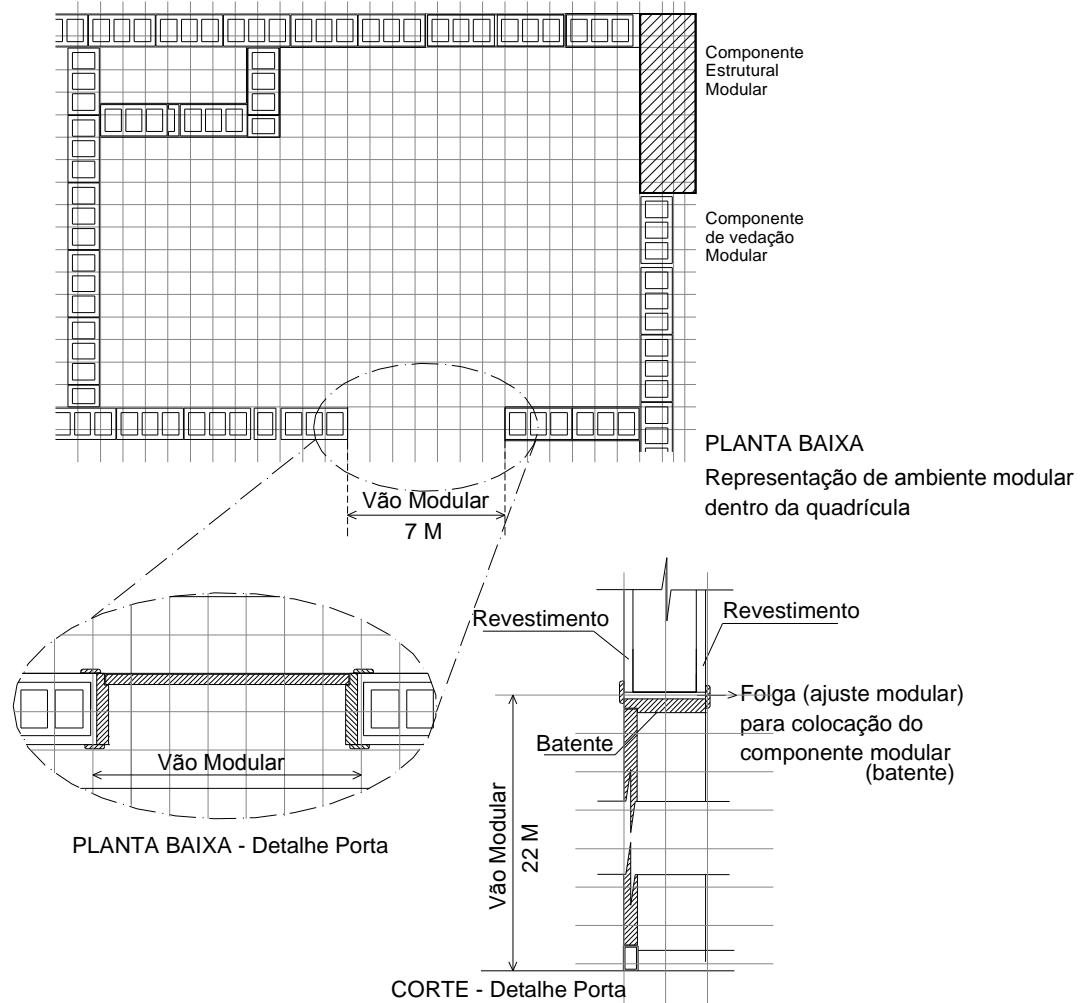


Figura 3.6.7 – Detalhe de Componente Modular

4. A COORDENAÇÃO MODULAR NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Uma vez apresentadas as normas e princípios da coordenação modular, e as definições e diretrizes necessárias para a elaboração de projetos modulares, apresenta-se como tais informações podem ser utilizadas de forma prática no projeto e, consequentemente, na construção.

As sugestões e exemplos aqui apresentados estão embasados no trabalho realizado pelo BNH em 1976 – “Coordenação Modular da Construção” – desenvolvido com base nas Normas sobre o assunto e nas diretrizes elaboradas pelo arquiteto Hugo Camilo Lucini no ano de 2002, para a implantação da coordenação modular em uma grande construtora de São Paulo – “Conceitos Básicos de Coordenação Modular aplicada e processos de lançamento de projeto”. Ambos adotam o sistema construtivo convencional para edifícios de múltiplos pavimentos, projetados com estrutura reticulada em concreto armado e vedações em alvenaria.

4.1. DEFINIÇÃO DE VÃOS VERTICais E HORIZONTAIS

A norma brasileira determina que para a aplicação da coordenação modular, os vãos, sejam horizontais ou verticais, fechados (de vedação) ou abertos (passagens), devem ter suas medidas modulares para projeto e devem também ser considerados os devidos ajustes modulares para a montagem dos componentes na obra.

Na escolha das medidas dos vãos, deve-se considerar suas necessidades funcionais. Para os fechamentos, além das necessidades funcionais, os materiais que serão utilizados, as formas de fabricação e de utilização no canteiro.

A escolha dos multimódulos horizontais e verticais deve acontecer também em função das necessidades do sistema construtivo adotado, da obra e do projeto.

Não existe a obrigatoriedade dos multimódulos horizontais serem iguais aos verticais, apesar de ser uma opção muito boa para o desenvolvimento dos projetos, fabricação e utilização dos componentes na obra.

Como já foi citado no item 3.5.2. deste trabalho, a Norma Brasileira, NBR-05709 recomenda o uso do multimódulo de 3M para os vãos horizontais e do multimódulo de 2M para os vãos verticais.

4.1.1. Definição de vãos verticais

Na construção civil, os vãos verticais modulares são definidos por dois planos horizontais no andar tipo, delimitados por Planos Modulares de Referência (PMR).

Para este trabalho e para as sugestões apresentadas, considera-se como módulo básico, o módulo universal de 10cm ($M = 10\text{cm}$) e a definição das medidas verticais são feitas em função das exigências dos projetos, dos sistemas construtivos e tipos de componentes utilizados.

Na Figura 4.1.1 – vãos verticais modulares – estão representados alguns dos vãos verticais mais importantes a serem analisados em um projeto modular, sendo:

- a) conjunto vertical piso a piso: distância entre níveis de piso acabado de dois pavimentos consecutivos ou ainda a soma do pé-direito livre com a espessura do pavimento.
- b) conjunto laje-piso: é formado pela estrutura horizontal e seus complementos (por exemplo as vigas), incluindo as possíveis tolerâncias e folgas.
- c) conjunto vedação: é composto pela alvenaria, aberturas e esquadrias somadas às tolerâncias necessárias.
- d) altura de compartimento (pé direito livre): distância entre níveis acabados de piso e teto

- e) altura de teto-piso: compreende a distância que separa dois pavimentos consecutivos, ou seja: é a diferença entre a altura de piso a piso para a altura de compartimento.

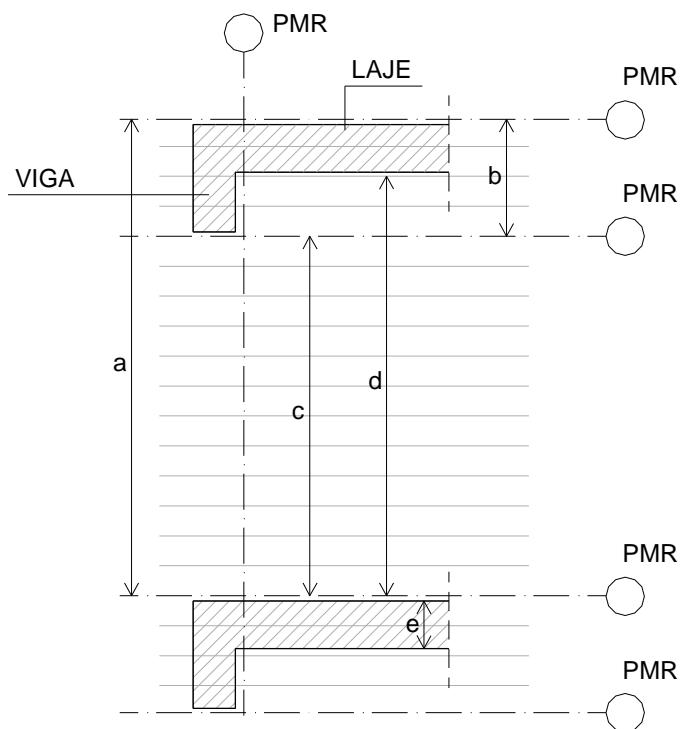


Figura 4.1.1 – Vãos verticais modulares – corte esquemático.

Na definição do conjunto laje-piso (b), Lucini (2002), sugere que devem ser consideradas as seguintes medidas (Figura 4.1.2):

- 1- altura de projeto da viga que forma o conjunto;
- 2- as tolerâncias admissíveis para a execução da viga;
- 3- a tolerância admissível de regularidade da laje no momento da concretagem;
- 4- a flecha da viga;
- 5- a deformação lenta admissível da viga;
- 6- a espessura prevista para encunhamento da alvenaria inferior;
- 7- a espessura de nivelamento da laje.

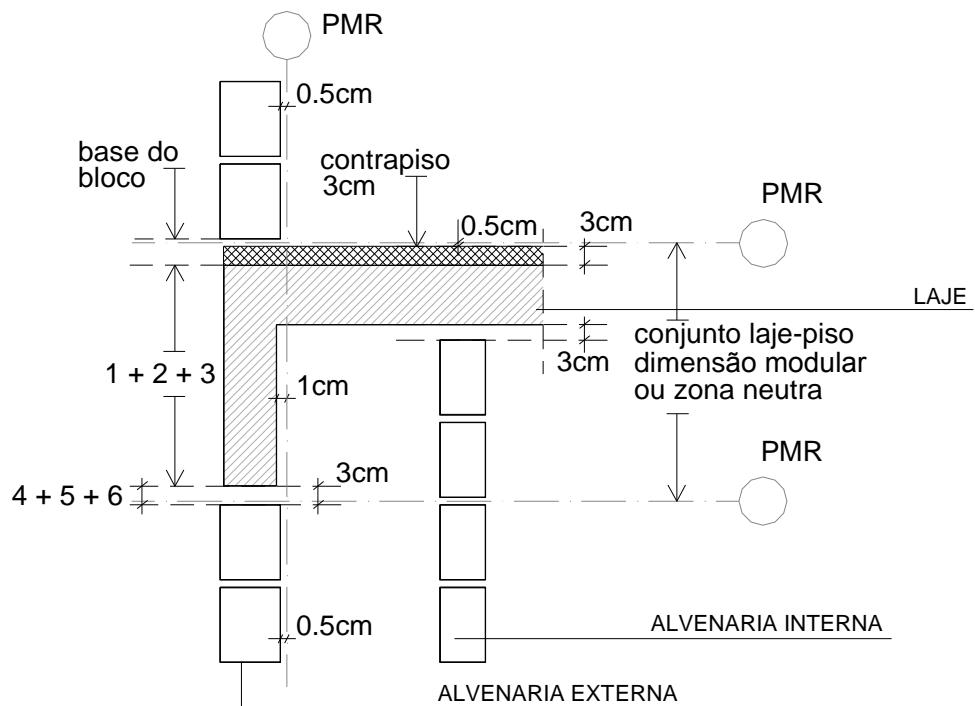


Figura 4.1.2 – Conjunto laje-piso – corte esquemático (Adaptada de LUCINI, 2002).

Na proposta de Lucini (2002), o Plano Modular de Referência superior ao conjunto laje-piso deve ficar 0.5cm acima do contrapiso, no eixo da primeira junta de assentamento da alvenaria. Este PMR superior serve também como referência para o lançamento da fôrma dos pilares do pavimento superior, definição da cota sobre a qual se assenta a primeira fiada das vedações, nivelamento da laje executada e dos revestimentos de piso, definição da cota do peitoril e altura do pé direito do andar tipo.

Nesta proposta, apresentada na Figura 4.1.2, a alvenaria está sobre o contrapiso, provavelmente por solicitação da empresa construtora para a qual o trabalho foi desenvolvido. Mas, para evitar a exigência de ter o contrapiso também com espessura modular, é aconselhável que a alvenaria fique sobre a laje. Além disso, considerar o conjunto laje-piso como zona neutra, a depender da medida final deste conjunto, pode dificultar a solução das fiadas de alvenaria que ficam neste trecho, para situações onde não existe viga. Desta forma, sugere-se que apenas a laje fique sujeita à zona neutra, se não for possível tê-la com espessura modular.

Lucini (2002), sugere, ainda, para o ajuste de sessões, alturas, espessuras, dimensões e posicionamento dos componentes estruturais as seguintes tolerâncias admissíveis na execução:

| | |
|---|--------|
| 1 - prumo por pavimento tipo: | 1.0 cm |
| 2 - prumo na altura total do edifício | 2.0 cm |
| 3 - altura de vigas | 0.5 cm |
| 4 – espessura de laje | 1.0 cm |
| 5 - nível de laje (problemas de concretagem) | 2.0 cm |
| 6 – deformação das laterais da viga | 1.0 cm |
| 7- deformação das laterais dos pilares | 1.0 cm |
| 8 – flecha admissível de vigas e lajes | 1.5 cm |
| 9 – deformação lenta admissível (vigas e lajes) | 1.0cm |

Estas medidas são sugestivas, podendo variar em função das tecnologias adotadas e de cada projeto específico. Além disso, cada empresa, deve definir estas medidas em função das suas necessidades e dos seus processos construtivos.

Para a execução das paredes de vedação¹³ é convencional o uso de blocos vazados de concreto ou de cerâmica. O conjunto de vedação também deve ser modular e executado de acordo com o reticulado espacial modular de referência. Desta forma, uma alvenaria modular é composta por um número determinado de fiadas e seus complementos (se necessário), cujas medidas permitam que ela ocupe um espaço modular (2.10m; 2.20m; 2.30m etc).

A delimitação vertical do conjunto é feita por dois Planos Modulares de Referência (PMR) que coincidem com os planos da Quadrícula Modular e que

¹³ Para este trabalho foi adotado o sistema construtivo convencional, onde o sistema estrutural é projetado com estrutura reticulada de concreto armado e as alvenarias têm função de vedação, sejam elas internas ou externas.

passam nos eixos das juntas horizontais dos elementos de vedação, como foi representado na Figura 4.1.2 - conjunto laje-piso.

Se uma das medidas dos componentes utilizados nas vedações não for modular, deve-se, na soma dos componentes, em determinados intervalos, ter-se medidas modulares (múltiplos do módulo).

Com relação à posição dos componentes no quadriculado vertical modular, a norma sugere três posições - lateral, simétrica ou assimétrica - conforme apresentado no item 3.6.2.4 (posicionamento dos componentes no sistema de referência) deste trabalho.

Para a dimensão dos componentes, o BNH (1976), sugere três tipos a serem utilizados e suas dimensões estão representadas nas Tabelas 4.1.1 (tijolos furados de barro cozido), 4.1.2 (tijolos maciços de barro cozido) e 4.1.3 (blocos vazados de concreto). Lucini (2002), sugere os blocos vazados com as dimensões conforme Tabela 4.1.4.

| MEDIDA MODULAR (cm) | | | MEDIDA DE PROJETO (cm) | | |
|---------------------|---------|--------|------------------------|---------|--------|
| Comprimento | Largura | Altura | Comprimento | Largura | Altura |
| 20 | 10 | 10 | 19 | 9 | 9 |
| 20 | 10 | 20 | 19 | 9 | 19 |
| 30 | 10 | 20 | 29 | 9 | 19 |

Tabela 4.1.1 – Dimensões modulares sugeridas para tijolos vazados de barro cozido (BNH, 1976)

| MEDIDA MODULAR (cm) | | | MEDIDA DE PROJETO (cm) | | |
|---------------------|---------|--------|------------------------|---------|--------|
| Comprimento | Largura | Altura | Comprimento | Largura | Altura |
| 20 | 10 | 8 | 19 | 9 | 7 |
| 10 | 10 | 8 | 9 | 9 | 7 |

Tabela 4.1.2 – Dimensões modulares sugeridas para tijolos maciços de barro cozido (BNH, 1976)

Para os componentes apresentados na Tabela 4.1.2, a modulação vertical só será atingida a cada 5 fiadas.

As tolerâncias de fabricação admitidas para as medidas de projeto, tanto para os componentes da Tabela 4.1.1 quanto para os da Tabela 4.1.2, são de $\pm 3\text{mm}$ e a junta de projeto entre os componentes deve ser de 1cm.

| BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO – ALTURA COMUM | | | | | |
|--|---------|--------|------------------------|---------|--------|
| MEDIDA MODULAR (cm) | | | MEDIDA DE PROJETO (cm) | | |
| Comprimento | Largura | Altura | Comprimento | Largura | Altura |
| 10 | 20 | 20 | 9 | 19 | 19 |
| 10 | 15 | 20 | 9 | 14 | 19 |
| 10 | 10 | 20 | 9 | 9 | 19 |
| 20 | 20 | 20 | 19 | 19 | 19 |
| 20 | 15 | 20 | 19 | 14 | 19 |
| 20 | 10 | 20 | 19 | 9 | 19 |
| 40 | 20 | 20 | 39 | 19 | 19 |
| 40 | 15 | 20 | 39 | 14 | 19 |
| 40 | 10 | 20 | 39 | 9 | 19 |
| BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO – MEIA ALTURA | | | | | |
| MEDIDA MODULAR (cm) | | | MEDIDA DE PROJETO (cm) | | |
| Comprimento | Largura | Altura | Comprimento | Largura | Altura |
| 10 | 20 | 10 | 9 | 19 | 9 |
| 10 | 15 | 10 | 9 | 14 | 9 |
| 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 |
| 20 | 20 | 10 | 19 | 19 | 9 |
| 20 | 15 | 10 | 19 | 14 | 9 |
| 20 | 10 | 10 | 19 | 9 | 9 |
| 40 | 20 | 10 | 39 | 19 | 9 |
| 40 | 15 | 10 | 39 | 14 | 9 |
| 40 | 10 | 10 | 39 | 9 | 9 |

Tabela 4.1.3 – Dimensões modulares sugeridas para blocos vazados de concreto (BNH, 1976)

Para os blocos vazados de concreto são admitidas as tolerâncias de fabricação de $\pm 2\text{mm}$ para as medidas de projeto e a junta de projeto entre os componentes deverá ser de 1 cm.

Na Figura 4.1.3 estão representados os dois tipos de tijolos (Tabelas 4.1.1 e 4.1.2) sugeridos pelo BNH, no quadriculado vertical de referência como componente do conjunto vedação, onde:

- a) representa a aplicação do tijolo vazado com medida modular de (20x10x30) para preencher o espaço modular de 8M x 6M x M; e
- b) representa a aplicação de tijolo maciço com medida de (20x10x8), onde as medidas modulares verticais são obtidas de 5 em 5 fiadas.

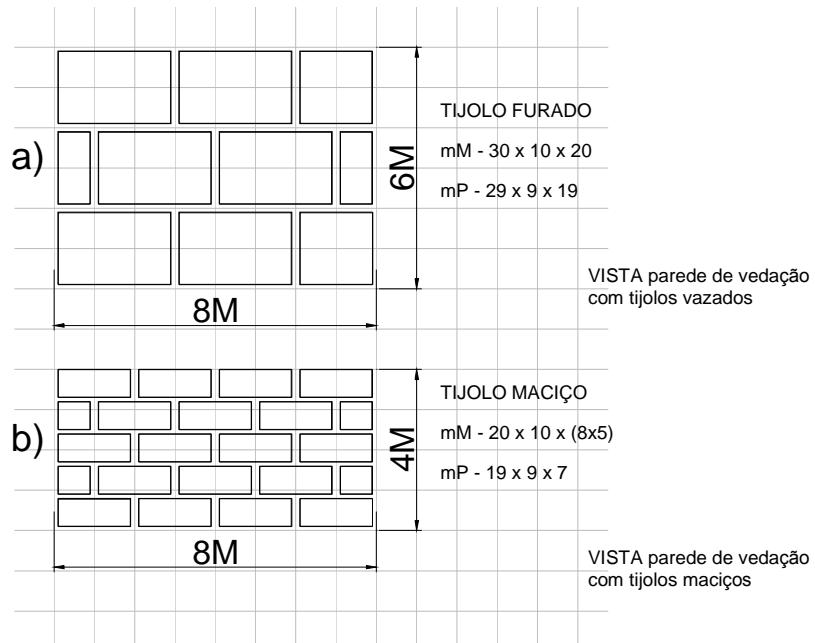


Figura 4.1.3 – Representação de tijolos vazados e maciços no quadriculado de referência (Adaptada de BNH, 1976)

Lucini (2002), sugere a adoção das medidas modulares dos componentes das alvenarias indicadas na Tabela 4.1.4, a seguir, onde são mostradas também as relações dimensionais em função da largura e do comprimento destes componentes:

| Dimensão Nominal dos Blocos (mm) | Dimensão Modular dos Blocos (mm) | Espessura Nominal das Paredes (mm) | Espessura Modular das Paredes (mm) | Vão Nominal do Ambiente (m) | Vão Modular do Ambiente (m) |
|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 90 x 190 | 100 x 200 | 90 | 100 | 2.81 m | 2.80 m |
| 140 x 290 | 150 x 300 | 140 | 150 | 2.21 m | 2.20 m |
| 190 x 290 | 200 x 300 | 190 | 200 | 2.61 m | 2.60 m |

Tabela 4.1.4 – Relações dimensionais em função da largura e do comprimento dos componentes (Adaptada de LUCINI, 2002).

A Figura 4.1.4 ilustra a utilização dos blocos modulares vazados sugeridos por Lucini.

