

AGNES CRISTINA WINTER PEREIRA

**DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS ABERTOS NA
HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL ATRAVÉS DA MODULAÇÃO**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, pelo curso de Pós-Graduação em Construção Civil, do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Aguinaldo dos Santos

Curitiba

2005

TERMO DE APROVAÇÃO

AGNES CRISTINA WINTER PEREIRA

DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS ABERTOS NA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL ATRAVÉS DA MODULAÇÃO

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre EM Construção Civil, no Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Aguinaldo dos Santos (Doutorado: University of Salford, Inglaterra)
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil – UFPR

Prof^a. Dr^a. Virgínia Souza de Carvalho Borges Kistmann
(Doutorado: Universidade Federal de Santa Catarina)
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – UFPR

Prof. Dr. Sérgio Scheer (Doutorado: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro- PUC-RJ)
Programa de Pós Graduação em Construção Civil -UFPR

Curitiba, 29 de junho de 2005

AGRADECIMENTOS

Ao Telmo, pelo apoio constante durante o percurso.

Aos meus queridos filhos, Luísa, Leonardo e Tomás, por entenderem a falta de atenção em tantos momentos.

A minha mãe, pelo incentivo e amor incondicional.

Ao meu pai, que, tenho certeza, torce por mim.

Ao orientador, Prof. Dr. Aguinaldo dos Santos, pela orientação que tornou possível a conclusão deste trabalho.

A querida mestra e amiga Prof^ª. Leda Gobetti, pelo carinho.

Ao Eng. Luis Antoniutti, pela confiança depositada.

Ao Prof. Ney Nascimento, por tratar a todos com a mesma consideração e respeito.

A Ziza, Maristela e Cris, pela disponibilidade e presteza.

A COHAPAR e a Prefeitura Municipal de Fazenda Rio Grande, nas pessoas dos Eng. Telésforo e Isuru, por disponibilizar os dados necessários à concretização do trabalho.

Aos amigos de perto e de longe, por terem me escutado falar sobre a dissertação e por terem me incentivado.

Aos colegas de mestrado, em especial ao Gaia e José Valter.

A minha família e a todos que amo, por existirem.

A Deus, por ter posto no meu caminho as pessoas citadas e tantas outras mais.

A vida são deveres que nós trouxemos
para fazer em casa.

Quando se vê já são seis horas!

Quando se vê, já é sexta-feira...

Quando se vê, já terminou o ano...

Quando se vê, passaram-se 50 anos!

Agora, é tarde demais para ser
reprovado... se me fosse dado, um dia,
outra oportunidade, eu nem olhava o
relógio.

Seguiria em frente e iria jogando, pelo
caminho, a casca inútil das horas...

Mário Quintana

RESUMO

Esta dissertação trata da importância do uso da modulação, dentro de uma prática modular para a habitação de interesse social, integrando as visões da construção e da manufatura. O objetivo geral é contribuir para a melhoria da habitação de interesse social com diretrizes para a obtenção de sistemas modulares abertos. O aspecto que diferencia o trabalho de pesquisas anteriores é a análise da modulação sob as óticas tradicional da construção e a da manufatura. A primeira abordagem tem foco predominantemente geométrico, enquanto a segunda tem seu foco voltado às questões de manufaturabilidade, particularmente na interface entre os sistemas. Para atender aos objetivos enunciados, o estudo inicia com uma visão histórica dos sistemas construtivos e segue expondo o conceito de construtibilidade, com ênfase nos princípios da coordenação modular. Na seqüência, é apresentado o paradigma da modularização na visão da manufatura. Através do estudo de caso em dois conjuntos habitacionais, foi feita a análise de componentes utilizados na construção destas habitações, na visão das duas abordagens. Conclui-se que o presente paradigma de modulação utilizado na construção civil é limitado em escopo, e pode ter seu impacto ampliado na redução de perdas quando integrado com o paradigma da manufatura, orientando para soluções que resultem em maior intercambiabilidade e manufaturabilidade.

Palavras-chave: habitação de interesse social, modulação, componentes, coordenação modular.