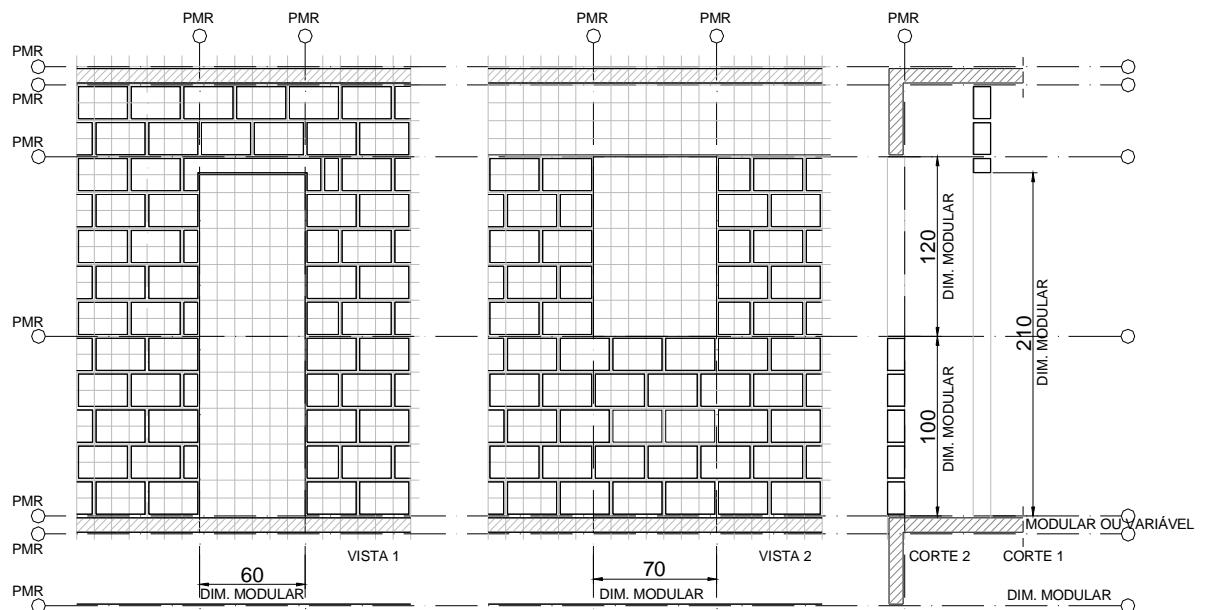


Figura 4.1.4 – Modulação vertical básica (LUCINI, 2002)

4.1.2. Definição de vãos horizontais

Para a organização horizontal dos componentes da construção, tanto o BNH, quanto Lucini, sugerem que eles sejam locados dentro da quadricula modular sobre o módulo de (10 x 10) cm, sendo que, os componentes com medidas diferentes de múltiplos inteiros do módulo (por exemplo, as vedações com largura de projeto de 15 cm) devem avançar para um dos lados do módulo, conforme ilustrado na Figura 4.1.5 abaixo:

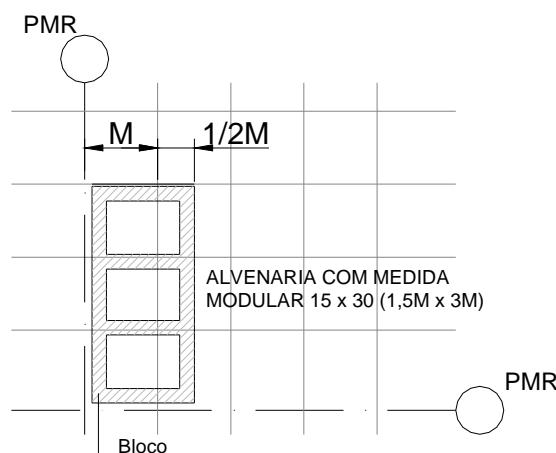


Figura 4.1.5 – Posição do bloco com espessura de 15cm em relação ao quadriculado modular.

4.1.2.1. Conjunto vedação

Para a organização horizontal do conjunto vedação, deverão ser adotados os seguintes critérios:

- 1) vedações externas: deverão ser lançadas de modo que a face interna dos componentes coincida com um eixo modular da quadrícula, enquanto que a face externa, a depender da espessura da alvenaria utilizada, ficará posicionada alinhada com outro eixo modular (alvenarias com espessura de projeto de 10cm ou 20cm) ou invadindo $\frac{1}{2}$ módulo (alvenarias de 15 cm).
- 2) vedações internas: devem ser adotados os mesmos critérios das vedações externas, sempre coincidindo com um eixo modular, avançando ou não $\frac{1}{2}$ módulo a depender da espessura da alvenaria que será utilizada.

Lucini sugere que as vedações entre apartamentos sejam sempre locadas de forma simétrica (eixo dos componentes coincidindo com um eixo da quadrícula modular), avançando 5.0cm, 7.5cm ou 10.0cm para cada lado, em função da espessura definida para esta parede. “Este posicionamento possibilita o lançamento integral de estruturas e fachadas dentro da quadrícula modular garantindo o correto dimensionamento do conjunto a partir de eixos de referência” (LUCINI, 2002).

Entretanto, pode existir casos em que os componentes escolhidos para as paredes não têm espessuras modulares. E, torná-las modular apenas para atender às regras da modulação, é uma solução anti-econômica e contraditória com os próprios objetivos da coordenação modular.

Desta forma, para estes casos, Rosso (1976), cita que no trabalho realizado pelo IMG – “International Modular Group”, foram definidas, em linhas gerais, três soluções conforme reproduzidas a seguir:

- 1) a quadrícula de referência é mantida integral, os eixos das paredes são locados sobre as linhas da quadrícula: são aceitas medidas não modulares dos locais;

- 2) a quadrícula de referência é mantida integral, as paredes são locadas de forma que uma de suas faces coincide com uma linha da quadrícula modular: isto implica em uma situação integralmente modular do outro lado;
- 3) a quadrícula de referência é interrompida com a introdução de uma “zona neutra” correspondente à espessura das paredes: as dimensões dos locais são mantidas integralmente modulares.

O mesmo autor alerta que o uso da zona neutra, sugerido pelo IMG, baseia-se no uso de quadrículas descontínuas, internas aos planos delimitados pelas paredes. Esta descontinuidade, gerada pelo uso das vedações com espessuras não modulares, pode resultar em um comprimento total da edificação não modular e consequentemente a fachada deixa de ser modular. Desta forma, o uso da zona neutra, deve se restringir a casos de extrema necessidade, como define a própria Norma NBR 05707 - Posição dos Componentes da Construção em relação à Quadrícula Modular de Referência.

4.1.2.2. Componentes Estruturais

Para que seja feito o correto acoplamento entre alvenarias e peças estruturais na obra, é necessário compatibilizar precisamente os projetos, seguindo os seguintes critérios:

1) Para os pilares:

- a largura e o comprimento da sessão do pilar devem ter medidas modulares, permitindo-se acréscimos apenas de $\frac{1}{2}$ módulo.
- as dimensões nominais de largura e comprimento da sessão do pilar devem ser menores em 2cm com relação à dimensão modular. Ou seja: deve existir uma folga perimetral de 1cm, garantindo a absorção de tolerâncias.

É importante que as tolerâncias admitidas em projeto sejam obedecidas na obra, para que exista precisão geométrica das peças estruturais, de modo a não comprometer as medidas previstas para os demais componentes.

Na Tabela 4.1.5 estão representados alguns exemplos de relações dimensionais (medida nominal e medida de projeto) das sessões dos pilares.

| Largura Modular (de projeto) | Comprimento Modular (de projeto) | Largura Nominal | Comprimento Nominal |
|------------------------------|----------------------------------|-----------------|---------------------|
| 15 cm | 60cm | 13cm | 58cm |
| 20cm | 80cm | 18cm | 78cm |
| 25cm | 85cm | 23cm | 83cm |

Tabela 4.1.5 – Exemplos de relações dimensionais das sessões dos pilares (LUCINI, 2002).

2) Para as vigas:

- as vigas também devem ter larguras modulares e devem ter a face alinhada sempre com uma ou mais faces de um pilar.
- a largura de projeto da viga deve ser sempre 2cm menor que a largura de projeto das vedações que estão sob elas. Ou seja: para vedações de 15cm as vigas terão largura de 13cm, como ilustrado na figura 4.1.6 abaixo.

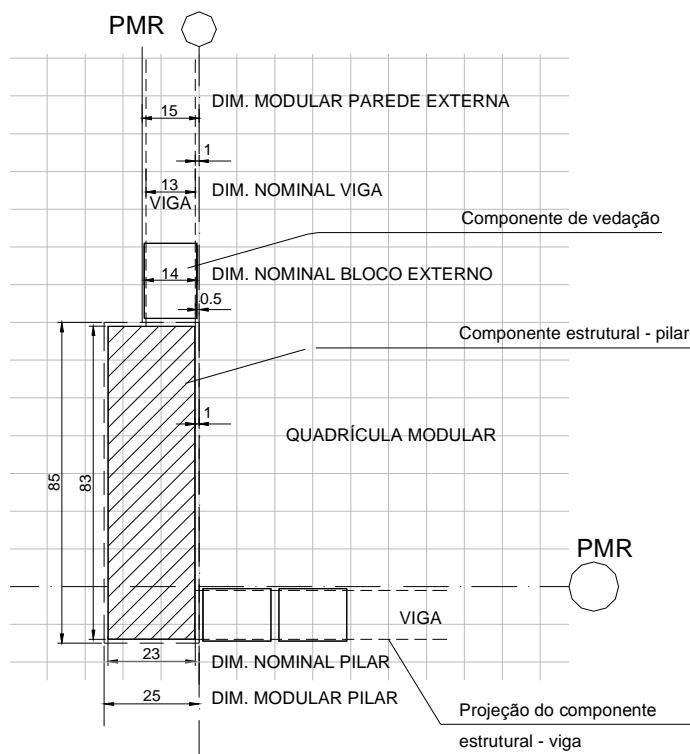


Figura 4.1.6 – Relação entre os componentes estruturais e de vedação dentro da quadrícula (LUCINI, 2002)

4.2. DEFINIÇÃO DOS VÃOS DE JANELAS E PORTAS

A modulação dos vãos de portas e janelas deve ser feita em função do módulo básico ou em função da medida dos componentes escolhidos para a alvenaria. Por exemplo, na utilização de blocos de medida modular igual a 20 x 20 x 30 (L x A x C) sugere-se que os vãos tenham medidas múltiplas de 3M na horizontal e de 2M na vertical, evitando- se desta forma ajustes e o uso de peças especiais.

Além da modulação dos vãos em função dos blocos que serão utilizados, a Norma NBR 05722 – Esquadrias Modulares, sugere que seja deixada uma folga para ajuste dos componentes e para a colocação dos caixilhos (contra-marcos) e das portas (batentes).

Considerando-se a utilização de caixilhos de alumínio com contra-marcos, as folgas devem ser de 2 cm a 3 cm em cada face, conforme representado na Figura 4.2.1 abaixo.

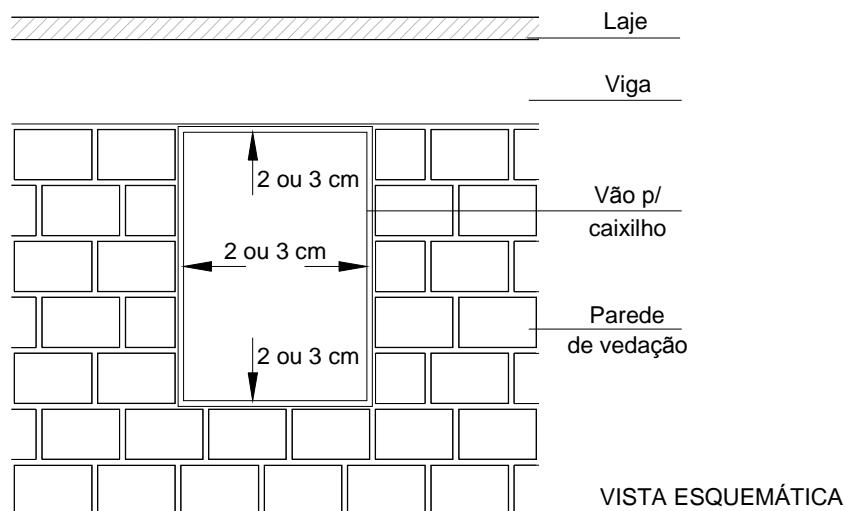


Figura 4.2.1 Folga no vão para colocação dos caixilhos.

Para as portas, com batentes metálicos ou de madeira, a folga para assentamento deve ser de 10cm na largura e na altura do vão. Esta folga será preenchida pelo batente mais o material de fixação na largura do vão e, na altura, pela verga.

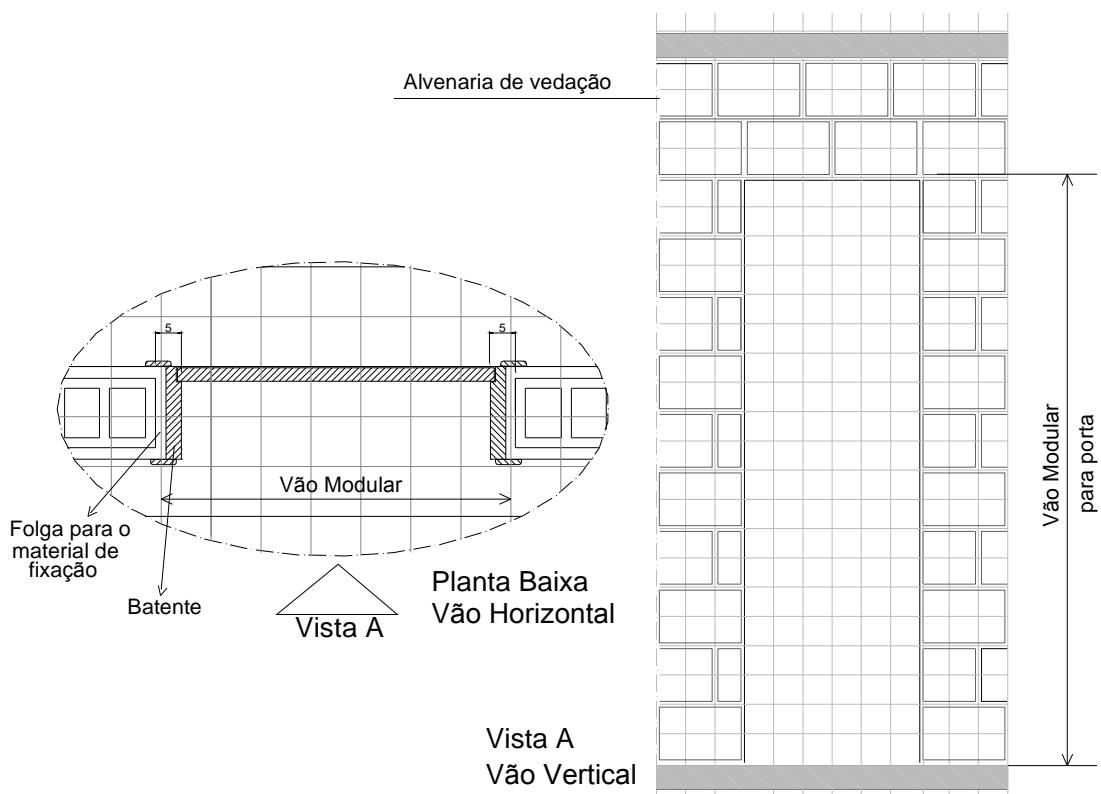


Figura 4.2.2 Folga no vão para colocação de portas.

4.3. DEFINIÇÃO DAS INSTALAÇÕES SANITÁRIAS

O projeto e a execução de locais e instalações sanitárias envolve uma série de detalhes que torna o sistema bastante complexo. A Norma Brasileira para aplicação da coordenação modular a estes ambientes (NBR – 05715 – Locais e Instalações Sanitárias Modulares) sugere uma simplificação das soluções através da modulação apenas das dimensões mínimas necessárias, deixando a modulação a nível mais detalhado para uma segunda etapa, quando a coordenação modular no Brasil já estiver difundida e sendo aplicada.

Para os locais sanitários modulares, a norma define que estes devem ser compatibilizados com o Reticulado Espacial Modular de Referência de modo a garantir que as paredes, piso e teto que irão definir o local sanitário tenham as medidas modulares.

Os aparelhos sanitários que irão ocupar o ambiente sanitário modular apresentam forma e tamanho em função das suas necessidades funcionais e dificilmente terão medidas modulares.

Segundo o BNH (1976), “na reunião promovida pela COPANT em Bogotá (1971), considerou-se conveniente o estudo dos aparelhos sanitários, normalizando a localização de seus pontos de ligação, conexão e perfuração, tendo em vista facilitar a sua instalação como também a possibilidade de se ter modelos intercambiáveis”. Porém, na análise das medidas dos modelos utilizados pelos diversos países participantes, percebeu-se que a variedade era muito grande, o que dificultaria a intercambialidade.

Desta forma, na reunião seguinte promovida pela COPANT em 1972, ficou definido que as medidas dos aparelhos sanitários e das tubulações não seriam necessariamente modulares, mas que a sua colocação nos ambientes deveria ser feita pelos eixos de simetria, coincidindo em planta com as linhas do Quadriculado Modular de Referência ou afastadas das linhas do quadriculado com medidas iguais a submúltiplos do módulo ($n \times M/4$), como representado nas Figuras 4.3.1 e 4.3.2.

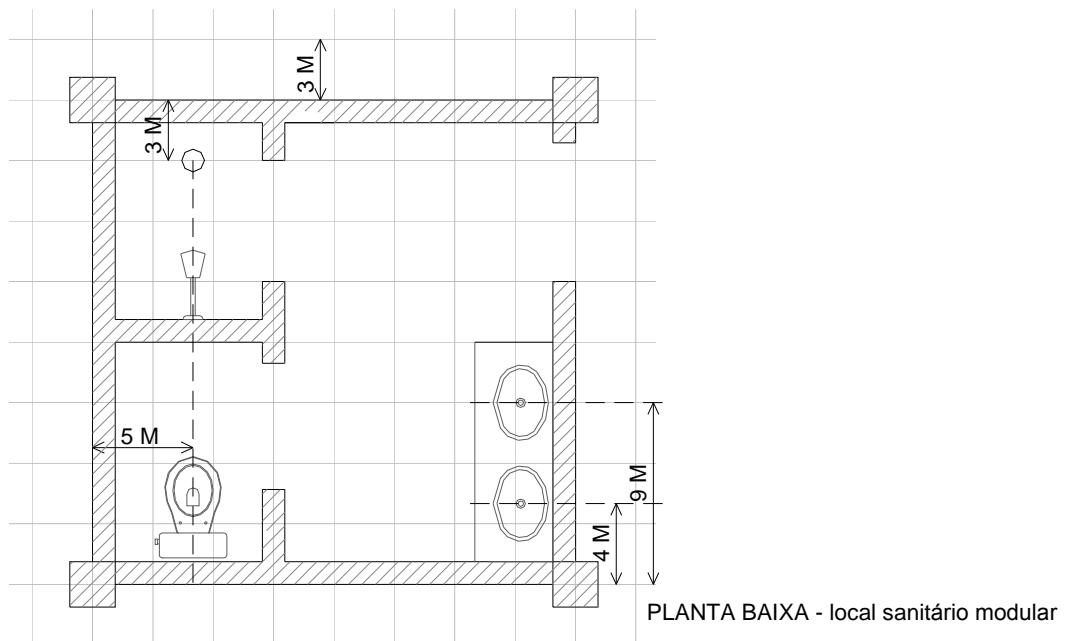


Figura 4.3.1- Posição dos Equipamentos Sanitários dentro do Quadriculado Modular (Adaptada de BNH, 1976).

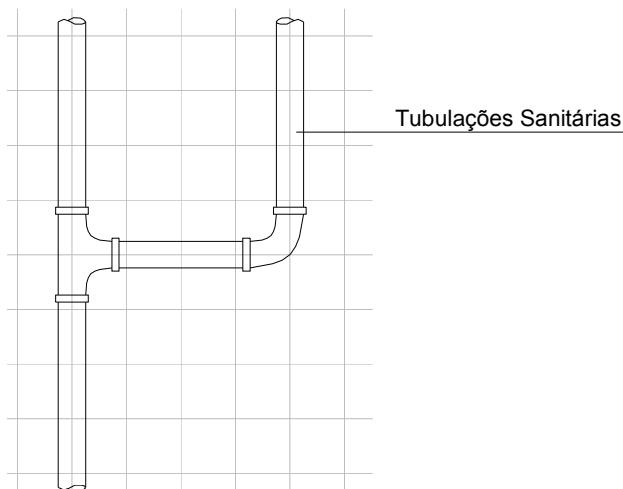


Figura 4.3.2 – Posição das tubulações em relação ao Quadriculado Modular (Adaptada de BNH, 1976).

4.4. DEFINIÇÃO DOS REVESTIMENTOS

Para os revestimentos, devido à grande variedade disponível, a Norma Brasileira NBR 05719 – Revestimentos, define que pelo menos o comprimento e a largura dos componentes de revestimento sejam modulares, ficando apenas a espessura fora da modulação, a depender do material a ser utilizado e da forma de colocação.

No caso de componentes de revestimento em que as medidas não são modulares sugere-se que, se possível, quando em conjunto, eles tenham medidas modulares.

Devido à dificuldade de obter espessuras modulares para os revestimentos, torna-se complexa a locação destes e a compatibilização com as regras de coordenação modular. Para solucionar esta questão, são apresentadas três alternativas sugeridas por Rosso (1976):

- 1) excluir os revestimentos das regras de coordenação modular, fazendo a análise das medidas em osso;
- 2) incluir os revestimentos, mas desvinculando-os da quadrícula utilizada na locação das vedações, utilizando uma quadrícula própria, deslocada em relação a primeira;

3) incorporar os revestimentos à medida dos componentes.

A primeira opção parece ser a mais prática para o desenvolvimento dos projetos e para a locação da obra.

A segunda opção é mais complexa para o desenvolvimento do projeto pois, é necessário trabalhar com quadrículas justapostas. A vantagem é que permite a utilização de revestimentos com espessuras diferentes sem prejudicar a modulação das medidas internas dos ambientes. A terceira opção é mais viável para componentes de vedação pré-fabricados, caso contrário, fica difícil prever qual será a espessura dos revestimentos.

Todas as três alternativas apresentam vantagens e desvantagens e, para cada projeto, deve ser analisada a que melhor se adequa. A análise deve ser feita em função dos componentes de vedação e dos revestimentos que serão utilizados.

4.5. DEFINIÇÃO DAS ESCADAS

Para as escadas, como a definição dos pisos e degraus é feita por exigências funcionais, não é possível torná-los modulares. Desta forma, a Norma Brasileira NBR 05717 – Escadas, determina que o espaço necessário ao desenvolvimento da escada seja modular, ou seja, as medidas horizontais e o vão de teto a piso devem ser compatibilizados com o Quadriculado Modular de Referência. A norma recomenda também que o degrau tenha comprimento modular.

4.6. A OBRA MODULADA

Segundo o BNH (1976), a execução de uma obra coordenada modularmente não apresenta grandes modificações em relação aos processos construtivos em uso. Ao contrário disto, ela admite a aplicação de técnicas e processos desde os mais simples aos mais avançados. As pequenas diferenças são vistas como vantagens que são obtidas no emprego da Coordenação Modular , sendo elas:

- 1) marcação da obra: a marcação deve ser feita tendo como base as linhas do Reticulado Espacial Modular de Referência, o que deve tornar a execução mais fácil. A escolha das linhas do reticulado é feita em função do multimódulo utilizado no projeto e de acordo com as exigências particulares de execução da obra.
- 2) colocação dos componentes: os componentes devem ser colocados com base na marcação do Reticulado Modular e de acordo com seus detalhes modulares definidos em projeto, tomando-se o cuidado para que este ocupe o exato espaço modular que lhe foi reservado, evitando-se os recortes e ajustes comuns nas construções tradicionais.

Na colocação dos componentes, é importante que os ajustes modulares estabelecidos sejam obedecidos, e as juntas absorvam as tolerâncias de fabricação e de colocação sem, no entanto, comprometer a sua função de junção de componentes.

Lucini (2001), sugere, para o lançamento em projeto e obra, vincular o sistema de coordenação modular ao sistema construtivo e aos componentes que serão utilizados e seguindo a prática abaixo:

1. utilizar em projeto e obra eixos de referência dimensional ortogonais para garantir medidas e prumos corretos;
2. a partir dos eixos de referência, posicionar os Planos Modulares de Referência (PMR) utilizados no projeto, de preferência os mesmos que foram utilizados para delimitar o sistema estrutural, as alvenarias de fachada, as divisórias entre apartamentos e áreas comuns e os vãos de abertura;
3. utilizar o sistema de cotas acumuladas a partir dos eixos e dos Planos Modulares de Referência;
4. posicionar os blocos de referência ou gabinetes junto aos PMR correspondentes em pontos específicos de modo a facilitar o lançamento das paredes divisórias principais e perimetrais;

5. lançar, a partir do bloco de referência, a primeira fiada da fachada ou da parede divisória já na sua real posição dentro da obra;
6. identificar nas paredes que estão sendo levantadas a posição dos vãos de esquadrias e portas. Esta identificação pode ser facilitada se, no projeto, houver a indicação da posição dos blocos e meio-blocos que definem o vão.

Esta seqüência proposta por Lucini (2001), é genérica e, logicamente, não exclui outras alternativas que podem ser mais práticas e eficientes. É importante ressaltar que o lançamento da obra depende das práticas atuais de projetistas e construtoras e da possibilidade de introduzir novos conceitos em determinada obra. Além disso, atualmente, a prática da coordenação modular, ou seja, a execução de obras coordenadas modularmente, infelizmente não é comum. Poucas são as empresas que se utilizam, em suas obras e seus projetos, dos princípios e diretrizes que foram apresentadas.

As teorias e diretrizes para projetos estão amplamente elaboradas em inúmeros países como também no Brasil. No entanto, no Brasil, diferente de outros países que desenvolveram estudos sobre a coordenação modular, a sua prática, tanto em projeto quanto em obra, ainda é muito tímida e restrita a determinadas situações e subsistemas de construção (como por exemplo, as alvenarias modulares).

Devido a isto, é quase inexistente o registro de diretrizes relacionadas à execução da obra modulada por entender-se que só com a aplicação prática, com a execução de obras coordenadas modularmente é que se sentirá as reais necessidades e que será possível definir com segurança as normas e procedimentos de serviços que deverão ser elaborados e ou adaptados para orientar e controlar este tipo de execução.

É importante que o uso da coordenação modular seja iniciado não apenas nos projetos, mas também nas obras, de modo que possa ser comprovado, na prática, que é viável a utilização desta ferramenta e que é possível obter vantagens na sua implantação, tanto nos projetos, como na obra.

5. ESTUDO COMPARATIVO

Após uma análise preliminar sobre o processo de projeto no contexto atual, onde a autora conclui que os projetos, de modo geral, são desenvolvidos sem compromisso com a produção e que não existe a busca efetiva pela racionalização dos processos construtivos, é feito um comparativo entre os projetos arquitetônicos concebidos de forma convencional e os projetos utilizando a coordenação modular.

Neste capítulo pretende-se apresentar: o papel do projeto na produção de edifícios, processo de projeto na realidade atual e o processo de projeto aplicando os princípios e as diretrizes da coordenação modular. Por fim, é feito um estudo comparativo entre projetos arquitetônicos convencionais e projetos coordenados modularmente, e entre alguns componentes modulares e não modulares, demonstrando as vantagens que podem ser conseguidas em projeto com a utilização dos princípios da coordenação modular.

5.1. O PAPEL DO PROJETO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS

“O Processo de projeto, contemplando as necessidades da produção, é um importante instrumento para o desenvolvimento tecnológico das empresas construtoras e do próprio segmento de construção de edifícios”. (BARROS; SABBATINI, 2003).

Na realidade atual da construção civil no Brasil já é sabido que, devido à fatores competitivos, é necessário racionalizar os processos de produção visando o aumento da produtividade, a redução de desperdícios, re-trabalhos e custos de produção.

No entanto, para conseguir resultados efetivos na racionalização dos processos construtivos, é importante que as ações voltadas à melhoria da qualidade dos processos estejam ligadas à fase de desenvolvimento dos projetos, desde a sua concepção inicial. Ou seja, enquanto as ações voltadas

para a racionalização não envolverem o processo de desenvolvimento do projeto, os benefícios no campo da produção estarão limitados. O projeto deve ser responsável por incorporar e transmitir o conteúdo tecnológico a ser inserido no processo de produção.

Para Barros e Sabbatini (2003), a fase de desenvolvimento de projeto é entendida como um importante instrumento para a evolução tecnológica da empresa e para a evolução dos processos de produção.

Para Melhado (1994), o projeto deve ser uma atividade ou serviço integrante do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra, a serem consideradas na fase de execução.

Desta forma, entende-se que a busca pela racionalização dos processos de produção devem passar necessariamente pelo projeto. O projeto deve ser a primeira etapa do processo de produção, onde serão contempladas todas as ações desejadas para a execução da obra. Sendo o projeto a etapa inicial do processo produtivo, evita-se que decisões importantes para o resultado do produto final sejam tomadas no canteiro e de forma improvisada, contribuindo com o aumento de desperdícios de material, mão-de-obra e recursos econômicos.

5.2. O PROCESSO DE PROJETO TRADICIONAL

“Os projetos, de modo geral, na construção tradicional, indicam apenas a forma final do edifício (projeto arquitetônico) ou as características técnicas de elementos da edificação (projeto estrutural, de fundações, instalações etc), não elaborando detalhes da execução, nem prescrições relativas ao modo de executar e a sucessão de etapas de trabalho. O projeto é tido como projeto do produto, que não se traduz em especificações relativas a ‘como produzir’. O próprio projeto do produto é, por outro lado, pouco preciso, deixando à etapa da execução a definição final das características que o produto deve ter, inclusive quanto ao tipo de material ou componente a ser

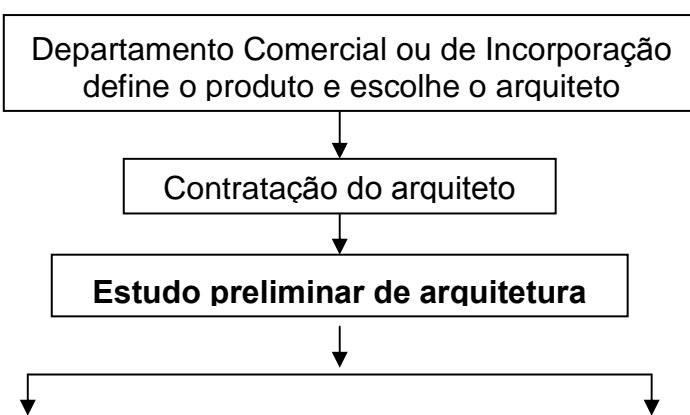
utilizado em cada etapa". (FARAH, 1992 apud BARROS; SABBATINI, 2003)

Geralmente, a atividade de projeto é finalizada com a definição do produto. Não existe integração entre a etapa de projetar e a de construir. Estas duas etapas ocorrem isoladamente e os projetos não indicam como produzir o edifício. Segundo Barros e Sabbatini (2003), os projetos, muitas vezes, são vistos como um custo a mais para o empreendedor no início da obra, como uma despesa a ser minimizada.

Além dos projetos serem elaborados sem compromisso com a produção, geralmente quem os elabora, sejam projetos arquitetônicos ou complementares (estrutura, instalações etc) não tem o domínio de como executar a atividade no canteiro. Devido a isso, os projetos são desenvolvidos de forma subjetiva, permitindo diferentes interpretações por parte de quem vai construir, podendo ocasionar resultados diferentes do esperado para o produto final.

Não existe integração nem visão sistêmica das ações ligadas ao projeto e à produção, o que, de fato, pode comprometer o resultado esperado para um determinado edifício como também dificultar a racionalização dos processos construtivos tradicionais.

Diante disso, a atividade de projeto se caracteriza como uma atividade isolada e que acontece, na maioria das vezes, conforme a Figura 5.2.1 sugerida por Barros e Sabbatini (2003).



Continua....

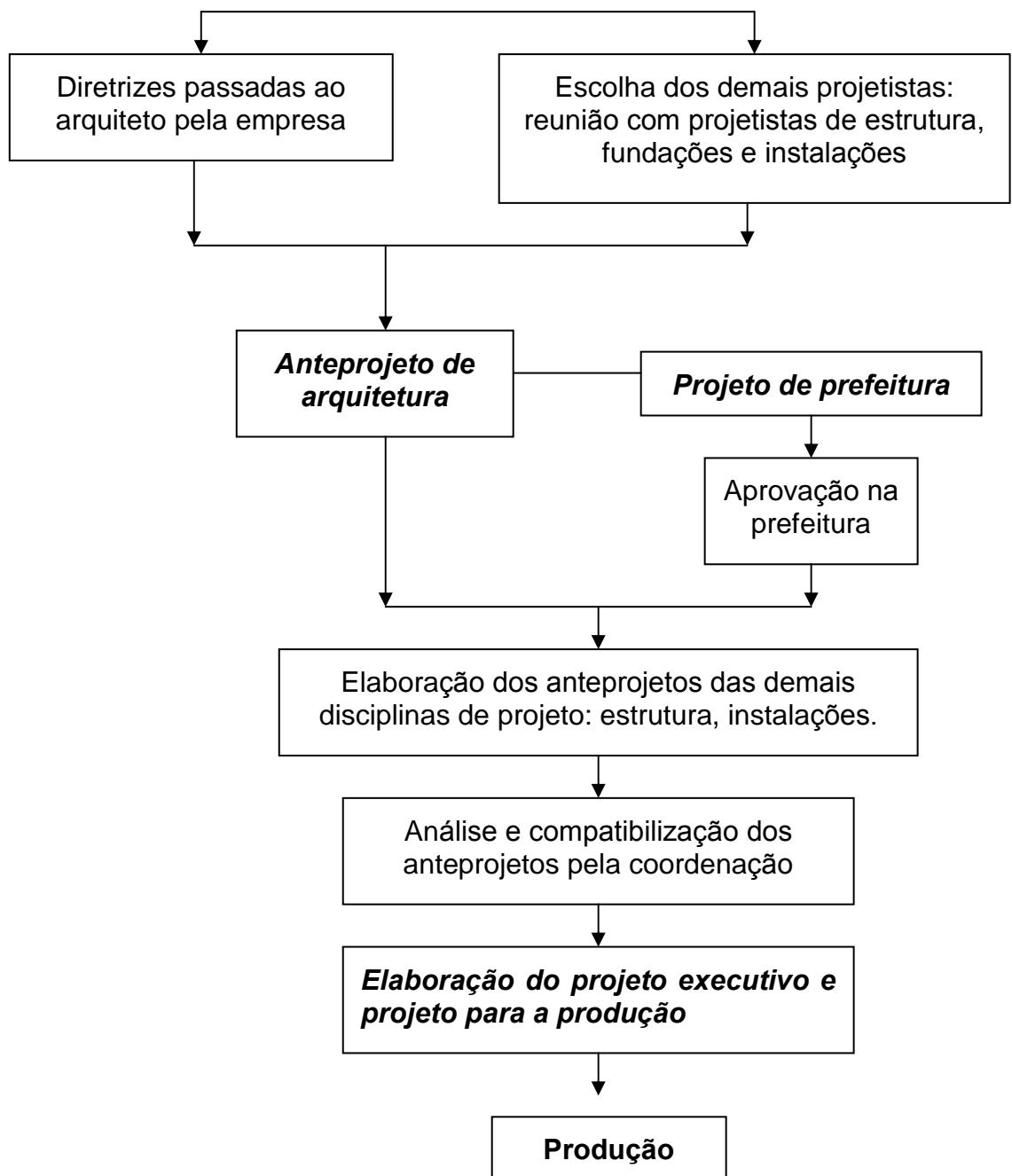


Figura 5.2.1. Processo de desenvolvimento de projeto mais comum entre empresas construtoras e incorporadoras (Adaptado de Barros e Sabbatini, 2003).

No processo apresentado acima, percebe-se que a fase de concepção do produto acontece de forma isolada e apenas com uma pequena participação da equipe técnica. A equipe técnica só participa, de fato, a partir do desenvolvimento dos anteprojetos, ou seja, quando o projeto legal já está elaborado e aprovado nos órgãos competentes, tornando difícil qualquer alteração posterior.

O fato da concepção do produto e da aprovação do projeto de prefeitura acontecer de forma isolada dificulta e restringe significativamente a implantação de processos construtivos que possam contribuir com a racionalização da produção.

Existindo uma maior integração entre etapas de projeto e de produção, alterações simples que podem ser feitas na fase de formatação do produto, podem trazer consideráveis resultados para a racionalização do canteiro, como também para o produto final. Por exemplo, a modulação dos vãos dos ambientes, dos caixilhos, de peças estruturais, podem contribuir para a racionalização dos projetos e também da construção.

5.3. O PROCESSO DE PROJETO APLICANDO A COORDENAÇÃO MODULAR

Diante do que foi apresentado, é notório que existe uma “falha” no fluxo da atividade de projeto e que precisa ser corrigida para se obter resultados satisfatórios com relação à evolução dos processos construtivos.

A implantação de qualquer metodologia ou ferramenta que vise a racionalização dos processos construtivos deve acontecer na fase inicial de concepção do produto, de modo que todas as diretrizes para a produção estejam contempladas nos projetos que irão para o canteiro.

No fluxo ideal das atividades de projeto sugerido por Barros e Sabbatini (2003) os projetistas, consultores e equipe técnica da construtora já participam desde a elaboração da proposta arquitetônica. Neste fluxo, o projeto legal só é elaborado depois do fechamento dos anteprojetos onde já estão contempladas as diretrizes necessárias para a produção e para a efetiva racionalização.

A Figura 5.3.1. representa o resumo do fluxo sugerido por Barros e Sabbatini (2003).

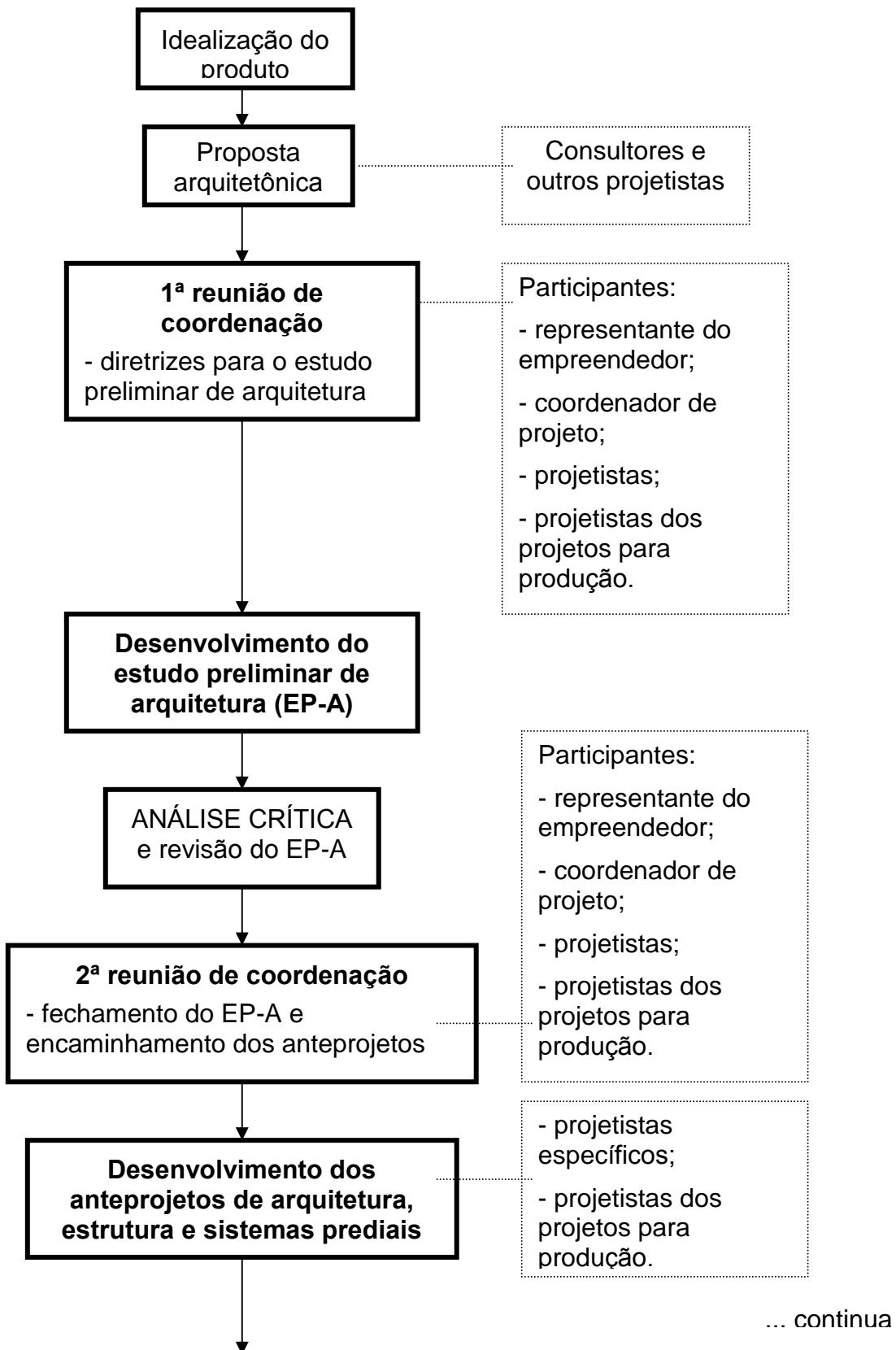


Figura 5.3.1. Resumo da proposta de fluxo do processo de projeto a ser implantado pelas empresas construtoras e incorporadoras, objetivando a evolução do processo construtivo tradicional apresentada por Barros e Sabbatini (2003).

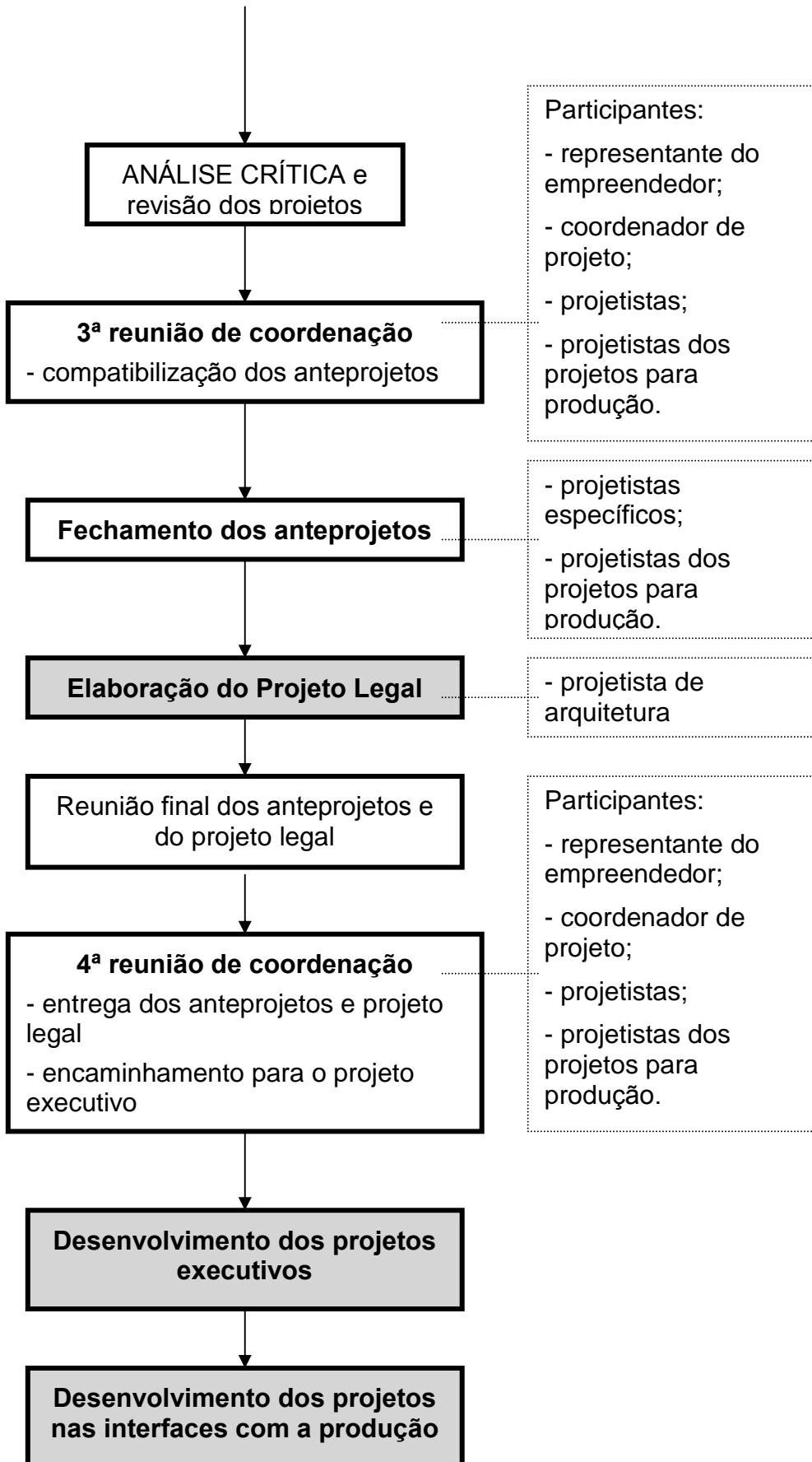


Figura 5.3.1.(continuação): Resumo da proposta de fluxo do processo de projeto a ser implantado pelas empresas construtoras e incorporadoras, objetivando a evolução do processo construtivo tradicional apresentada por Barros e Sabbatini (2003).

Para que seja possível aplicar a coordenação modular nos projetos e, consequentemente, na produção, se faz necessária à adoção do modelo sugerido na Figura 5.3.1. de modo a permitir que os princípios e diretrizes da coordenação modular sejam adotados desde a fase de concepção do produto. Desta forma, a coordenação modular será utilizada, de fato, como uma ferramenta para a racionalização e industrialização dos processos construtivos em uso.

E, segundo Barros (1997), para que se tenha maior potencial de racionalização da produção, é necessário que se resgate para a etapa de projeto, a responsabilidade pela adequação técnica e pela exeqüibilidade das propostas que serão encaminhadas aos canteiros de obra.

Em um projeto coordenado modularmente, todas as etapas sugeridas na Figura 5.3.1. permanecem como em qualquer outro projeto. Somando a este fluxo, sugere-se que desde a fase de concepção do produto as medidas de vãos e de alguns componentes já sejam coordenadas dimensionalmente. Após a aprovação do produto, já com as medidas modulares, sugere-se que na fase de desenvolvimento dos projetos sejam previstos todos os detalhes dos componentes modulares, contemplando as especificações, as dimensões com base em um módulo predefinido, posicionamento dentro da quadricula, a relação com os outros componentes, forma e momento da colocação no canteiro de modo a evitar improvisos e ajustes no momento da montagem.

A seqüência de projeto a ser adotada, considerando a adoção do fluxo apresentado, para se obter um projeto modular deve ser:

- 1) **Idealização do produto e elaboração da proposta arquitetônica** – esta primeira etapa já deve ser desenvolvida tendo como base um módulo pré-definido e um quadriculado modular de referência, elaborado em função do mesmo módulo. É recomendado, pela NBR 05706 - Coordenação Modular na Construção, que seja adotado o módulo universal ($M=10\text{cm}$) ou múltiplos e submúltiplos deste.