ABSTRACT

This work deals with the importance of the modulation use, with focus in the practical aspects for housing projects for low income people, integrating the construction and manufacture perspectives. Its general goal is to contribute for improving these housing projects with modulation guidelines implemented for open building systems. The difference between this work and previous research is the integration of the traditional vision of construction and manufacture. The first approach has preferentially geometric focus and the second one has focus in manufacturability aspects, particularly in the interface between the systems. In order to reach the above goals, this study starts with the historic vision of the construction systems and follows explaining the constructability concepts, with emphasis on the modulate coordination principles. After that, it present the modularization paradigm from a manufacturing point of view. The study is carried out on typical low income housing projects. It is possible to conclude that the present modulation paradigm used in the civil construction has a limited scope. It can have its impact amplified in order to reduce the waste and increase added value, when it is integrated with the manufacturing paradigm and oriented to solutions that generate more interchangeability and manufacturability.

Key words: low income housing, modulation, component, modulate coordination.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – TIPOS DE SISTEMAS	27
FIGURA 2.2 -MATERIAIS (A), COMPONENTES (B) E SUBSISTEMAS (C).....	33
FIGURA 2.3 - EXEMPLO DE MONTAGEM FÁCIL	37
FIGURA 2.4 - PADRONIZAÇÃO.....	38
FIGURA 2.5 –MÓDULOS (NXM).....	44
FIGURA 2.6 -RETICULADO ESPACIAL MODULAR DE REFERÊNCIA	45
FIGURA 2.7- EXEMPLO DE LOCAÇÃO SIMÉTRICA DO COMPONENTE	45
FIGURA 2.8 -ZONA NEUTRA, ARTICULADA COM O SISTEMA DE REFERÊNCIA	46
FIGURA 2.9 -INSERÇÃO DE PORTA NUM SISTEMA MODULAR	46
FIGURA 2.10 -ESQUADRIA NUM SISTEMA MODULAR	47
FIGURA 2.11 - DETALHE DO ENTREPISO E VEDAÇÃO	47
FIGURA 2.12 -DETALHE DA DISPOSIÇÃO DE TIJOLO	48
FIGURA 2.13 -EXEMPLO DE MEDIDAS MODULARES PARA ESQUADRIAS	48
FIGURA 2.14 - EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE MÓDULO	50
FIGURA 2.15 - <i>MOTHERBOARD</i> E SEUS COMPONENTES.....	51
FIGURA 2.16 - INTERAÇÕES ENTRE MÓDULOS E COMPONENTES.....	52
FIGURA 2.17 - PRINCIPAIS ELEMENTOS PARA A FORMAÇÃO DE PLATAFORMAS	53
FIGURA 2.18 - PLATAFORMAS PARA A FORMAÇÃO DE FAMÍLIAS DE PRODUTOS	54
FIGURA 2.19 - MODULARIDADE POR <i>SLOT</i>	55
FIGURA 2.20 - MODULARIDADE POR BUS.....	56
FIGURA 2.21 - MODULARIDADE SECCIONAL	56
FIGURA 2.22 - VISÕES DA MODULARIZAÇÃO	57
FIGURA 2.23 -CUSTO INICIAL X CUSTO OPERACIONAL	58
FIGURA 2.24 - ETAPAS DO MÉTODO MFD.....	62
FIGURA 3.1 -CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS DE PESQUISA	68
FIGURA 4.1 -PLANTA BAIXA MOBILIADA CF-40F	86
FIGURA 4.2 -CONJUNTO MORADIA FELIZ –PATO BRANCO-PR	89
FIGURA 4.3 -CASA EM CONSTRUÇÃO COM HABITAÇÃO PROVISÓRIA.....	90
FIGURA 4.4 -FORMAS METÁLICAS	90
FIGURA 4.5 - CONJUNTO JARDIM ANGICO- FAZENDA RIO GRANDE –PR.....	92
FIGURA 4.6 -UNIDADE EM CONSTRUÇÃO.....	93
FIGURA 4.7 -VISTA GERAL DA VILA PANTANAL	94
FIGURA 4.8 -DIVISÃO DAS QUADRAS DO JARDIM ANGICO.....	95
FIGURA 4.9 -TIPOLOGIAS DAS UNIDADES HABITACIONAIS.....	97
FIGURA 4.10 -PLANTA BAIXA TIPO CF40-A E CF40-A1	98
FIGURA 4.11 -ELEVAÇÃO E COBERTURA DA CF-40 A1.....	99
FIGURA 4.12 -ELEVAÇÃO E COBERTURA DA CF40-A.....	99
FIGURA 4.13 – <i>GRID</i> MODULAR.....	100
FIGURA 4.14 –LOCAÇÃO NA POSIÇÃO LATERAL	101
FIGURA 4.15 –ZONA NEUTRA.....	101
FIGURA 4.16 –COMPATIBILIZAÇÃO ALTIMÉTRICA.....	102
FIGURA 4.17 –COMPATIBILIZAÇÃO PLANIMÉTRICA	102
FIGURA 4.18 - VISUALIZAÇÃO DAS VIGAS BALDRAME	104
FIGURA 4.19 - VERGA JUNTO À CINTA	105
FIGURA 4.20 - ARGAMASSA ENTRE VERGA E CINTA.....	105
FIGURA 4.21 - CONCRETAGEM DAS VERGAS NO CANTEIRO.....	106
FIGURA 4.22 -PASSAGEM PARA TUBULAÇÃO ELÉTRICA OBSTRUÍDA PELA VERGA	106