É nesta etapa que é definido também a espessura das vedações, sejam elas para fachada, divisórias internas ou entre apartamentos, área

comum etc. Alguns detalhes, principalmente referentes ao encontro entre vedações ou entre vedação e estrutura, já devem ser analisados nesta fase, de modo a identificar se dentro dos componentes modulares disponíveis já existem componentes que se adeqüem às soluções adotadas ou se terão que ser produzidos.

- 2) **Desenvolvimento do estudo preliminar de arquitetura** – após elaboração da proposta arquitetônica, com base no módulo escolhido, inicia-se o desenvolvimento do estudo preliminar de arquitetura. Após análise e aprovação do mesmo, onde é verificado se o produto resultante é compatível com as premissas inicialmente passadas, os anteprojetos de estrutura e sistemas prediais são iniciados.

Nesta etapa, o estudo preliminar de arquitetura já deve ser elaborado usando os critérios da coordenação modular. Os vãos de lajes, vigas e pilares são posicionados dentro da quadrícula modular, levando-se em consideração o estudo preliminar de arquitetura, como também as tecnologias que serão adotadas e os objetivos das empresas incorporadora e construtora.

Neste momento, o resultado final é o anteprojeto de arquitetura, contemplando a planta modular inserida na quadrícula, os anteprojetos de estrutura e instalações e o projeto legal.

- 3) **Fechamento dos projetos** – a partir desta etapa, quando os projetos já estão modulados, a seqüência deve ocorrer como sugerido na Figura 5.3.1 - análise crítica dos anteprojetos e do projeto legal, aprovação final dos mesmos, elaboração dos projetos executivos e desenvolvimento dos projetos voltados para a produção.

Nos projetos executivos modulares é importante constar:

- A) Planta de locação geral: nesta planta serão indicados os eixos principais modulares, as distâncias entre eles e as distâncias acumuladas e posicionamento das peças estruturais e de vedação.
- B) Plantas de seqüência das atividades: nestas plantas devem ser indicadas em ordem cronológica as atividades referentes ao

posicionamento e união dos componentes em função da quadrícula. Se os componentes definidos para o projeto já forem componentes de catálogo, na planta é necessário aparecer o código de catálogo dos mesmos, caso contrário, deve ser indicado o número do detalhe do componente e o detalhe deste deve constar nas plantas de detalhes modulares de componentes.

C) Plantas de detalhamento: Nestes desenhos devem ser registrados todos os dados referentes aos detalhes das juntas, aos ajustes e tolerâncias possíveis para o posicionamento de cada tipo de componente que será utilizado. No caso de componentes de catálogo, estes detalhes já existem e precisam apenas ser registrados nas plantas, nenhum detalhe novo precisa ser elaborado.

As escalas mais usuais para as plantas A e B são 1/20 e 1/50 e para as plantas C, 1/5 e 1/10, mas estas escalas devem ser definidas em função de cada projeto e do que é necessário passar de informação.

A solução ideal em um projeto coordenado modularmente é a que todos os espaços se caracterizem como modulares e que todos os seus elementos construtivos também sejam modulares. No entanto, as soluções de projeto não devem ser limitadas e dificultadas para atender a situação ideal. Nas soluções de projeto, deve-se levar em conta também outros fatores, como as legislações específicas, os custos e a construtibilidade.

No desenvolvimento dos projetos modulares, é sugerido que seja empregado o maior número de espaços modulares, agrupando e reduzindo ao mínimo o espaço não modular, que normalmente é resolvido de forma tradicional.

As teorias relacionadas com a coordenação modular, de um modo geral, propõem a utilização de componentes padronizados disponíveis em catálogo. Entretanto, na realidade da construção civil no Brasil, sabe-se que a regra geral não é a produção de componentes modulares e que o número de componentes utilizados nos projetos e na obra é muito grande e com uma tipologia bastante variada. Isto acontece principalmente nas construções que utilizam o sistema

construtivo tradicional, caracterizado pela utilização de estrutura reticulada de concreto armado (ERCA) com vedação em alvenaria.

É perfeitamente possível a adoção, no sistema construtivo tradicional, da modulação e da padronização de componentes pois, além de simplificar de forma significativa o trabalho dos projetistas, simplifica também o trabalho dos fabricantes e das construtoras. Esta modulação e simplificação deve acontecer, primeiramente, nas “mãos” do arquiteto, ou seja, no projeto arquitetônico. É na definição da proposta arquitetônica que se deve buscar a adequação dos espaços e dos vãos, de modo a permitir a utilização de componentes modulares, como também permitir a redução de tipos e dimensões de componentes que serão utilizados, sejam eles de catálogo ou não.

Por exemplo, na definição dos vãos para caixilhos, é comum, nos produtos oferecidos hoje no mercado imobiliário, em um mesmo apartamento, encontrar caixilhos com pequenas diferenças nas dimensões, como descrito: dormitório 1- caixilho de (1,23 x 1,75)m; dormitório 2 - caixilho de (1,18 x 1,75)m e dormitório 3 – caixilho de (1,25 x 1,75)m. Se ao invés de ter cada caixilho com uma dimensão diferente, todos os três caixilhos tivessem a dimensão nominal de (1,20 x 1,80)m, por exemplo, os vãos ficariam modulares e a medida do caixilho seria padronizada, facilitando a produção e instalação dos mesmos, podendo inclusive reduzir os custos de produção. Além disso o produto não sofreria mudanças arquitetônicas significativas, o que parece ser a maior preocupação dos arquitetos.

Em seguida, será apresentado um estudo comparativo, com base nos projetos de arquitetura e de vedações, com o objetivo de demonstrar que transformar uma planta desenvolvida de forma convencional em uma planta com medidas modulares, não implica em fazer mudanças significativas no produto que será oferecido.

As mudanças de fato acontecem, mas não estão relacionadas às características do produto arquitetônico, estão relacionadas às rationalizações que podem ser obtidas tanto em projeto, quanto na execução.

5.4. PROJETOS DE ARQUITETURA

Neste estudo, a primeira análise feita é em relação aos projetos de arquitetura. É feito um estudo comparativo utilizando projetos desenvolvidos de forma convencional e aplicando as diretrizes da coordenação modular nos mesmos, com o objetivo de demonstrar que é possível aplicar os princípios da coordenação modular aos projetos arquitetônicos desenvolvidos atualmente, sem que estes percam as suas características iniciais.

Os projetos foram escolhidos, considerando-se os seguintes critérios:

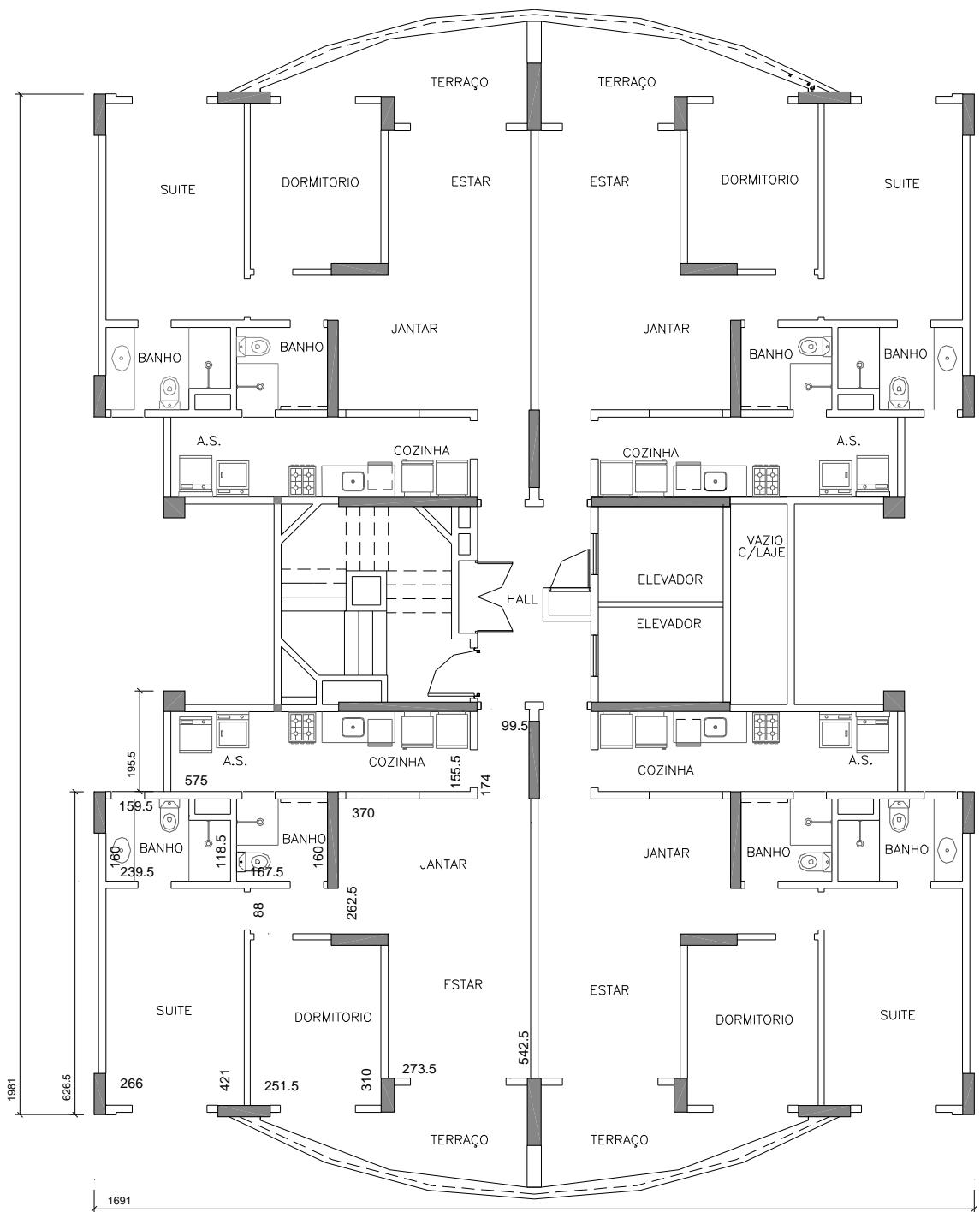
- a) Tipologia da planta – foram escolhidos três projetos de empreendimentos residenciais, de diferentes tipologias: Planta A – empreendimento de quatro apartamentos por andar; Planta B – empreendimento de dois apartamentos por andar; e, Planta C – empreendimento de um apartamento por andar, conforme Figuras 5.4.1, 5.4.4 e 5.4.6, respectivamente.
- b) Área útil e padrão do apartamento tipo – foram escolhidos três projetos com áreas e padrões diferentes, sendo a Planta A relativa a um empreendimento de padrão médio, Planta B, de padrão médio-alto e Planta C, de padrão alto.

Após a escolha dos projetos, os mesmos foram colocados na quadrícula modular de referência, conforme Figuras 5.4.2, 5.4.3, 5.4.5 e 5.4.7 e foram analisadas as diferenças com relação às áreas resultantes, conforme Tabela 5.4.1. abaixo e com relação à volumetria.

| PLANTA | ÁREA DO APARTAMENTO ANTES DA MODULAÇÃO (M ²) | ÁREA DO APARTAMENTO DEPOIS DA MODULAÇÃO (M ²) | VARIAÇÃO (%) | ÁREA DE PROJEÇÃO SEM MODULAÇÃO (M ²) | ÁREA DE PROJEÇÃO COM MODULAÇÃO (M ²) | VARIAÇÃO (%) |
|--------|--|---|--------------|--|--|--------------|
| A | 70,71 | 71,74 | 1,46 | 334,98 | 340,00 | 1,49 |
| B | 163,35 | 162,04 | -0,81 | 349,90 | 347,20 | -0,78 |
| C | 353,80 | 355,72 | 0,54 | 379,50 | 382,25 | 0,72 |

Tabela 5.4.1. Variação na área dos apartamentos após aplicação dos princípios da coordenação modular.

Percebe-se que, com relação à área, a variação é muito pequena e possível de ser contornada, caso o projeto já esteja atingindo o limite permitido pela prefeitura para área computável. Com relação à volumetria e ao produto final, não existe alterações significativas como pode ser percebido comparando as Figuras 5.4.1 e 5.4.2; 5.4.4 e 5.4.5; 5.4.6 e 5.4.7 a seguir.



PLANTA A

TIPOLOGIA: 4 POR ANDAR
ÁREA DO APTO: 71,50 m²

Figura 5.4.1. Planta A com medidas do projeto original

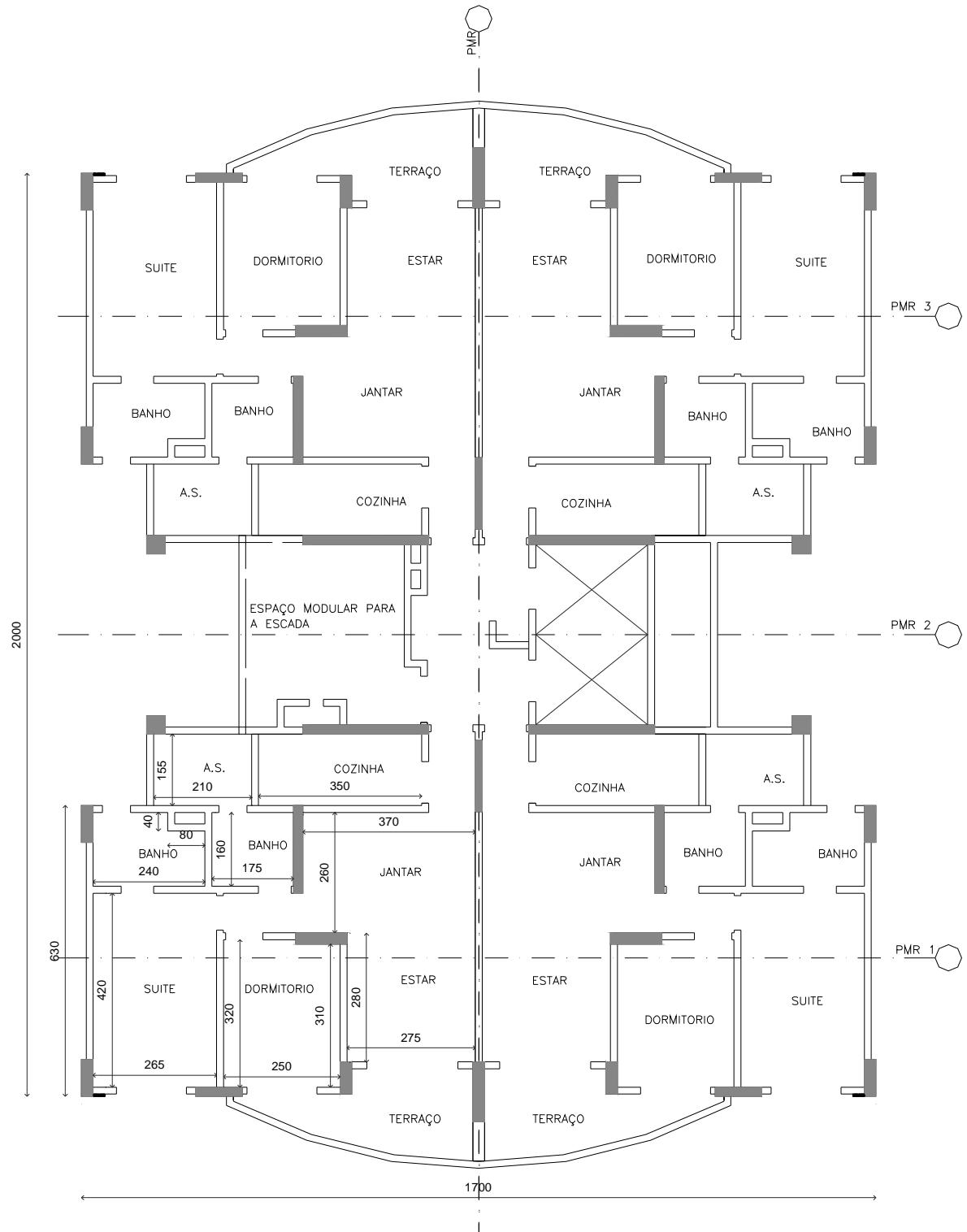


Figura 5.4.2. Planta A com medidas modulares

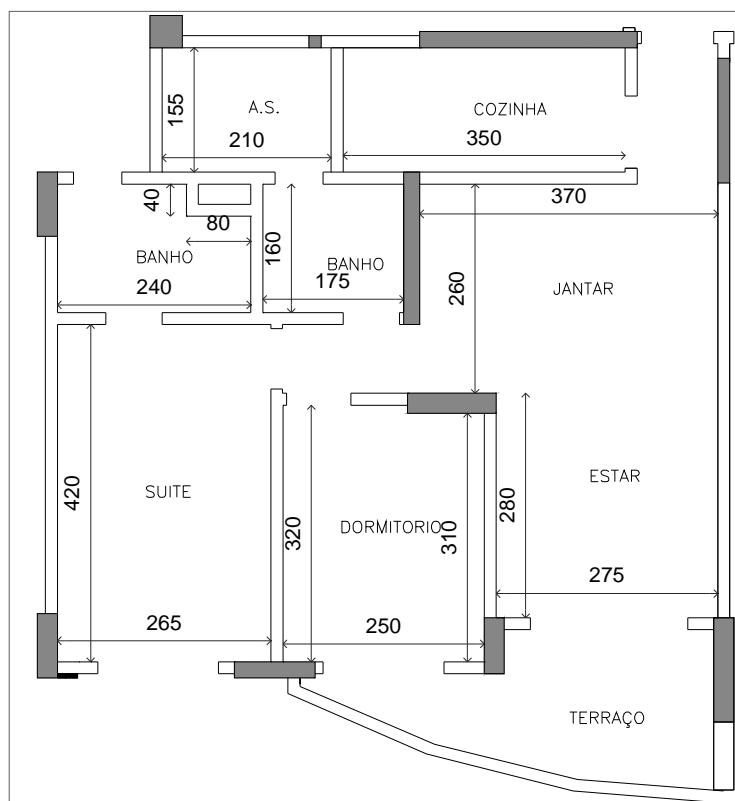
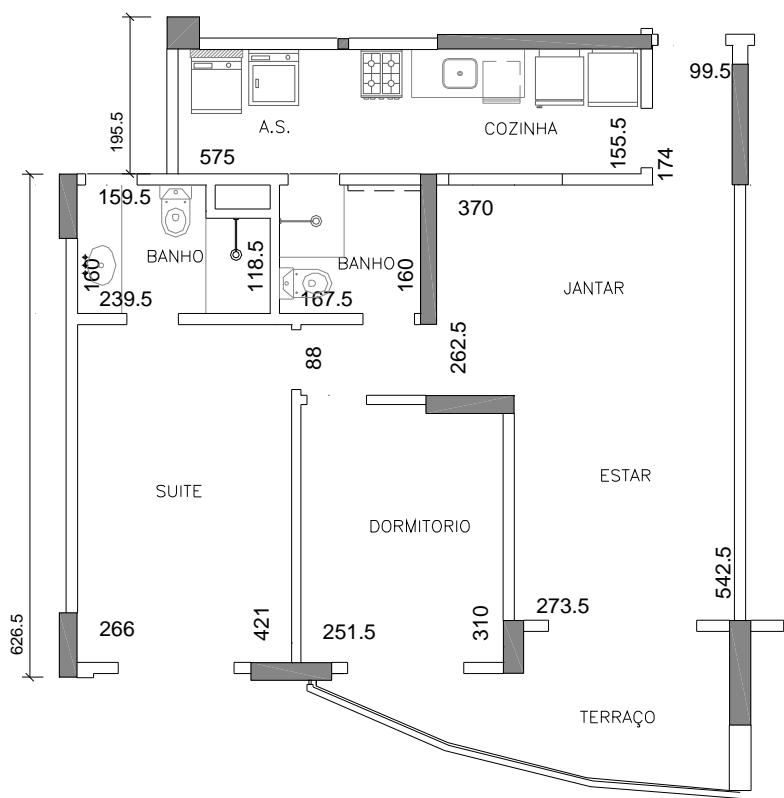


Figura 5.4.3. Apartamento da planta A ampliado com medidas do projeto original e com medidas modulares