FIGURA 4.23 -VERGA COM SOBRA LATERAL	107
FIGURA 4.24 - PREENCHIMENTO BLOCOS APÓS COLOCAÇÃO ESQUADRIA	107
FIGURA 4.25 - REVESTIMENTO JUNTO À ESQUADRIA.....	108
FIGURA 4.26 - FOLGA DEMASIADA ENTRE ESQUADRIA E ALVENARIA.....	108
FIGURA 4.27 - FALTA DE PROTEÇÃO NA ESQUADRIA	109
FIGURA 4.28 - FORNECIMENTO DA MADEIRA PARA CONFECÇÃO TESOURAS.....	110
FIGURA 4.29 - FORNECIMENTO DA MADEIRA A GRANEL.....	110
FIGURA 4.30 - CAIBROS COM COMPRIMENTO EXCESSIVO.....	111
FIGURA 4.31 - COBERTURA DESALINHADA.....	111
FIGURA 4.32 - TESOURA PRÓXIMA À ALVENARIA	112
FIGURA 4.33 - DIVERSOS CORTES REALIZADOS NO PISO	112
FIGURA 4.34 - FILETE DO PISO AO LADO DA PAREDE.....	113
FIGURA 4.35 - INTERFACE PISO COM RALOS E TUBOS SANITÁRIOS.....	113
FIGURA 4.36 – CORTE NO BALDRAME E CINTA SUPERIOR.....	114
FIGURA 4.37 - FOSSA SÉPTICA.....	114
FIGURA 4.38 - COMPARAÇÃO DO CONJUNTO QUANTO A DIFICULDADE DE EXECUÇÃO EM RELAÇÃO A OBRAS SIMILARES	116

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1 - ETAPAS DA METODOLOGIA MFD.....	61
QUADRO 3.1 -SITUAÇÕES PARA DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE PESQUISA.....	69
QUADRO 3.2 -CARACTERÍSTICAS DOS MÉTODOS DE PESQUISA.....	71
QUADRO 3.3 - CRITÉRIOS DE SELEÇÃO ADOTADOS NO ESTUDO DE CASO	75
QUADRO 4.1 -NÚMERO DE UNIDADES DE CADA TIPOLOGIA CONSTRUTIVA.....	96
QUADRO 4.2 -TIPOS DE CF40/PSH COHAPAR-PR.....	97
QUADRO 4.3 – CHECK-LIST	120