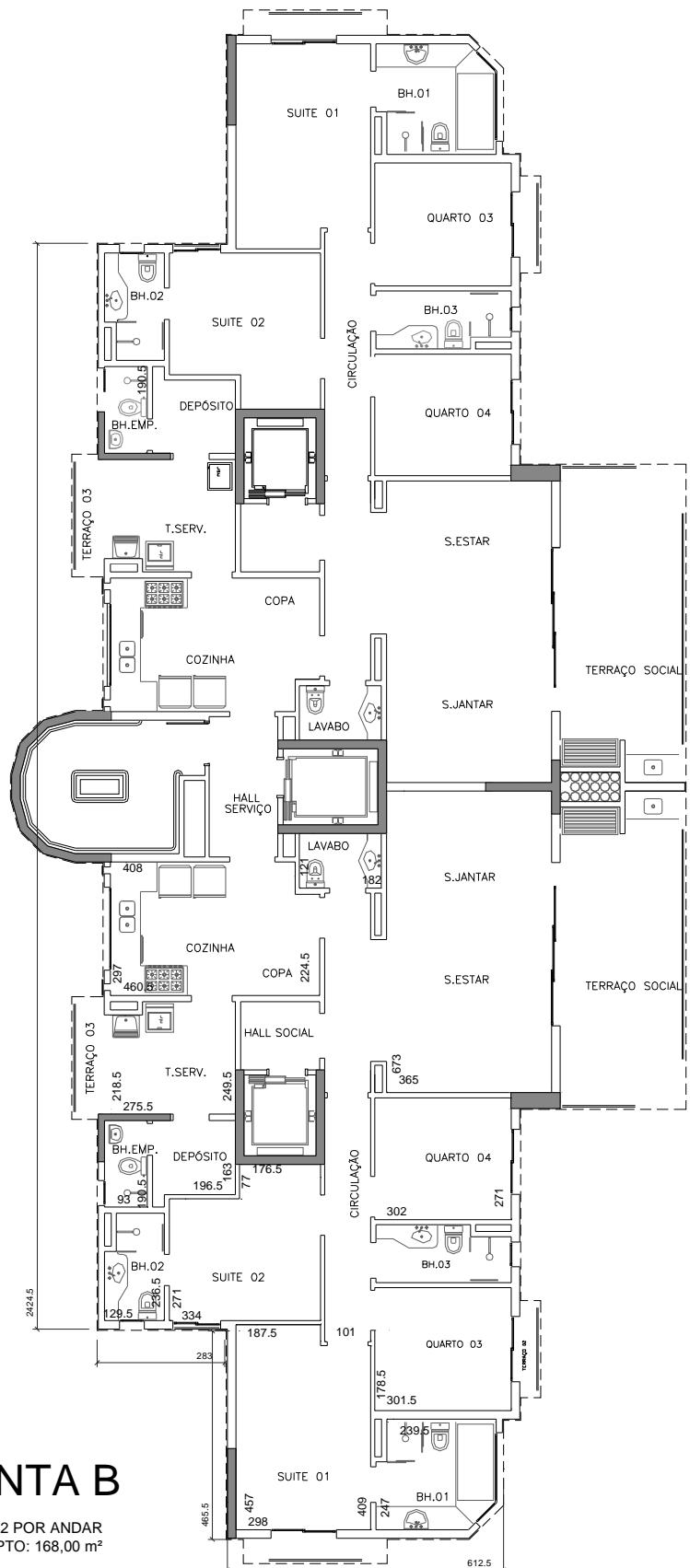


Figura 5.4.4. Planta B com medidas do projeto original

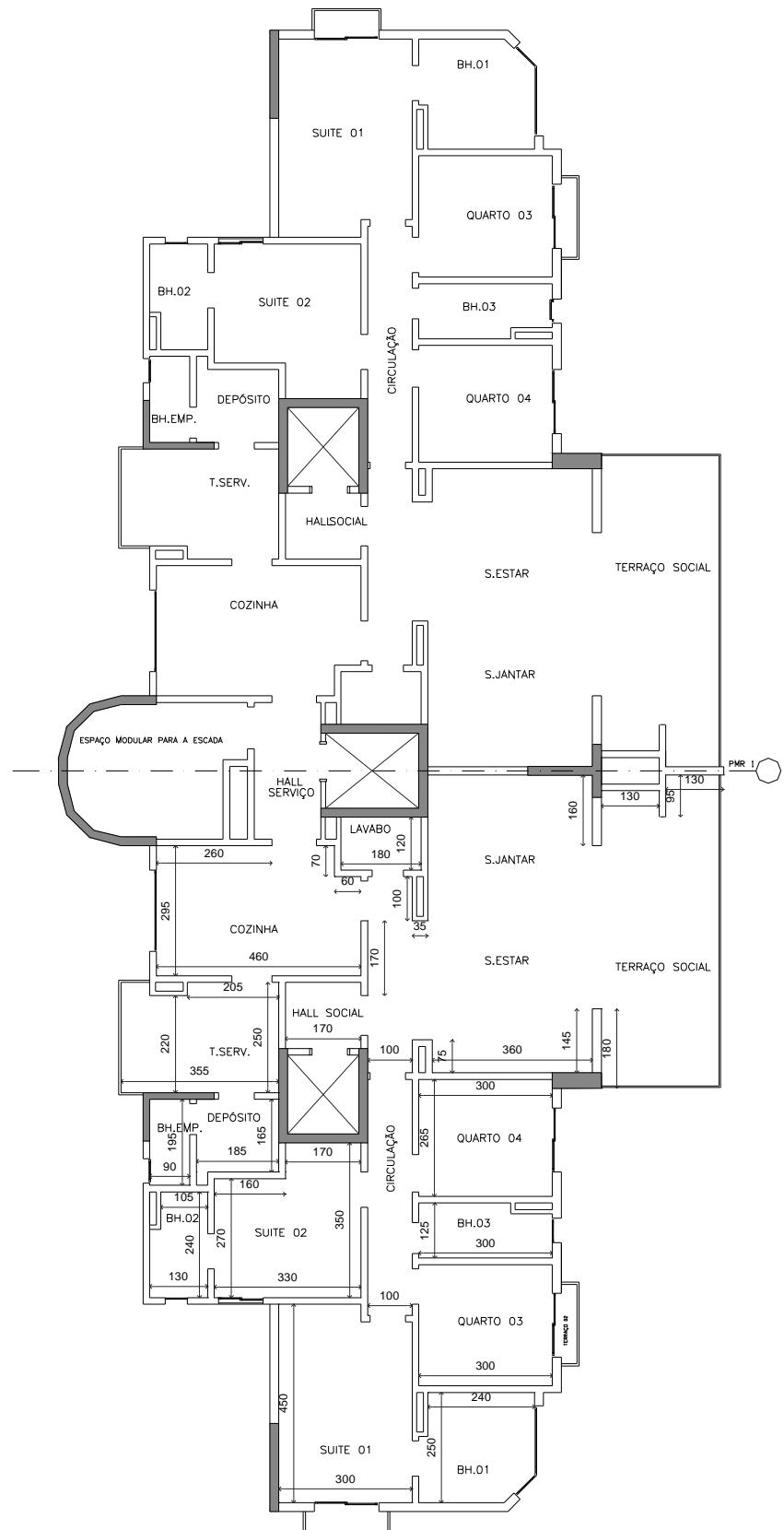


Figura 5.4.5. Planta B com medidas modulares

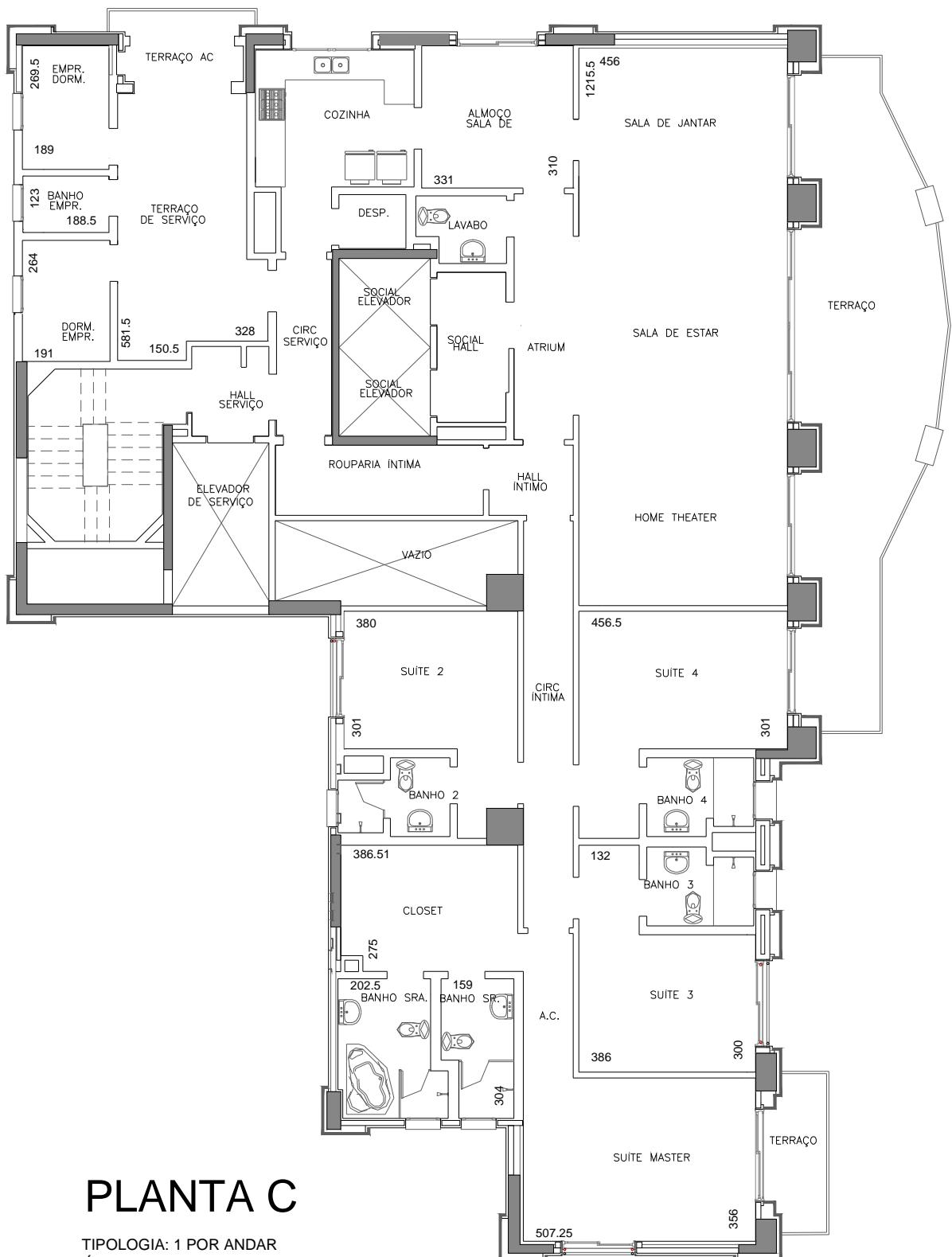


Figura 5.4.6. Planta C com medidas do projeto original

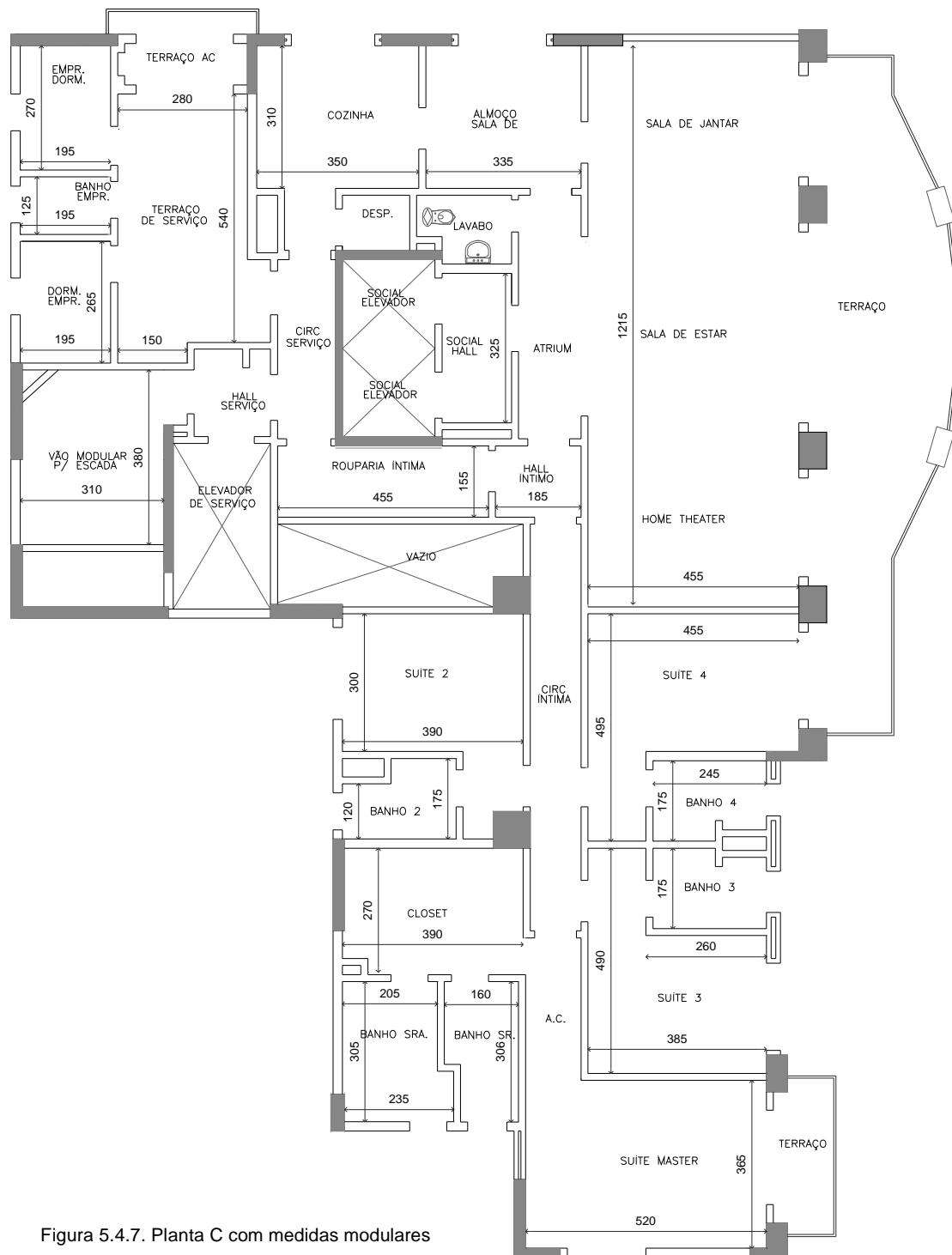


Figura 5.4.7. Planta C com medidas modulares

As plantas modulares (Figuras 5.4.2 e 5.4.3, 5.4.5 e 5.4.7) foram elaboradas tendo como base o quadriculado modular de referência e o módulo universal de 10cm. Para o posicionamento dos componentes, foram adotadas as diretrizes propostas pelas normas de coordenação modular. Os componentes estruturais e de vedação estão posicionados de forma assimétrica, ou seja, com uma das faces alinhada com uma linha do quadriculado modular de referência. Apenas em dois casos (plantas A e B – Figuras 5.4.2 e 5.4.5) é que os componentes de divisa entre apartamentos foram posicionados de forma simétrica, ou seja, o eixo das peças coincidindo com uma das linhas do quadriculado modular de referência, de modo a manter os vãos modulares e a disposição dos cômodos de forma simétrica dentro da quadrícula, evitando a criação de zonas neutras.

Usando os princípios e diretrizes da coordenação modular, torna-se mais fácil e racional o desenvolvimento dos projetos. A adoção de componentes padronizados e disponíveis em catálogos pode facilitar a solução de situações normalmente encontradas nos projetos, como por exemplo, o encontro entre componentes com a mesma função ou com funções diferentes, a definição de um local sanitário, soluções para caixilhos etc.

A racionalização dos projetos é possível pela adoção de soluções padronizadas. Não existe a necessidade de, a cada novo projeto, re-estudar uma solução que já foi pensada e solucionada para outros projetos similares. A utilização de componentes de catálogo, quando possível, também simplifica o desenvolvimento dos projetos, pois as situações de encontro, encaixe etc, já foram estudadas, analisadas e testadas para atender às diversas situações. Com isso, a cada novo projeto, ao invés de ser necessário estudar e resolver todas as situações encontradas, o projetista tem apenas que fazer a escolha pelos tipos de componentes que serão utilizados em um determinado produto.

A utilização da coordenação modular, apesar de, em um primeiro momento, parecer que, pelo uso de componentes padronizados, restringe a criação e a diversidade dos produtos, não reduz a flexibilidade do arquiteto na formatação das propostas arquitetônicas. Isso pode ser percebido comparando as três plantas apresentadas (A, B e C) nas Figuras 5.4.1, 5.4.4 e 5.4.6, que são de tipologias bem diferentes, com produtos de padrões distintos, e no entanto, foi

possível modular as três plantas sem prejuízo para as características dos produtos.

O projeto, seja ele arquitetônico ou complementar, tem um papel fundamental no resultado final do edifício construído, uma vez que as soluções adotadas nesta etapa têm amplas repercussões em todo o processo de construção e na qualidade do produto final que será entregue ao cliente.

Utilizando as diretrizes da coordenação modular, que têm como um dos objetivos, facilitar a execução dos projetos, é possível conseguir benefícios para a fase de produção e para o produto final também. Estes benefícios, na fase de produção, estão relacionados à racionalização dos processos construtivos, colaborando com a redução de desperdícios de material, mão-de-obra e tempo. Para o produto, os benefícios estão ligados à qualidade final que é possível obter com a adoção de soluções consolidadas, padronizadas, normalizadas e com garantia de desempenho.

Portanto, a utilização dos princípios e diretrizes da coordenação modular, não deve ser vista como um limitador da criatividade e sim como mais um item programático, uma ferramenta para possibilitar construções mais racionais como também facilitar o desenvolvimento dos projetos.

As vantagens, além de serem conseguidas no desenvolvimento dos projetos arquitetônicos, devem se estender ao desenvolvimento dos projetos técnicos, como por exemplo a otimização do projeto estrutural.

Para obter um projeto estrutural modular, as peças estruturais, sejam os pilares as vigas ou as lajes, assim como os vãos e componentes no projeto arquitetônico, devem ser dimensionadas em função de um módulo. Deve-se também buscar a padronização e tipificação de peças, de modo a simplificar a fase de detalhamento dos componentes, a execução e também possibilitar o maior aproveitamento das fôrmas.

Nos projetos estruturais modulares a variação das dimensões dos componentes, como nos projetos arquitetônicos, pode ser feita de 5 em 5 cm (M/2). Desta forma, utilizando este conceito, torna-se possível e fácil para o calculista modular uma determinada estrutura visto que, segundo Rosso

(1976), para um pilar de concreto, por exemplo, dependendo da qualidade do material e da técnica utilizada, é possível, de forma econômica, conseguir a carga necessária, dentro de um intervalo dimensional razoavelmente grande. Ou seja, o calculista tem uma boa flexibilidade na escolha da dimensão dos componentes, podendo torná-lo modular sem comprometer o desempenho estrutural.

No entanto, antes de modular as dimensões das peças estruturais, é importante analisar outros aspectos além do desempenho. Entre eles, o aspecto econômico, analisando as vantagens obtidas para o concreto, para as armações e para as fôrmas, bem como a interface com outros componentes com outras funções, como as vedações, de modo a não comprometer a modulação destas.

Uma das grandes vantagens conseguidas com a coordenação dimensional da estrutura, para o tipo de estrutura analisada neste trabalho (estrutura reticulada de concreto armado moldada *in loco*), é a padronização das fôrmas. Esta padronização é possível devido à pequena variação dimensional das peças estruturais (5 cm), o que permite criar um sistema de fôrmas que seja regulável a cada 5 cm e que seja confeccionado em material mais durável e resistente, possibilitando o seu uso para a moldagem de mais de um tipo de peça e em mais de uma obra que tenha peças estruturais com medidas baseadas em 5cm (M/2).

Nas Figuras 5.4.2, 5.4.3, 5.4.5 e 5.4.7, anteriormente apresentadas, as peças estruturais também foram moduladas e suas dimensões tiveram uma variação muito pequena. Isso comprova, mais uma vez, que, com relação ao produto, é possível modular os componentes, sem que a planta perca as características iniciais. No entanto, neste trabalho não será detalhado o projeto estrutural, visto que o objetivo principal do presente estudo comparativo é analisar as vantagens obtidas no desenvolvimento do projeto arquitetônico, considerando que é nele que se inicia todo o processo de produção de um edifício e se este for modulado, será mais natural a modulação de todos os demais projetos.

5.5. PROJETOS DE VEDAÇÕES

Como dito anteriormente, o objetivo do estudo comparativo é analisar o projeto arquitetônico e alguns de seus componentes. Mas, como a próxima etapa a ser analisada é a modulação de componentes da construção, e o componente escolhido para a análise foi o caixilho, se faz necessário apresentar, mesmo que de forma resumida, a modulação do sistema de vedação, do qual os caixilhos fazem parte.

Neste trabalho, o tipo de vedação analisada é a vedação em alvenaria de bloco cerâmico ou de concreto. Hoje já é uma prática comum da construção civil a racionalização das alvenarias, e a adoção da coordenação modular só vem facilitar ainda mais a racionalização do conjunto vedação.

Nos sistemas construtivos caracterizados pela utilização da ERCA e vedações em alvenaria, para que o conjunto vedação seja modulado, ele deve ser composto por um número determinado de fiadas de componentes de vedação, que deve corresponder a uma altura modular (2,10, 2,20, 2,30 m, etc). A delimitação vertical deste conjunto é dada por dois Planos Modulares de Referência (PMR) que devem coincidir com as linhas da quadrícula modular e devem passar nos eixos das juntas horizontais dos elementos de vedação.

O conjunto vedação, além de composto pelos blocos, é composto também pelos sistemas de esquadrias, vergas, contra-vergas e portas. A definição deste conjunto é feita inicialmente pela delimitação do vão, tanto na horizontal, quanto na vertical, tendo-se o cuidado de obter medidas modulares.

Em paralelo à delimitação do vão modular, deve ser definido o tipo de bloco que será utilizado e este deve ter medidas modulares também. As medidas sugeridas para os blocos estão indicadas no capítulo 4 deste trabalho (item 4.1. Definição dos Vãos Verticais e Horizontais).

Para que seja obtido um alto grau de racionalização na construção, é importante que todos os sistemas estejam compatibilizados dentro da quadrícula modular. Ou seja, tanto os pilares, os vãos para vedação, quanto os caixilhos devem ser inseridos dentro de uma modulação integral para garantir um sistema com compatibilização tecnológica desde o projeto até a execução.

Considerando este critério, Lucini (2001), sugere a seguinte seqüência para a obtenção de vãos modulares para esquadrias:

- 1) analisar a estrutura junto à arquitetura obtendo uma malha estrutural de vãos que respondam integralmente à modulação, tanto de um sistema básico (10 cm) como de um módulo de projeto derivado das dimensões predominantes nos blocos utilizados (20, 30 ou 40 cm);
- 2) definir modularmente a dimensão dos pilares;
- 3) definir modularmente os panos de vedação entre faixas de pilares; e
- 4) posicionar modularmente os vãos das esquadrias.

5.6. EXEMPLO DE MODULAÇÃO DE COMPONENTES: ANÁLISE DOS CAIXILHOS

Nesta etapa, pretende-se demonstrar, utilizando um componente da construção, que é possível normalizar componentes, e criar tipologias. Além disso, que estes componentes, quando normalizados, podem ser utilizados nos produtos concebidos hoje, sem mudar as suas características e ainda assim mantendo a flexibilidade de criação dos arquitetos.

O componente escolhido para esta etapa do estudo comparativo foi o caixilho. A escolha por este componente foi em função de ser um componente com elevado índice de personalização nos produtos fornecidos pelo mercado, muitas vezes projetados com medidas especiais e que não são compatíveis com o que as indústrias oferecem, representando desta forma um alto custo de produção e podendo contribuir para a perda de produtividade no canteiro.

Neste estudo comparativo, pretende-se demonstrar que os caixilhos, com medidas especiais, podem ser substituídos por componentes padronizados trazendo ganhos para o projeto, para a produção e para o produto final sem, no entanto, alterar de forma considerável, as características iniciais pretendidas para os edifícios em análise.

O critério para a escolha dos projetos que serão apresentados foi similar ao critério utilizado no primeiro estudo comparativo, acrescentando apenas que,

além de serem projetos com diferentes tipologias, foram elaborados por diferentes empresas (incorporadoras) e por diferentes arquitetos. Desta forma, as três plantas utilizadas no primeiro estudo foram mantidas, por atenderem ao critério adotado.

Apesar das empresas donas dos projetos terem autorizado o uso dos seus projetos, optou-se por omitir os seus nomes, de modo a não tirar o foco da análise técnica e permitir um estudo com mais liberdade.

5.6.1. PADRONIZAÇÃO DOS CAIXILHOS

Atualmente, na construção civil, as técnicas utilizadas para definição de medidas e controle executivo de vãos e de fixação de esquadrias são muito precárias. As exigências relativas à produtividade e à facilidade de fabricação e instalação das peças, de modo geral, não são prioritárias para a definição destes componentes. As esquadrias, na maioria das vezes, são produzidas “sob medida”, encarecendo desnecessariamente o sistema de fechamento de vãos.

O objetivo nesta etapa do estudo comparativo é demonstrar que é possível modular os vãos para os caixilhos, de forma a padronizá-los, obtendo, ainda assim, o mesmo resultado estético pretendido para um determinado projeto e atendendo às necessidades de iluminação e ventilação dos ambientes.

Para isso, foi utilizado como referência o Manual Técnico de Modulação de Vãos de Esquadrias (2001), de autoria do arquiteto Hugo Camilo Lucini em parceria com a AFEAL (Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio), AsBEA (Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura) e SindusCon –SP (Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo).

Este Manual, segundo o arquiteto Henrique Cambiaghi, vice presidente da AsBEA na época de desenvolvimento do mesmo, estabelece definições dos critérios dimensionais e de padronização para esquadrias a partir de vãos modulares, estabelecidos de comum acordo entre os setores envolvidos,

tornando-se um importante passo para a tão desejada Coordenação Modular na Construção Civil.

O Manual foi desenvolvido a partir de um sistema de coordenação dimensional e modular, com base no módulo universal de 10cm e utilizando vedações em blocos de concreto e/ou cerâmico. Tendo como referência este universo, foram estabelecidas premissas, condições gerais, tolerâncias e critérios para a definição de vãos, prumos e dimensões das esquadrias, como também foram estudadas soluções para os principais conflitos e problemas detectados em projeto, obra e montagem das esquadrias. Como resultado, o Manual propõe uma relação dimensional e esquemática das tipologias mais usuais, que, se produzidas de forma mais seriada, reduzem significativamente os seus custos.

Neste manual, a modulação foi conseguida em função de dois conceitos complementares:

- 1) modulação dimensional do sistema de vãos de esquadrias; e
- 2) definição do vínculo técnico entre esquadria e vão (compatibilidade tecnológica).

Segundo Lucini (2001), a definição do sistema de vínculos técnicos obedece à necessidade de racionalização do projeto e execução da obra para garantir aumentos de produtividade e qualidade global. Já a modulação do sistema de esquadrias obedece a necessidade de redução de custos específicos desses componentes, como item do conjunto de insumos da obra, favorecendo tanto fornecedores como construtores.

Desta forma, o estudo para a modulação dos vãos dos caixilhos foi definido tendo o objetivo de universalizar o processo de modulação entre profissionais e empresas e é voltado:

- 1) à definição dos critérios dimensionais para os vãos, considerando as características do conjunto vedação ou estrutural, dentro das delimitações definidas pelo sistema de coordenação modular;
- 2) ao vínculo técnico entre vão e esquadria; e,
- 3) ao posicionamento e dimensionamento particular das esquadrias.

Não é objetivo deste estudo comparativo apresentar todos os pontos que foram analisados no Manual, e sim utilizar o resultado (relação dimensional) para auxiliar na análise.

Esta relação dimensional proposta pelo manual, será utilizada no estudo comparativo que em seguida será apresentado.

A seqüência adotada nesta etapa foi:

- 1) definição dos projetos conforme critério anteriormente apresentado;
- 2) levantamento das dimensões dos vãos para os caixilhos nos projetos analisados;
- 3) classificação dos caixilhos em função da tipologia;
- 4) comparativo dos caixilhos de projeto com os caixilhos do catálogo proposto no Manual;
- 5) utilização dos caixilhos do catálogo (caixilhos com dimensões modulares) nos projetos escolhidos, e
- 6) análise dos resultados obtidos.

1) Definição dos projetos

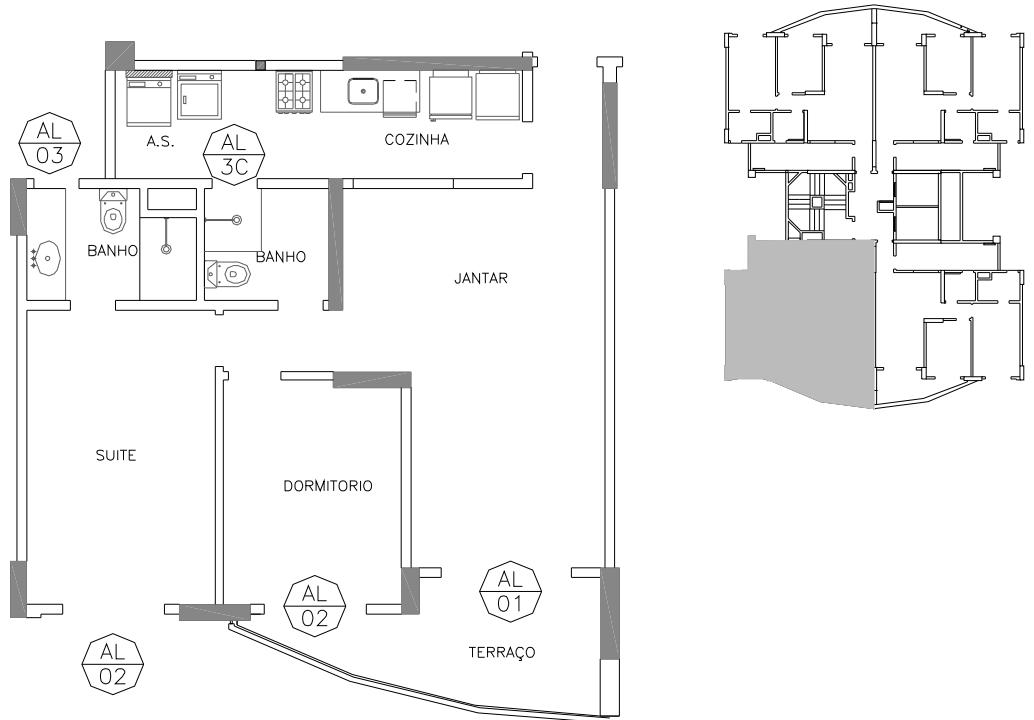
Nas Figuras 5.6.1, 5.6.2 e 5.6.3, a seguir, estão representadas as plantas dos apartamentos dos projetos escolhidos e suas características.

2) Levantamento das dimensões dos vãos para os caixilhos

Nas Tabelas 5.6.1, 5.6.2 e 5.6.3 estão indicadas as dimensões originais (dimensões sem coordenação modular) dos vãos dos caixilhos dos três projetos escolhidos.

3) Classificação dos caixilhos em função da tipologia

A classificação dos caixilhos também está indicada nas Tabelas 5.6.1, 5.6.2 e 5.6.2 na coluna que se refere ao modelo do caixilho. Esta classificação é feita em função do funcionamento dos caixilhos e dos acessórios que os mesmos possuem.



PLANTA A

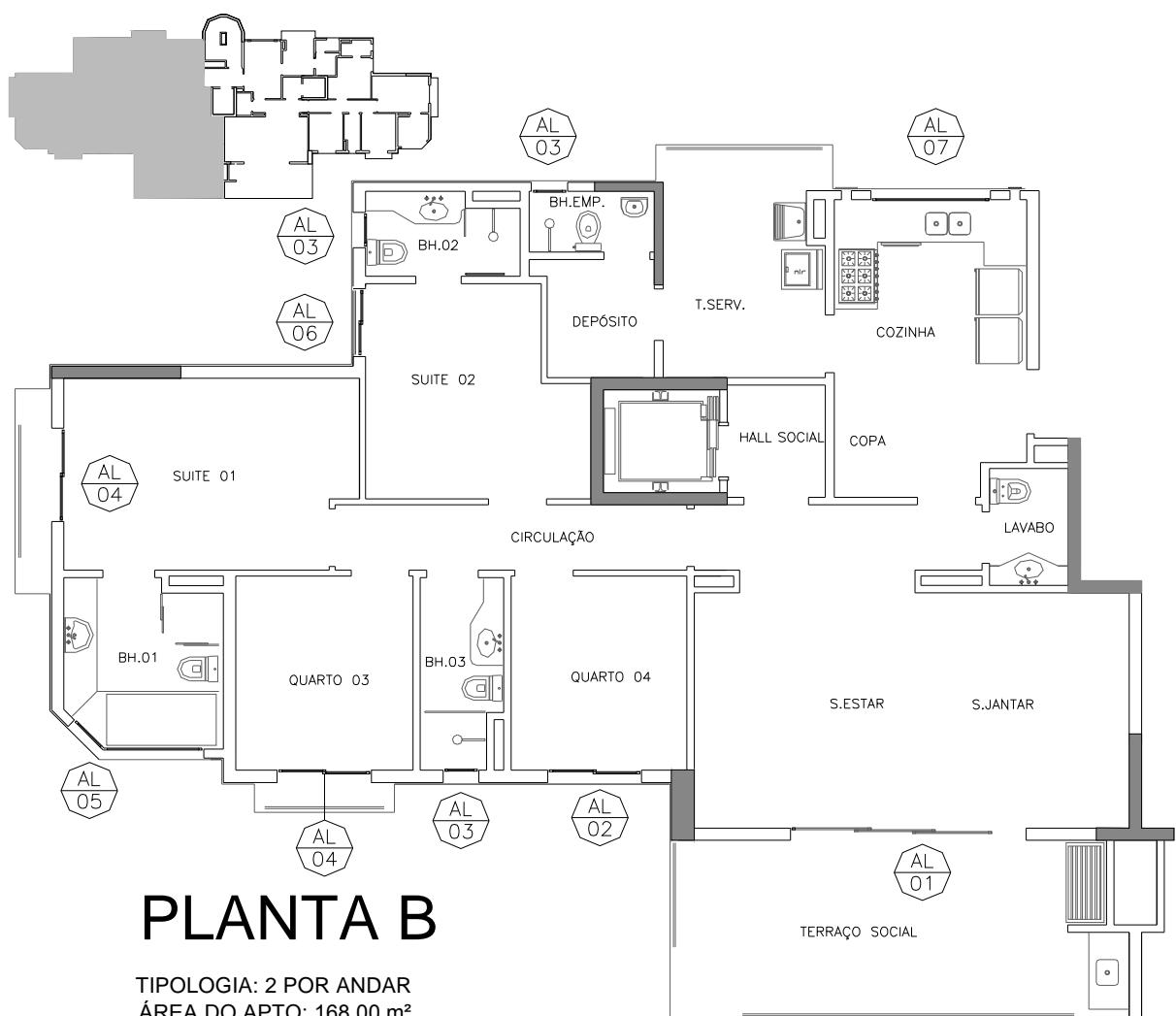
TIPOLOGIA: 4 POR ANDAR
ÁREA DO APTO: 71,50 m²

Figura 5.6.1. Planta apartamento 4 por andar - indicação dos caixilhos

TABELA DE CAIXILHOS DA PLANTA A

| TIPO | MODELO | VÃO VEDAÇÃO (mm) |
|-------|---|------------------|
| AL 01 | 02 Folhas de correr | 1840 x 2150 |
| AL 02 | 02 Folhas de correr com persiana de enrolar | 1440 x 1230 |
| AL 03 | 01 folha maxim-ar | 640 x 630 |
| AL 3C | 01 folha maxim-ar c/ limitador | 640 x 630 |

Tabela 5.6.1. Dimensão dos vãos para os caixilhos da planta A



PLANTA B

TIPOLOGIA: 2 POR ANDAR
ÁREA DO APTO: 168,00 m²

Figura 5.6.2. Planta apartamento 2 por andar - indicação dos caixilhos

| TABELA DE CAIXILHOS DA PLANTA B | | |
|---------------------------------|---|------------------|
| TIPO | MODELO | VÃO VEDAÇÃO (mm) |
| AL 01 | 04 Folhas de correr | 3200 x 2300 |
| AL 02 | 02 Folhas de correr com persiana de enrolar | 1400 x 1200 |
| AL 03 | 01 folha maxim-ar | 500 x 830 |
| AL 04 | 02 Folhas de correr com persiana de enrolar | 1400 x 2300 |
| AL 05 | 01 folha maxim-ar | 450 x 860 |
| AL 06 | 02 Folhas de correr com persiana de enrolar | 1000 x 2300 |
| AL 07 | 03 folhas maxim-ar | 3x (600 x 1130) |

Tabela 5.6.2. Dimensão dos vãos para os caixilhos da planta B

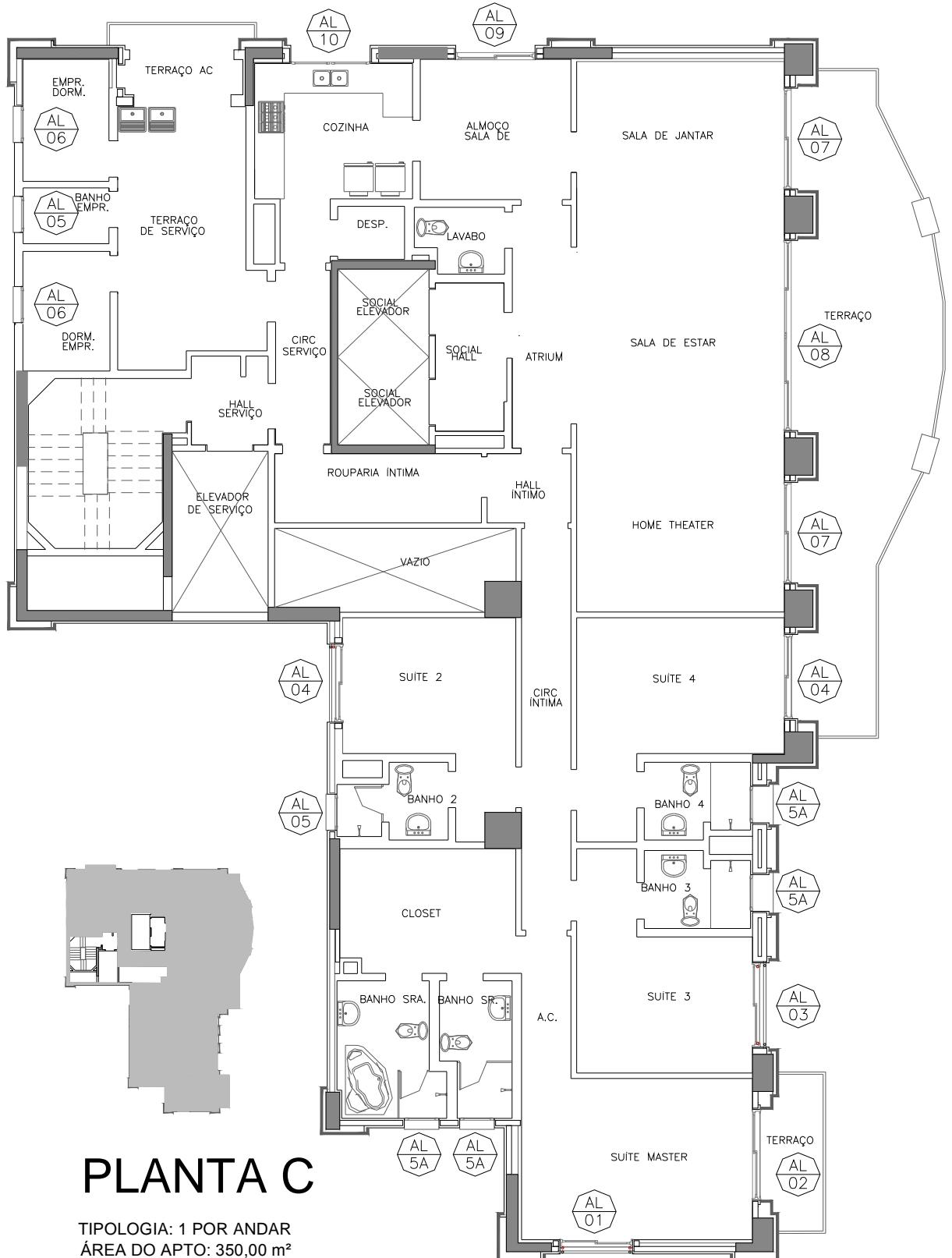


Figura 5.6.3. Planta apartamento 1 por andar - indicação dos caixilhos

| TABELA DE CAIXILHOS DA PLANTA C | | |
|---------------------------------|---|---------------------|
| TIPO | MODELO | VÃO VEDAÇÃO (mm) |
| AL 01 | 02 Folhas de correr com persiana de enrolar | 1710 x 2390 |
| AL 02 | 02 Folhas de correr com persiana de enrolar | 1610 x 2390 |
| AL 03 | 02 Folhas de correr com persiana de enrolar | 1710 x 2260 |
| AL 04 | 02 Folhas de correr com persiana de enrolar | 1720 x 2260 |
| AL 05 | 01 Folha Maxim-ar | 800 x 820 |
| AL 5A | 01 Folha Maxim-ar | 760 x 820 |
| AL 06 | 01 Folha Maxim-ar | 800 x 830 |
| AL 07 | 02 Folhas de correr | 2170 x 2390 |
| AL 08 | 04 folhas - 2 de correr e 2 fixas | 4150 x 2360 |
| AL 10 | 02 Folhas Maxim-ar | 1740 x 1320 |
| AL 10 | 02 Folhas Maxim-ar | 2 x (870 x 1120) |

Tabela 5.6.3. Dimensão dos vãos para os caixilhos da planta C

4) Comparativo dos caixilhos de projeto com os caixilhos do catálogo proposto no Manual

No Manual analisado, para a escolha das medidas preferidas para os caixilhos (medidas disponíveis em catálogo), foram adotadas algumas definições e critérios que serão apresentados a seguir e que se faz necessário compreender para a correta utilização do catálogo.

4.1) Dimensão dos vãos

A dimensão adotada para os vãos deve ser sempre a dimensão modular que é baseada no módulo de 10 cm. A medida nominal do vão (vão vedação) deve ser 1 cm maior que a medida modular.

4.2) Tolerância para o vão vedação

A tolerância dimensional para que o vão vedação absorva os possíveis erros de execução e prumo deve ser delimitada entre 1 e 2 cm, a depender do sistema de medição e controle utilizado na obra.

4.3) Sistema de fixação do contramarco e de preenchimento da junta

Para a fixação do contramarco e preenchimento da junta, deve existir uma folga perimetral delimitada entre 2 e 4 cm, que varia também a depender do sistema de fixação adotado na obra.

4.4) Tolerância dimensional da esquadria

A esquadria, por ser um produto totalmente industrializado, tem uma tolerância dimensional cerca de 1/10 da tolerância dimensional do vão. Ou seja, a tolerância dimensional da esquadria (de cerca de +/- 1mm) é absorvida na tolerância do vão e não necessita ser considerada.

4.5) Espessura dos revestimentos

A espessura dos revestimentos externos deve variar entre 3 e 8 cm.

Para a definição da junta, Lucini (2001), sugere adotar a somatória entre uma tolerância ampla de execução e prumo dos vãos (1,5 cm) e a junta mínima necessária para a fixação da esquadria (1,5 cm). Esta somatória resulta em uma tolerância média perimetral de 3cm (largura mínima da junta) entre a

medida nominal do vão (Vão Vedação) e a medida nominal da esquadria. A junta superior deve ser maior quando a esquadria está em baixo de viga para absorver as deformações e tolerâncias de execução da mesma. A dimensão da junta pode variar de acordo com o fabricante da esquadria, os métodos de instalação e as características do produto.

Seguindo estes critérios, na Tabela 5.6.1 abaixo estão representados alguns exemplos de relação dimensional entre vãos e esquadrias.

| VÃO MODULAR | VÃO VEDAÇÃO | DIMENSÃO MODULAR ESQUADRIA | DIMENSÃO NOMINAL ESQUADRIA | JUNTA NOMINAL TOTAL | JUNTA NOMINAL PERIMETRAL |
|-------------|-------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|--------------------------|
| 80 X 80 | 81 X 81 | 80 X 80 | 75 X 75 | 6,0 | 3,0 |
| 90 X 220 | 91 X 121 | 90 X 220 | 85 X 215 | 6,0 | 3,0 |
| 100 X 120 | 101 X 121 | 100 X 120 | 95 X 115 | 6,0 | 3,0 |
| 120 X 120 | 121 X 121 | 120 X 120 | 115 X 115 | 6,0 | 3,0 |
| 150 X 220 | 151 X 221 | 150 X 220 | 145 X 215 | 6,0 | 3,0 |

Tabela 5.6.4. Exemplo de relação dimensional de vãos e esquadrias (LUCINI, 2001)

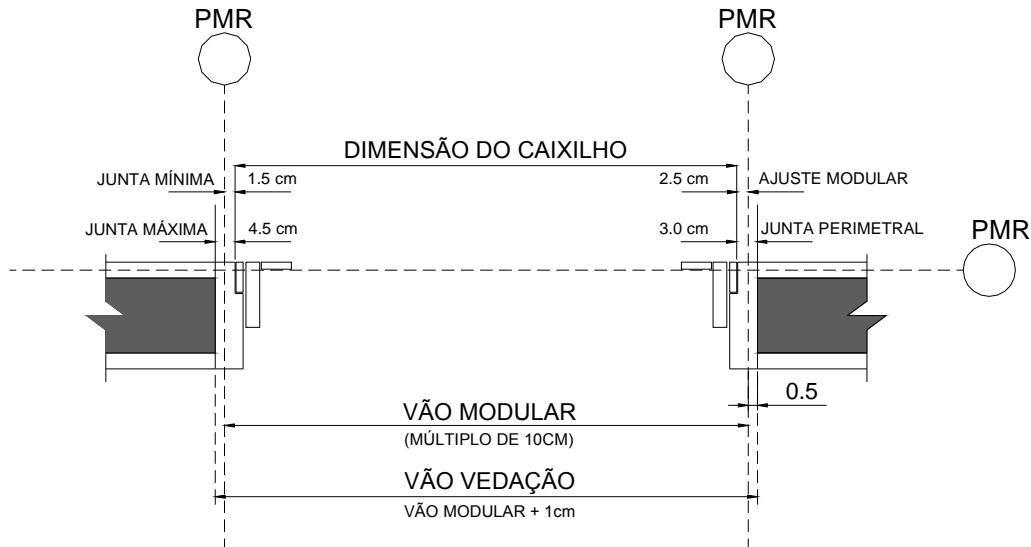


Figura 5.6.4. Relação dimensional de vãos de esquadria (Adaptada de LUCINI, 2001).

Analizando a Tabela 5.6.4 e a Figura 5.6.4, conclui-se que a folga de 6 cm (junta nominal total), provavelmente foi definida antes da utilização das alvenarias racionalizadas. Hoje, com a racionalização das vedações, estas folgas podem ser menores. Além disso, na construção coordenada modularmente é necessário trabalhar com precisões dimensionais maiores que

na construção tradicional, desta forma, sugere-se, como suficiente, as folgas de 4cm nas laterais (sendo 2cm em cada lado) e 5cm na altura (sendo 2cm na face superior e 3cm para o peitoril).

Após definição destes critérios, o Manual propõe a definição de um sistema modulado de medidas preferenciais para os vãos e as esquadrias. Esta definição é proposta com o objetivo de atender às necessidades das empresas construtoras, projetistas e fabricantes, na medida que cria delimitações qualitativas, econômicas e dimensionais das esquadrias, otimizando o desenvolvimento dos projetos, o processo de fabricação e a instalação na obra, auxiliando na redução de prazos e custos.

Desta forma, o resultado obtido é fruto da análise de um conjunto de parâmetros importantes, entre eles: racionalização global do sistema construtivo, racionalização das vedações, desempenho técnico-ambiental de tipologias e esquadrias, desempenho estético-funcional, condições climáticas, código de edificações e aspectos mercadológicos e culturais.