SUMÁRIO

RESUMO.....	V
ABSTRACT.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE QUADROS.....	IX
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 JUSTIFICATIVA.....	1
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	5
1.3 OBJETIVO.....	5
1.4 HIPÓTESE.....	5
1.5 RESUMO DO MÉTODO DE PESQUISA.....	6
1.6 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO.....	6
1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	7
2 MODULAÇÃO.....	9
2.1 CONTEXTO DO CAPÍTULO.....	9
2.2 HISTÓRICO RECENTE DOS SISTEMAS DE CONSTRUÇÃO NO BRASIL.....	9
2.2.1 Aspectos Tecnológicos.....	9
2.2.2 Aspectos Econômicos.....	13
2.2.3 Aspectos Sociais e de Recursos Humanos.....	14
2.3 AVALIAÇÃO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS SOB A ÓTICA DO DESEMPENHO.....	16
2.4 ALTERNATIVAS DE CONFIGURAÇÃO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS.....	18
2.4.1 Definições.....	18
2.4.2 Configuração Segundo a Tipologia de Processos Construtivos.....	19
2.4.2.1 Visão Geral.....	19
2.4.2.2 Processo Tradicional.....	19
2.4.2.3 Processo Racionalizado.....	20
2.4.2.4 Processo Industrializado.....	21
2.4.3 Configuração Segundo a Integração de Componentes.....	23
2.4.3.1 Visão Geral.....	23
2.4.3.2 Sistema Aberto.....	23
2.4.3.3 Sistema Fechado.....	26
2.4.4 Configuração Segundo o Nível de Participação do Usuário.....	28
2.4.4.1 Com participação do usuário.....	28
2.4.4.2 Ausência de Participação.....	30

2.5	RACIONALIZAÇÃO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS	31
2.5.1	Visão Geral	31
2.5.2	O Princípio da Construtibilidade	32
2.5.3	Abordagens Heurísticas de Implementação da Construtibilidade.....	35
2.6	MODULAÇÃO SEGUNDO A VISÃO DA CONSTRUÇÃO	39
2.6.1	Definição	39
2.6.2	Terminologia	40
2.6.3	Impactos da modulação na visão tradicional para a racionalização produtiva	42
2.6.4	Operacionalização da Modulação Geométrica.....	43
2.7	MODULAÇÃO SEGUNDO A VISÃO DA MANUFATURA	49
2.7.1	Definição	49
2.7.2	Terminologia	50
2.7.3	Impactos da modulação na visão da manufatura para a racionalização produtiva.....	57
2.7.4	Operacionalização da Modulação Segundo a Manufatura.....	59
2.8	DISCUSSÃO	62
3	METODO DE PESQUISA	66
3.1	CONTEXTO DO CAPÍTULO.....	66
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA	66
3.3	SELEÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA ADOTADO.....	69
3.4	ESTRATÉGIAS DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	72
3.4.1	Visão Geral	72
3.4.2	Revisão bibliográfica.....	74
3.4.3	Escolha do Estudo de Caso.....	74
3.4.4	Preparação do Protocolo da coleta de dados.....	76
3.4.5	Coleta de dados	77
3.4.5.1	Coleta de documentos	77
3.4.5.2	Medições físicas (geométricas).....	77
3.4.5.3	Observações diretas	77
3.4.5.4	Questionários	78
3.4.5.5	Registro fotográfico	78
3.4.6	Análise da Modulação segundo a Visão Tradicional da Construção	79
3.4.7	Análise da Modulação segundo a visão da Manufatura	80
3.4.8	Análise Geral.....	81
3.4.9	Validação Interna e externa	82
4	RESULTADOS E ANÁLISES DO ESTUDO DE CASO.....	84
4.1	CONTEXTO DO CAPÍTULO.....	84
4.2	CONTEXTO DO ESTUDO DE CASO	84
4.3	PROGRAMA HABITACIONAL CASA DA FAMÍLIA	85
4.3.1	Casa da Família/PSH	85
4.3.2	Casa da Família /FGTS	87