Segundo Lucini (2001), a análise desses parâmetros pode resultar numa dimensão ótima para uma determinada *tipologia* de esquadria (maxim-ar, duas folhas de correr etc). A combinação desses parâmetros, de acordo com os objetivos e avaliações de custo-benefício de cada empresa produtora ou setor, dará como resultado *dimensões preferenciais* para determinada *tipologia de esquadria*.

Ou seja, para cada tipologia (duas folhas de correr, duas folhas com veneziana, etc) existirá necessariamente mais de uma dimensão preferencial (1,20 x 1,20; 1,20 x 1,50 etc), tanto para responder às exigências de desempenho climático-regional e de códigos, quanto para assimilar exigências mercadológicas ou de projeto.

A Tabela 5.6.5 apresentada a seguir, reúne o conjunto de vãos e esquadrias selecionados pelo Comitê de Tecnologia e Qualidade do SindusCon-SP, e nele constam 12 vãos modulares preferidos, 15 tipologias de esquadrias e 27 dimensões preferidas de esquadrias, onde o vão modular é sempre múltiplo de 10 cm, o vão vedação é o vão modular acrescido de 1 cm, a dimensão da

esquadria é o vão modular menos 5 cm e o vão de iluminação é a dimensão da esquadria menos 5cm.

| TIPOLOGIAS | VÃO MODULAR | ESQUADRIA DIMENSÃO | VÃO VEDAÇÃO | VÃO ILUMINAÇÃO VENTILAÇÃO |
|--|---------------|--------------------|---------------|---------------------------|
| JC – 2F Janela de correr 2 folhas | 1.200 X 1.200 | 1.150 X 1.150 | 1.210 X 1.210 | 1.100 X 1.100 |
| | 1.500 X 1.200 | 1.450 X 1.150 | 1.510 X 1.210 | 1.400 X 1.100 |
| | | | | |
| JC – 3F/V Janela de correr 3 folhas com veneziana | 1.200 X 1.200 | 1.150 X 1.150 | 1.200 X 1.200 | 550 X 1.100 |
| | 1.500 X 1.200 | 1.450 X 1.150 | 1.510 X 1.210 | 700 X 1.100 |
| | | | | |
| PC – 2F Porta de correr 2 folhas | 1.500 X 2.200 | 1.450 X 2.150 | 1.510 X 2.210 | 1.400 X 2.100 |
| | 2.000 X 2.200 | 1.950 X 2.150 | 2.010 X 2.210 | 1.900 X 2.100 |
| | 2.400 X 2.200 | 2.350 X 2.150 | 2.410 X 2.210 | 2.300 X 2.100 |
| PC - 3F/V Porta de correr 3 folhas com veneziana | 1.500 X 2.200 | 1.450 X 2.150 | 1.510 X 2.210 | 700 X 2.100 |
| | 2.000 X 2.200 | 1.950 X 2.150 | 2.010 X 2.210 | 850 X 2.100 |
| | | | | |
| PC – 4F Porta de correr 4 folhas | 3.000 X 2.200 | 2.950 X 2.150 | 3.010 X 2.210 | 2.900 X 2.100 |
| | | | | |
| | | | | |
| JC – 2F/P Janela de correr 2 folhas com persiana de enrolar | 1.200 X 1.200 | 1.150 X 1.150 | 1.210 X 1.210 | 1.100 X 1.000 |
| | 1.500 X 1.200 | 1.450 X 1.150 | 1.510 X 1.210 | 1.400 X 1.000 |
| | | | | |
| PC – 2F/P Porta de correr 2 folhas com persiana de enrolar | 1.200 X 2.300 | 1.150 X 2.250 | 1.210 X 2.310 | 1.100 X 2.100 |
| | 1.500 X 2.300 | 1.450 X 2.250 | 1.510 X 2.310 | 1.400 X 2.100 |
| | | | | |
| PA – 1F Porta Pivotante vertical 1 folha | 900 X 2.200 | 850 X 2.150 | 910 X 2.210 | 800 X 2.100 |
| | | | | |
| | | | | |
| PA – 2F Porta de abrir 2 folhas | 1.500 X 2.200 | 1.450 X 2.150 | 1.510 X 2.210 | 1.400 X 2.100 |
| | | | | |
| | | | | |
| JC – 2F/C Janela de correr 2 folhas camarão | 1.200 X 1.200 | 1.150 X 1.150 | 1.210 X 1.210 | 1.100 X 1.100 |
| | 1.500 X 1.200 | 1.450 X 1.150 | 1.510 X 1.210 | 1.400 X 1.100 |
| | | | | |

Tabela 5.6.5. - Catálogo de Vãos Modulares, Tipologias e Esquadrias Preferidas (Manual Técnico de Modulação de Vãos de Esquadrias, Lucini 2001).

| TIPOLOGIAS | VÃO MODULAR | ESQUADRIA DIMENSÃO | VÃO VEDAÇÃO | VÃO ILUMINAÇÃO VENTILAÇÃO |
|--|---------------|--------------------|---------------|---------------------------|
| PC – 2F/C Porta de correr 2 folhas camarão | 1.500 X 2.200 | 1.450 X 2.150 | 1.510 X 2.210 | 1.400 X 2.100 |
| | 2.000 X 2.200 | 1.950 X 2.150 | 2.010 X 2.210 | 1.900 X 2.100 |
| RF – 1F Requadro fixo 1 folha | 600 X 600 | 550 X 550 | 610 X 610 | 500 X 500 |
| | 800 X 600 | 750 X 550 | 810 X 610 | 700 X 500 |
| | | | | |
| Mx – 1F Maxim-ar 1 folha | 600 X 600 | 550 X 550 | 610 X 610 | 500 X 500 |
| | 800 X 600 | 750 X 550 | 810 X 610 | 700 X 500 |
| | 1.00 X 600 | 950 X 550 | 1.010 X 610 | 900 X 500 |
| VP – 2F Ventilação permanente 2 folhas | 1.200 X 1.200 | 1.150 X 1.150 | 1.210 X 1.210 | 1.100 X 1.100 |
| | | | | |
| | | | | |
| PC – 1F/AS Porta de correr para área de serviço (com ventilação permanente) | 1.500 X 2.200 | 1.450 X 2.150 | 1.510 X 2.210 | 1.400 X 2.100 |
| | | | | |
| | | | | |

Tabela 5.6.5. (continuação) - Catálogo de Vãos Modulares, Tipologias e Esquadrias Preferidas (Manual Técnico de Modulação de Vãos de Esquadrias, Lucini 2001).

Tendo como base as informações apresentadas, em seguida é feito um comparativo entre as medidas e tipologias dos caixilhos das plantas A, B e C (apresentadas no item 5.4) com as medidas e tipologias disponíveis no catálogo, para analisar a possibilidade de substituição dos caixilhos com medidas personalizadas, por medidas padronizadas, mas mantendo a mesma tipologia.

Na Tabela 5.6.6. abaixo, estão indicados os caixilhos das plantas A, B e C com as medidas originais de projeto e o caixilho similar disponível no catálogo.

| CAIXILHOS PLANTA A | | | | |
|--------------------|--|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| CAIXILHO PROJETO | TIPOLOGIA | DIMENSÕES (VÃO VEDAÇÃO - mm) | CAIXILHO CATÁLOGO (Para substituição) | DIMENSÕES (VÃO VEDAÇÃO - mm) |
| AL 01 | 02 folhas de correr | 1840 x 2150 | PC – 2F | 2010 x 2210 |
| AL 02 | 02 folhas de correr c/ persiana de enrolar | 1440 x 1230 | JC – 2F/P | 1510 x 1210 |

| CAIXILHO PROJETO | TIPOLOGIA | DIMENSÕES (VÃO VEDAÇÃO - mm) | CAIXILHO CATÁLOGO (Para substituição) | DIMENSÕES (VÃO VEDAÇÃO - mm) |
|---------------------------|--|------------------------------------|---|------------------------------------|
| AL 03 | 01 folha maxim-ar | 640 x 630 | Mx – 1F | 610 x 610 |
| AL 04 | 01 folha maxim-ar c/ limitador | 640 x 630 | Mx – 1F | 610 x 610 |
| CAIXILHOS PLANTA B | | | | |
| CAIXILHO PROJETO | TIPOLOGIA | DIMENSÕES (VÃO VEDAÇÃO - mm) | CAIXILHO CATÁLOGO (Para substituição) | DIMENSÕES (VÃO VEDAÇÃO - mm) |
| AL 01 | 04 folhas de correr | 3200 x 2300 | PC – 4F | 3010 x 2210 |
| AL 02 | 02 folhas de correr c/ persiana de enrolar | 1400 x 1200 | JC – 2F/P | 1510 x 1210 |
| AL 03 | 01 folha maxim-ar | 500 x 830 | Mx – 1F | 610 x 810 |
| AL 04 | 02 folhas de correr c/ persiana de enrolar | 1400 x 2300 | PC – 2F/P | 1510 x 2310 |
| AL 05 | 01 folha maxim-ar | 450 x 860 | Mx – 1F | 610 x 810 |
| AL 06 | 02 folhas de correr c/ persiana de enrolar | 1000 x 2300 | JC – 2F/P | 1210 x 2310 |
| AL 07 | 03 folhas maxim-ar | 3 x (600 x 1130) | Mx – 1F | 3x (610 x 1010) |
| CAIXILHOS PLANTA C | | | | |
| CAIXILHO PROJETO | TIPOLOGIA | DIMENSÕES (VÃO VEDAÇÃO - mm) | CAIXILHO CATÁLOGO (Para substituição) | DIMENSÕES (VÃO VEDAÇÃO - mm) |
| AL 01 | 02 folhas de correr c/ persiana de enrolar | 1710 x 2390 | PC – 2F/P | 1510 x 2310 |
| AL 02 | 02 folhas de correr c/ persiana de enrolar | 1610 x 2390 | PC – 2F/P | 1510 x 2310 |
| AL 03 | 02 folhas de correr c/ persiana de enrolar | 1710 x 2260 | PC – 2F/P | 1510 x 2310 |
| AL 04 | 02 folhas de correr c/ persiana de enrolar | 1720 x 2260 | PC – 2F/P | 1510 x 2310 |

| CAIXILHO PROJETO | TIPOLOGIA | DIMENSÕES (VÃO VEDAÇÃO - mm) | CAIXILHO CATÁLOGO (Para substituição) | DIMENSÕES (VÃO VEDAÇÃO - mm) |
|------------------|-----------------------------------|------------------------------|--|------------------------------|
| AL 05 | 01 folha maxim-ar | 800 x 620 | Mx – 1F | 810 x 610 |
| AL 5A | 01 folha maxim-ar | 760 x 620 | Mx – 1F | 810 x 610 |
| AL 06 | 01 folha maxim-ar | 800 x 630 | Mx – 1F | 810 x 610 |
| AL 07 | 02 folhas de correr | 2170 x 2390 | PC – 2F | 2010 x 2210 |
| AL 08 | 04 folhas – 2 de correr e 2 fixas | 4150 x 2360 | PC – 4F/P Obs: opção limitada a 3 metros de vão | |
| AL 09 | 02 folhas de correr | 1740 x 1320 | JC – 2F | 1510 x 1210 |
| AL 10 | 02 folhas maxim-ar | 2 x (870 x 1120) | Mx – 1F Obs: opção limitada a H= 610 | |

Tabela 5.6.6. Comparativo entre os caixilhos das plantas A, B e C com os caixilhos existentes no catálogo proposto pelo Manual Técnico de Modulação de Vãos de Esquadrias.

É possível perceber que os caixilhos de catálogo, que estão sendo utilizados no lugar dos caixilhos de projeto, apesar de medidas diferentes das originais, continuam atendendo às necessidades do projeto, necessitando apenas de pequenos ajustes na arquitetura (altura de vigas e medidas de espaletas), como serão mostrados no item 6 a seguir.

Com relação ao vão de iluminação e ventilação permitidos, os caixilhos do catálogo também atendem às exigências, como por exemplo, o caixilho AL 02 da Planta A (Figura 5.6.1), que é um caixilho projetado para atender a área¹⁴ de 8,00m² do dormitório de 3.20m x 2.50m. O Código de Edificações de São Paulo (1993), indica que, para ambientes de permanência prolongada (salas, dormitórios, cozinhas, etc), a iluminação mínima deve ser de 15% da área do ambiente e a ventilação mínima de 7,5% da área. Portanto, o dormitório

¹⁴ A área do dormitório foi obtida na figura 5.4.2– Planta A com medidas modulares (página 83).

mencionado necessita de 1,20m² de iluminação e 0,60m² de ventilação, conforme representado na Tabela 5.6.7.

| AMBIENTE | ÁREA (m ²) | ILUMINAÇÃO (m ²) | VENTILAÇÃO (m ²) |
|------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Dormitório | 8,00 | 1,20 | 0,60 |

Tabela 5.6.7. Relação entre a área do ambiente e as áreas de iluminação e ventilação necessárias – dormitório da Planta A.

Analizando o caixilho JC-2F/P do catálogo, que tem o vão de iluminação e ventilação de 1.400mm x 1.000mm, correspondente a 1,40 m², conforme Tabela 5.6.5 anteriormente apresentada, conclui-se que o caixilho atende às exigências do Código de Edificações de São Paulo (1993), para este ambiente.

Fazendo a mesma análise para o caixilho AL 02 da Planta B (Figura 5.6.2), utilizado para atender a um ambiente com área¹⁵ de 7,95m², tem-se:

| AMBIENTE | ÁREA (m ²) | ILUMINAÇÃO (m ²) | VENTILAÇÃO (m ²) |
|-----------|------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Quarto 04 | 7.95 | 1,1925 | 0,59625 |

Tabela 5.6.8. Relação entre a área do ambiente e as áreas de iluminação e ventilação necessárias – quarto 04 da Planta B.

O caixilho de catálogo proposto para este ambiente é o mesmo JC-2F/P que tem vão de iluminação de 1,40m², atendendo também às necessidades de iluminação e ventilação neste caso.

Em alguns casos, o caixilho do catálogo apresenta dimensões um pouco menores do que as dimensões dos caixilhos de projeto. Um exemplo desta situação é o caixilho AL 03 da Planta A. No projeto original, este caixilho tem as medidas de 640mm x 630mm que corresponde a 0,20m² e 0,40m² de ventilação e iluminação, respectivamente. Pelo Código de Edificações de São Paulo (1993), para ambientes de permanência transitória (serviços, banheiros, circulação etc), a área de iluminação mínima deve ser de 10% e de ventilação mínima de 5% em relação a área do ambiente. Na Planta A, a área do banho (onde o caixilho AL 03 está posicionado) é de 3,52 m², necessitando, portanto, de iluminação de 0,352m² e 0,176m² de ventilação. O caixilho do catálogo que

¹⁵ A área do quarto 04 foi obtida na figura 5.4.5– Planta B com medidas modulares (página 86).

pode substituir o caixilho do projeto é o Mx – 1F, que tem as medidas de (610x610)mm, correspondendo a 0,3721m² de área de iluminação e de 0,18605m² de ventilação, atendendo às exigências do Código para iluminação e ventilação.

5) Utilização dos caixilhos do catálogo (caixilhos com dimensões modulares) nos projetos escolhidos.

Tendo como base a Tabela 5.6.6, para melhor visualização, é feita uma simulação da substituição dos caixilhos de projeto pelos caixilhos de catálogo, utilizando as plantas A e B, conforme representado nas Figuras 5.6.5 e 5.6.6 a seguir:

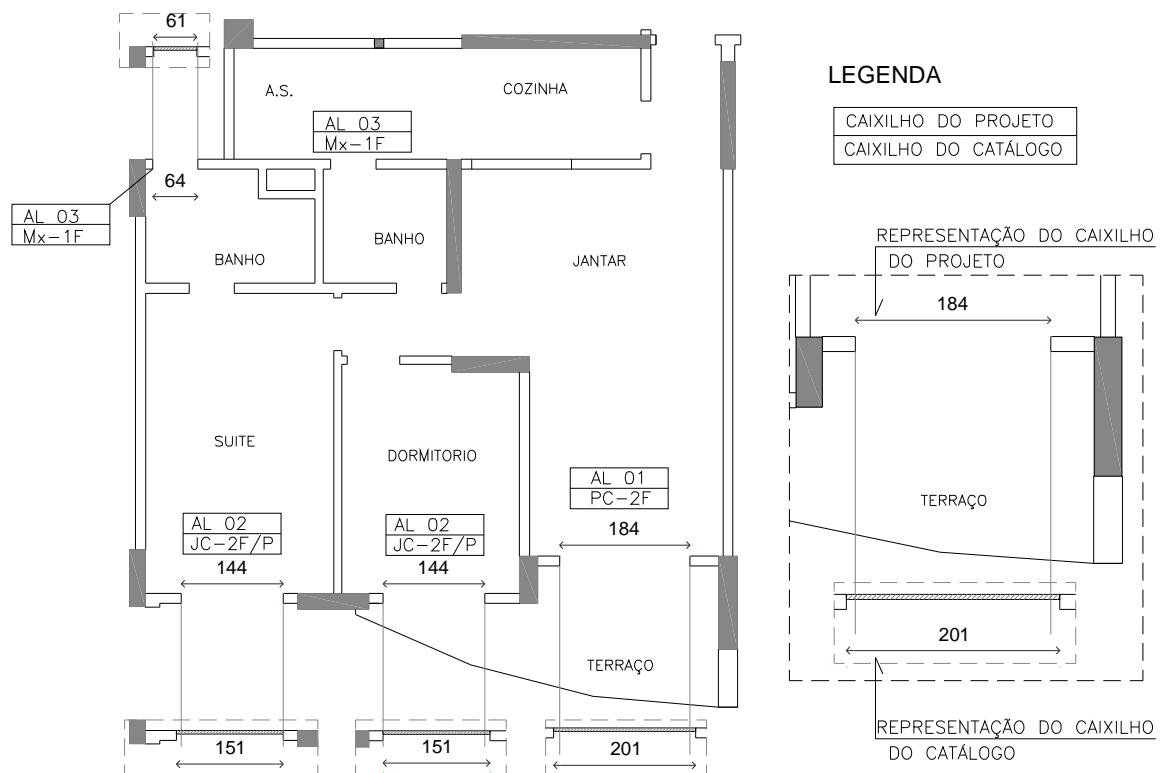


Figura 5.6.5. Planta A - apartamento 4 por andar - utilização dos caixilhos do catálogo

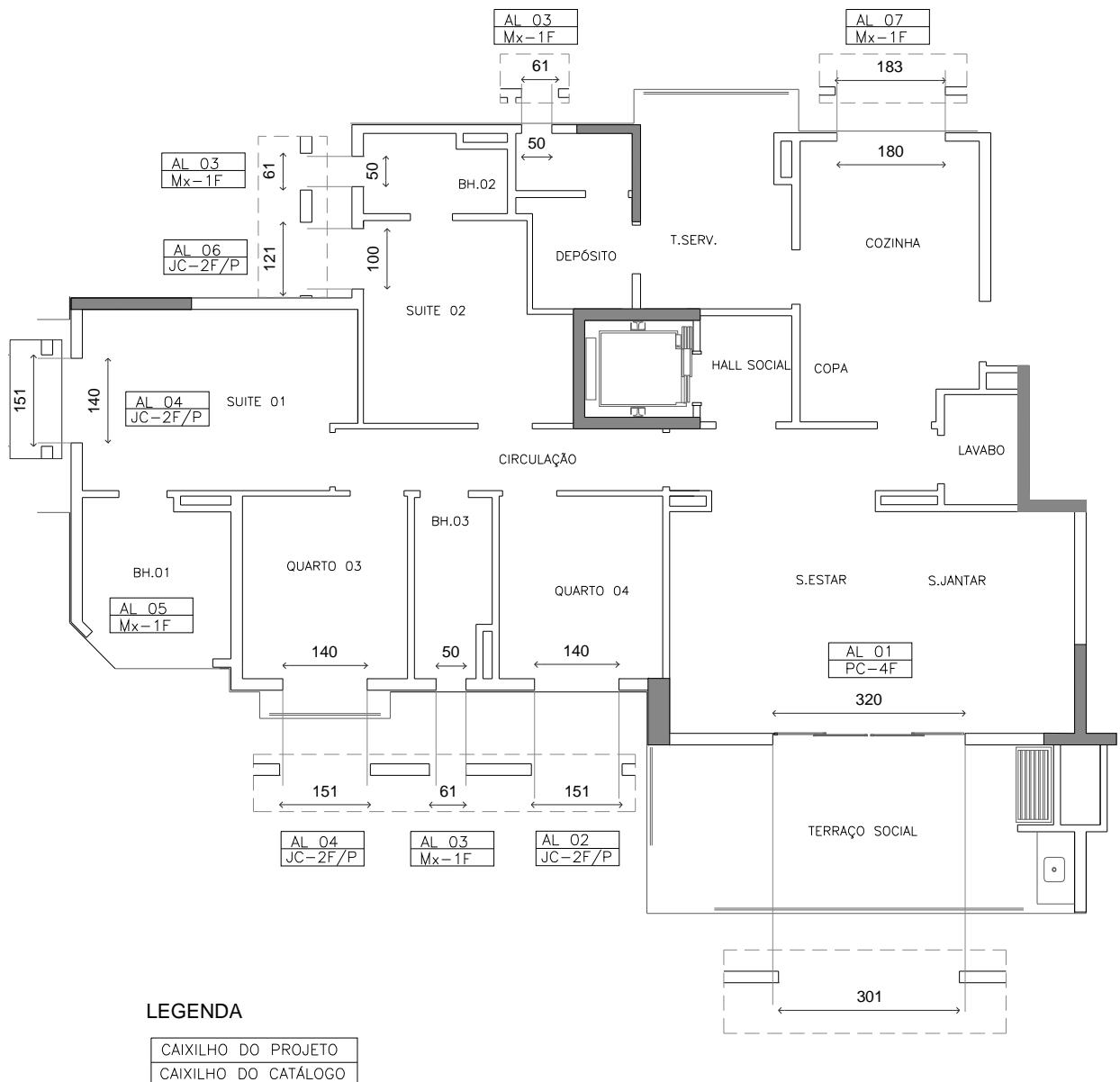


Figura 5.6.6. Planta apartamento 2 por andar - utilização dos caixilhos do catálogo

6) Análise dos resultados obtidos

Nas plantas A e B, com a substituição dos caixilhos do projeto pelos caixilhos de catálogo, é possível notar que as adequações arquitetônicas são pequenas e que não provocam alterações significativas na fachada, apenas ajustes de dimensões de vãos, mantendo as características iniciais do produto.

No entanto, após fazer este comparativo, apesar de considerar a iniciativa de montar o catálogo e a proposta de padronização de componentes extremamente válida, é possível concluir que o catálogo ainda é insuficiente para atender às necessidades impostas pelo mercado. A variação de tipologias e de medidas dos caixilhos é muito limitada quando se pensa em adotá-los em empreendimentos de alto padrão, por exemplo, onde é habitual e muitas vezes necessário pelo tamanho dos cômodos, a utilização de caixilhos com medidas maiores.

Uma das limitações encontradas, por exemplo, foi com relação à opção de medida (apenas uma) para as portas de correr de quatro folhas, que para empreendimentos com cômodos e vãos maiores pode limitar muito a solução de projeto, tanto arquitetônico, quanto estrutural, principalmente para empreendimentos de alto padrão que usualmente adotam grandes vãos de caixilhos para as portas de terraço.

Uma outra limitação percebida no catálogo é com relação às tipologias oferecidas. Analisando as necessidades e as exigências para empreendimentos de baixo e médio padrão, que adotam soluções mais simples para os caixilhos, as tipologias oferecidas atendem perfeitamente. No entanto, para empreendimentos de padrões mais altos, as tipologias propostas, assim como as medidas, estão limitadas.

É comum encontrar nas soluções de fachadas dos empreendimentos de padrão alto, por exemplo, caixilhos com bandeira inferior fixa. Ou seja, caixilhos com peitoril em alvenaria mais baixo e com uma parte do peitoril em alumínio e vidro. Estas soluções são adotadas, geralmente, por motivo estético ou para aumentar a luminosidade do cômodo, proporcionando assim mais conforto e iluminação ao ambiente.

Por ser uma solução que aumenta a quantidade de alumínio e vidro a ser utilizada, é mais cara e, por isso, não é convencional o uso em empreendimentos de padrões mais populares e talvez por isso não faça parte das tipologias propostas neste catálogo. Mas, no entender desta autora, é uma tipologia bastante utilizada e deveria fazer parte de um catálogo de caixilhos para evitar que empresas que constroem produtos de alto padrão, tenham que recorrer a soluções “personalizadas” por não se sentirem atendidas pelos caixilhos padronizados.

Embora, neste breve estudo comparativo, tenham sido encontradas limitações de tipologias e medidas, conforme exposto acima, é possível concluir também que é totalmente viável criar padrões para diversos componentes da construção e utilizá-los nos diversos tipos de projetos, sem impedir que os mesmos sejam únicos. A diferença é que serão projetos elaborados de forma racional e que só terão a contribuir com o bom resultado, estético e de desempenho, dos edifícios que serão construídos.

Além disso, é importante ressaltar que este catálogo de caixilhos não é o único que existe com a proposta de padronização destes componentes. Existem consagradas empresas de caixilhos de alumínio que só trabalham com caixilhos padronizados e que têm em seus catálogos uma grande variedade de tipologias e de medidas capazes de atender às necessidades da construção civil. Mas, apesar de capacitadas, atualmente estas empresas não fornecem seus produtos para as construtoras, por não aceitarem encomenda de peças que estejam fora da sua linha de produção, ou seja, caixilhos personalizados, passando a fornecer apenas para o mercado voltado para os consumidores finais.

A padronização de componentes, como já foi citado, não tem o objetivo de padronizar as soluções arquitetônicas e sim padronizar as soluções técnicas de modo a contribuir com a racionalização da construção civil, possibilitando a redução de improvisos, custos, prazo e desperdícios de material e mão-de-obra.

A cultura arquitetônica no Brasil tem um apelo estético muito forte, muitas vezes é superior às soluções técnicas, e esta forma de ver a arquitetura precisa

ser mudada. A arquitetura, ou as soluções arquitetônicas, não podem ser um empecilho à adoção de soluções técnicas coerentes e que tragam bons resultados ao produto final, sejam eles em prazo, custo, qualidade ou desempenho.

É importante lembrar que o projeto tem um papel fundamental para o resultado final do edifício e, como já foi citado, as soluções adotadas na fase de concepção do produto terão repercussões em todo o processo de construção e na qualidade e bom desempenho final do produto que será entregue. Portanto, as grandiosas soluções arquitetônicas devem ser aquelas que, além de serem esteticamente harmoniosas, são também viáveis tanto tecnicamente, quanto com relação aos prazos e custos resultantes.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, apresenta-se, inicialmente, uma análise dos objetivos propostos e dos resultados obtidos. Em seguida faz-se uma análise crítica do trabalho, finalizando com a apresentação de algumas sugestões para o desenvolvimento de futuros trabalhos, entendidos como necessários à complementação e continuação do tema aqui desenvolvido.

6.1. ANÁLISE FINAL

Avaliando o conteúdo apresentado, tanto nos aspectos conceituais, quanto na parte que se refere ao estudo comparativo, é possível concluir que o presente trabalho cumpriu os objetivos inicialmente propostos.

O principal objetivo estabelecido para este trabalho foi demonstrar a importância da coordenação modular de projetos e a forma que sua aplicação pode contribuir para a racionalização da construção civil, tendo como foco os edifícios de múltiplos pavimentos, projetados com estrutura reticulada em concreto armado e vedação em alvenaria. Para complementar este objetivo principal, foram estabelecidos mais dois, onde propôs-se demonstrar que é possível aplicar a coordenação modular nos projetos voltados para o mercado imobiliário brasileiro, sem que os mesmos percam as suas características iniciais. Por fim, é feito um estudo comparativo entre o método tradicional de desenvolver projetos e o método utilizando os princípios da coordenação modular, analisando os ganhos que podem ser obtidos.

Dante do exposto, e analisando o escopo deste trabalho, pode-se concluir que as metas propostas foram cumpridas.

No que se refere à utilização da Coordenação Modular e sua importância, descreveu-se detalhadamente os conceitos, princípios e diretrizes para a sua aplicação, enfatizando sempre a sua importância e as formas como pode ser utilizada para ser uma ferramenta para contribuir com a racionalização da construção civil.

Sobre a aplicabilidade dos princípios e diretrizes apresentados, foi simulada a aplicação da coordenação modular em três projetos, de diferentes tipologias, avaliando os resultados obtidos e demonstrando que os projetos mantiveram as suas características iniciais quanto produto arquitetônico, tornando-se, no entanto, mais econômicos e racionais quanto construção.

Durante a execução deste trabalho e após a conclusão do estudo comparativo, diversos aspectos chamaram a atenção da autora e algumas conclusões puderam ser feitas, as quais serão apresentadas a seguir.

A primeira análise é com relação ao que existe publicado sobre a coordenação modular. Existe uma série de normas sobre o assunto e com base nestas normas foram criados os princípios e diretrizes para a aplicação da coordenação modular na construção.

Com relação às Normas, apesar de extensas e de tratarem de diversos componentes da construção e de serem importantes documentos de orientação, as mesmas parecem superficiais, tratando de forma genérica os assuntos, sem o aprofundamento que a complexidade do tema demanda.

Percebe-se, ainda, que, no Brasil, os conceitos ligados à coordenação modular são pouco explorados e, quando são, acontecem de forma isolada, relacionados a poucas partes do projeto, e não ao empreendimento como um todo. Como já foi colocado no trabalho, a coordenação modular é vista como uma metodologia sistemática, uma ferramenta para a racionalização e industrialização da construção, mas que ainda não está enraizada entre projetistas, fabricantes e construtores e, portanto, ainda não faz parte da cultura da construção civil brasileira.

Diante do que foi colocado acima, é inevitável questionar porque a prática da coordenação modular ainda não vingou no Brasil, como aconteceu em outros países. Existem muitas justificativas e razões para isso, que já foram citadas ao longo do trabalho, como, por exemplo, o baixo grau de industrialização e racionalização, a dificuldade de integração entre projetistas, fornecedores e construtores, a visão errada de que projetos personalizados devem ser feitos com componentes personalizados etc.

Mas, no entender desta autora, e como principal conclusão deste trabalho, a dificuldade maior tem sido a “barreira cultural” traduzida nas soluções arquitetônicas apresentadas pelos arquitetos, uns dos maiores responsáveis pela concepção do produto.

Atualmente, as soluções estéticas, de uma maneira geral, têm sido preponderantes em relação às soluções construtivas que priorizam a racionalização. Se os arquitetos passarem a elaborar suas propostas já pensando em integrar, em compatibilizar as soluções técnicas com soluções estéticas, certamente a continuidade do processo e a adoção da prática da coordenação modular, será facilitada, visto que, é na formatação do produto (edifício) que as ações voltadas à racionalização devem ser inseridas. Dificilmente as ações de racionalização serão consolidadas ao sistema construtivo se já não estiverem inseridas nos projetos que irão originar o edifício, em especial no projeto arquitetônico, ponto de partida para a viabilização de um novo produto.

Todo projeto é iniciado a partir das necessidades de um determinado cliente. É nesta fase que se define o programa do novo edifício, e é nela que as decisões devem ser tomadas. Esta fase é decisiva para o sucesso do projeto modular e, segundo Barros (2003), “o projeto deve ser a porta de entrada para novas tecnologias, deve ter o papel de indutor da modernização do setor”.

Entendida esta necessidade, a autora conclui ainda que a coordenação modular é uma evolução necessária à construção civil, que irá auxiliar na busca de um maior potencial de racionalização dos produtos oferecidos hoje e que a sua implantação deve fazer parte de um processo evolutivo, que passa necessariamente pelas seguintes etapas:

- Conscientização e divulgação dos conceitos, princípios e diretrizes da coordenação modular entre estudantes e profissionais de arquitetura, incorporadores, construtores e fabricantes;
- racionalização dos processos construtivos tradicionais para facilitar a adoção das práticas da coordenação modular;

- mudança organizacional nas empresas de projeto, de incorporação e construção de modo a melhorar o fluxo de atividades ligadas ao desenvolvimento dos projetos;
- mudanças organizacionais no canteiro;
- implantação dos princípios da coordenação modular nos projetos, utilizando inicialmente os componentes tradicionais da construção;
- parceria entre fornecedores, projetistas e construtores para a produção de componentes coordenados dimensionalmente e normalizados;
- implantação da coordenação modular nos projetos, utilizando os componentes coordenados dimensionalmente;
- implantação da coordenação modular em obras; e
- análise dos resultados e retroalimentação do processo.

Para finalizar, é importante deixar claro que a opção de fazer o estudo comparativo demonstrando que é possível utilizar a coordenação modular no que já existe no mercado, foi devido ao fato de, no ambiente profissional em que a autora está inserida, existirem questionamentos sobre a aplicabilidade desta ferramenta nos produtos desenvolvidos hoje e sobre as alterações que podem ocorrer no produto.

Desta forma, buscou-se demonstrar que é viável utilizar a coordenação modular, que não existem barreiras com relação a aplicação em projeto e que as alterações com relação ao produto são muito pequenas.

No entanto, o ideal é que os projetos já sejam iniciados com a aplicação da coordenação modular, ou seja, que desde o primeiro estudo, o projeto já seja concebido sobre a malha modular (quadrícula).

A autora entende que este é o primeiro e um importante passo para a real aplicação das ferramentas da modulação e que, iniciar um projeto utilizando a malha modular só traz benefícios para o trabalho dos arquitetos, demais projetistas e construtores, e certamente não trará limitações ao produto arquitetônico esperado.

6.2. ANÁLISE CRÍTICA DO TRABALHO

Apesar de se ter cumprido os objetivos propostos, algumas considerações devem ser feitas. O pequeno número de projetos utilizados na primeira etapa do estudo comparativo é um dos aspectos a serem considerados. Isto é resultado do curto espaço de tempo proposto para o desenvolvimento da monografia. Desta forma, a autora optou por fazer uma abordagem considerando um número reduzido de projetos, mas entendido como razoável para o tipo de resultado que se buscava.

Outro aspecto a considerar, também resultado do curto prazo, é a utilização de apenas dois componentes da construção (alvenaria e caixilhos) para o demonstrativo de modulação e padronização de componentes.

Por fim, é necessário considerar que o trabalho, apesar de sempre citar a coordenação modular como ferramenta para a racionalização das obras, enfatiza a apresentação de soluções para otimizar o desenvolvimento dos projetos, não detalhando, nem demonstrando os ganhos que podem ser obtidos nas construções. Fazer um comparativo entre tipos de construções (por exemplo, modulares e tradicionais), analisando os ganhos técnicos e financeiros, embora seja um trabalho necessário, demandaria um prazo maior, sendo, portanto, no entender da autora, um tema a ser desenvolvido por trabalhos que possam dar continuidade a este.

6.3. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Por ser a coordenação modular um tema bastante interessante e de extrema importância para a construção civil, considera-se que muitos outros trabalhos poderão ser desenvolvidos como forma de divulgar e evoluir neste tema.

Desta forma, propõe-se, a seguir, alguns temas, entendidos pela autora, como de grande importância para a continuidade do assunto:

1. A aplicação da coordenação modular no canteiro

Neste trabalho, foram apresentados e analisados os princípios e diretrizes da coordenação modular em projetos. Propõe-se, como continuidade, a criação,

implantação e análise da aplicação dos princípios da coordenação modular voltados à produção.

2. A aplicação dos princípios da coordenação modular nos projetos de estrutura

A estrutura é sempre vista como um dos “caminhos críticos” da obra e o seu resultado, tanto do projeto, como da estrutura executada, é de extrema importância para os resultados do empreendimento. Como o objetivo principal da presente monografia era abordar os ganhos obtidos nos projetos, tendo como foco o projeto arquitetônico, o projeto estrutural e a estrutura não foram tratados de forma detalhada. Portanto, sugere-se, como continuidade, o detalhamento deste item, analisando os ganhos obtidos nos projetos e na execução das estruturas quando aplicados os princípios da coordenação modular.

3. Análise dos resultados financeiros da coordenação modular

Simulação entre projeto tradicional e modular, de modo a comparar custos de produção, aferindo a economia gerada pela coordenação modular.

4. Coordenação modular das “Áreas Molhadas”

Como banheiros, cozinhas, áreas de serviço, são áreas de soluções complexas tecnicamente, porém com pequenas variações entre projetos, propõe-se adotar soluções padronizadas, sem, no entanto, limitar as variações arquitetônicas, contribuindo para melhorar o desenvolvimento de projetos e a construtibilidade e reduzir custos.

5. Proposta de integração entre projetistas, fabricantes e construtores voltada à coordenação modular.

Diante da necessidade de envolver os principais agentes para o desenvolvimento e materialização do produto, a integração destes agentes poderá ser proposta a partir da troca de informações e divulgação dos benefícios gerais para todos os envolvidos.

ANEXO A

NBR 5706 – Coordenação Modular da Construção

NORMA BRASILEIRA – NBR 5706

COORDENAÇÃO MODULAR DA CONSTRUÇÃO

Bases, definições e condições gerais

1. OBJETIVO

- 1.1. Esta Norma tem como objetivo estabelecer as bases, nomenclatura e definições para um sistema que coordene as medidas dos componentes da construção, desde o projeto até a execução.

2. DEFINIÇÕES

- 2.1. COORDENAÇÃO MODULAR – É uma técnica que permite relacionar as medidas de projeto com as medidas modulares por meio de um reticulado espacial modular de referência.
- 2.2. SISTEMA DE REFERÊNCIA – É formado por pontos, linhas e planos aos quais devem relacionar-se as medidas e posições dos componentes da construção.
- 2.3. RETICULADO MODULAR ESPACIAL DE REFERÊNCIA – É constituído pelas linhas de interseção de um sistema de planos separados entre si por uma distância igual ao módulo e paralelos a três planos ortogonais dois a dois.
- 2.4. QUADRÍCULA MODULAR DE REFERÊNCIA – É a projeção ortogonal do reticulado espacial de referência sobre um plano paralelo a um dos três planos ortogonais.
- 2.5. MÓDULO – Para fins desta norma, é a distância entre dois planos consecutivos do sistema que origina o reticulado espacial modular de referência. Esta distância é um decímetro.
- 2.6. MATERIAL DE CONSTRUÇÃO – É todo produto, natural ou elaborado, que se emprega na construção.
 - 2.6.1. MATERIAL SIMPLES – Para os fins desta norma, é todo aquele material que não tem forma geométrica definida.

- 2.6.2. ELEMENTO SEMI-TERMINADO – É o material de construção, de seção definida e comprimento variável, produzido geralmente em forma contínua.
- 2.6.3. ELEMENTO SIMPLES – É o material de construção de forma e tamanho determinado.
- 2.6.4. ELEMENTO COMPOSTO – É o produto que, constituído por elementos simples ou destes combinados com materiais simples, tem forma, tamanho e características funcionais definidas.
- 2.6.5. CONJUNTO FUNCIONAL – É o que, constituído por um grupo de elementos semi-terminados simples, compostos ou suas combinações, tem uma função específica na construção.
- 2.7. COMPONENTES DA CONSTRUÇÃO – Para efeitos desta norma, componentes são todas e cada uma das partes da construção, 1º) materiais simples; 2º) elementos terminados; 3º) elementos simples; 4º) elementos compostos e 5º) conjuntos funcionais.
- 2.8. MEDIDA MODULAR – É a medida igual a um módulo ou a um múltiplo inteiro do módulo.
- 2.9. MEDIDA DE PROJETO – É a que se determina no projeto para qualquer componente da construção.
- 2.10. MEDIDA REAL – É a que se obtém ao medir qualquer componente de construção.
- 2.11. TOLERÂNCIA DE FABRICAÇÃO – É a diferença máxima admissível entre a medida de projeto e a medida real.
- 2.12. JUNTA DE PROJETO – É a distância prevista no projeto entre os extremos adjacentes de dois componentes da construção.
- 2.13. JUNTA REAL – É a distância real entre os extremos adjacentes de dois componentes da construção.
- 2.14. AJUSTE MODULAR – É uma medida que relaciona a medida de projeto com a medida modular.

- 2.15. DETALHE – É um desenho indicativo, parcial ou total, das medidas e formas de componentes da construção e pode conter ou não indicações relativas à sua união.
- 2.16. DETALHE MODULAR – É um detalhe referido ao reticulado espacial modular de referência, projetado de acordo com ele e com as características técnicas de cada componente da construção.

3. BASES

3.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

3.1.1. MEDIDA MODULAR – A medida modular será expressa pela fórmula: $mM = n.M$, em que:

mM é a medida modular

n é um número positivo inteiro qualquer

M é o módulo

3.1.2. AJUSTE MODULAR – A união estabelecida pelo ajuste modular, será expressa pela fórmula:

Ajuste Modular = $mM -$ medida de projeto

O ajuste modular será determinado pelo tipo de união, pela natureza e superfície dos materiais a unir, pelas características intrínsecas do elemento que se une na união e pela necessidade de se obter o ajuste das medidas dos componentes da construção com o reticulado espacial modular de referência. Pode ser:

AJUSTE MODULAR POSITIVO – Quando o espaço modular é ocupado totalmente; por exemplo, os marcos de portas e janelas.

AJUSTE MODULAR NEGATIVO – Quando o espaço modular é excedido; por exemplo, painéis com encaixe por superposição.

AJUSTE MODULAR NULO – Quando há coincidência com o espaço modular, por exemplo: placas de revestimento com ajuste topo a topo.

4. CONSIDERAÇÕES GERAIS

4.1. INDICAÇÕES COMPLEMENTARES

4.1.1. O reticulado modular de referência deve ser empregado em cada uma das três etapas da construção: no projeto, no projeto e fabricação de seus componentes e como guia para colocação no local da construção.

4.1.2. COMPONENTES

4.1.2.1. Os componentes da construção que sejam modulares deverão distinguir-se com uma marca ou sinal que os identifique como tais a cumprir as restantes recomendações correspondentes aprovadas pela ABNT.

4.1.2.2. Se bem que seja possível o emprego de componentes da construção não modulares em sistemas coordenados modularmente, é conveniente que se procure fazê-lo com todos os componentes modulares.

4.1.3. MEDIDA MODULAR

4.1.3.1. Para efeitos da coordenação modular, quando se empregam elementos simples não modulares, será conveniente utilizá-los em grupos tais que tenham medidas modulares.

4.1.3.2. Em casos especiais fixados pelos respectivos detalhes modulares, a medida modular poderá ser substituída por uma medida que seja fração simples de um módulo ou de um pequeno número de módulos.

4.1.3.3. Para as partes das construções ortogonais se permitirá o uso de quadrículas superpostas que deverão referir-se à quadrícula modular.

BIBLIOGRAFIA

BARROS, M. M. S. B. de. **Metodologia para implantação de tecnologia construtiva racionalizada na produção de edifícios.** 422p Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

BARROS, M. M. S. B. de. **O Processo de produção das alvenarias rationalizadas.** In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1998. São Paulo. **Anais.** São Paulo: PCC/EPUSP, 1998. p. 21-48.

BARROS, M. M. S. B. de; SABBATINI, F.H. **Diretrizes para o processo de projeto para a implantação de tecnologias construtivas rationalizadas na produção de edifícios.** São Paulo: EPUSP, 2003. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Civil da Escola Politécnica, BT/PCC/172.

BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO. **Coordenação modular da construção.** Rio de Janeiro, BNH/IDEG, 1976.

CAMPOS, P. E. F. de. **Novos paradigmas do ciclo aberto:** componentes com valor agregado. Disponível em <<http://www.comunidadedaconstrucao.com.br>> Acesso em: 19 ago2005.

EICKHOFF, M. **A Coordenação modular como instrumento para atingir a qualidade total em projetos de arquitetura.** 159 p. 1997. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

FÓRUM NACIONAL DE REFORMA URBANA. **Resoluções do Encontro Nacional do FNRU.** Julho de 2003. Disponível em: <<http://www.forumreformaurbana.org.br>> Acesso em: 19 ago 2005

HIRSCHFELD, H. **Código de obras e edificações.** São Paulo: Editora Atlas, 1993.

LUCINI, H. C. **Cyrela: Coordenação modular de projetos.** conceitos básicos de coordenação modular aplicada e processo de lançamento de projeto. São Paulo, 2002 (não publicada).

LUCINI, H. C. **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias.** São Paulo: Pini, 2001.

MELHADO, S.B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção.** 1994. 294p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994.

PENTEADO, A. F. **Coordenação modular.** 1980. 301p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1980.

RIBEIRO, M. S.; MICHALKA JR. C. **A Coordenação dos Processos Industriais de Construção para adoção de novas tecnologias na construção civil no Brasil.** Vértices, Rio de Janeiro, v.5, n. 3, set/ dez 2003.

ROCKENBACH, N. P. **Coordenação Modular de Edificações em Alvenaria Estrutural.** 1993. Texto referente ao exame de qualificação para Dissertação (Mestrado) . Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. (Não Publicado).

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – formulação e aplicação de uma metodologia.** 1989. 336p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SABBATINI, F. H. **A Industrialização e o Processo de Produção de Vedações: Utopia ou Elemento de Competitividade Empresarial?** In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS – VEDAÇÕES VERTICais, 1998, São Paulo. São Paulo: PCC/ EPUSP, 1998.

SABBATINI, F. H. **Panorama atual das vedações verticais comercializadas no mercado de São Paulo: como escolher a mais adequada para o seu empreendimento.** In: SEMINÁRIO SECOVI , 2000, São Paulo. São Paulo: SECOVI, 2000.

SANTIN, E. **As várias faces da integração.** Disponível em: <<http://www.comunidadedaconstrucao.com.br>> Acesso em: 19 ago 2005.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Agenda Positiva da Construção.** Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/publicacoes/revista-noticia-construcao/edicao-18>> Acesso em: 23 ago 2005.

SILVA, M. M. de A. **Diretrizes para o projeto de alvenaria de vedações.** 2004. 167p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ROSSO, T. **Teoria e prática da coordenação modular.** São Paulo: Faculdade de Arquitetura da Universidade de São Paulo, FAU, 1976.