4.3.3	Casa da Família /PAR	87
4.4	CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO SELECIONADO	88
4.5	INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR NO PROJETO CF/PSH	88
4.5.1	Investigação Preliminar do Conjunto Moradia Feliz	89
4.5.2	Investigação Preliminar do Jardim Angico.....	91
4.6	APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO	93
4.6.1	Aspectos Gerais.....	93
4.6.2	Caracterização das habitações.....	96
4.7	VERIFICAÇÕES EM RELAÇÃO À MODULAÇÃO.....	100
4.7.1	Análise Segundo a Visão Tradicional da Construção.....	100
4.8	Problemas Gerais de Modulação Identificados no Processo de Construção	103
4.8.1	Aspectos Gerais.....	103
4.8.2	Fundações e Vigas de Baldrame.....	103
4.8.3	Alvenaria	104
4.8.4	Vergas.....	106
4.8.5	Esquadrias	107
4.8.6	Cobertura	109
4.8.7	Pisos	112
4.8.8	Instalações:.....	114
4.9	RESULTADOS DAS ENTREVISTAS.....	115
4.9.1	Entrevista com operários	115
4.9.2	Depoimento espontâneo dos operários.....	116
4.10	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	117
5	CONCLUSÃO	123
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	123
5.2	CONSIDERAÇÕES SOBRE O MÉTODO DE PESQUISA	124
5.3	SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.....	125
5.4	CONCLUSÃO FINAL.....	126

1 INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

A presente dissertação trata da aplicação da “modulação” como instrumento de racionalização do projeto e da produção de habitações de interesse social. São utilizados conceitos voltados para a perspectiva tradicional, com ênfase na geometria dos componentes e subsistemas, e também a perspectiva da manufatura, com ênfase nos aspectos de design dos componentes.

Segundo Cabrita (1990), habitação pode ser definida como uma dimensão filosófica, fisiológica, sociológica e psicológica, reportada diretamente à satisfação de um conjunto de desejos e necessidades determinantes do bem-estar do ser humano. Habitação popular ou de interesse social, para Abiko (1995), é um termo que genericamente define uma solução de moradia voltada para a população de baixa renda.

A preocupação com a habitação de interesse social justifica-se principalmente devido ao grande déficit habitacional do Brasil. Segundo dados da Fundação João Pinheiro (FJP), da Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República (SEDU-PR) e do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), o déficit habitacional no País em 2000 era de aproximadamente sete milhões de unidades habitacionais (IBGE, 2000). A concentração ocorre principalmente nas Regiões Metropolitanas, onde 78% do déficit está ligado às famílias de baixa renda. Uma pesquisa realizada em 2000 pela FJP, mostra que no Brasil 95% do déficit habitacional concentra-se entre famílias com renda de até três salários mínimos mensais.

Segundo o IPARDES (2003) entre 1991 e 2000 o déficit habitacional no Paraná aumentou em torno de 30%, chegando a aproximadamente 257.000 domicílios. Na Região Metropolitana de Curitiba o déficit estimado de domicílios é de aproximadamente 80.000 habitações (IBGE, 2000). A participação urbana nesse déficit foi crescente nesse período, passando de 68,8% para 87,7%. A Região Metropolitana

de Curitiba, que respondia por 19,5% do déficit total do Estado em 1991, passou a responder por 28,6% em 2000.

De maneira geral, dentre as causas do problema habitacional no Brasil, encontra-se a insuficiência de renda da população para enfrentar todos os gastos necessários. Inclui-se nestes gastos o valor da habitação, a falta de um processo sistemático de urbanização e a elevação dos custos do solo urbano. Outra causa importante a ser citada é a ineficácia e ineficiência das políticas públicas voltadas para a habitação de interesse social (ABIKO, 1998).

A falta de opções tem levado à solução de moradia em assentamentos informais, invasões em áreas de valor ou de risco ambiental e ocupações de áreas públicas ou privadas. O resultado são desocupações e despejos forçados, com danos morais e materiais, dentre outros (IPARDES, 2003).

Segundo Sarja e Hannus (1995) a intenção das habitações é que estas atendam as necessidades durante toda a vida útil da construção. Para isso, as casas devem ser funcionais, saudáveis, confortáveis e econômicas, buscando o aproveitamento da tecnologia para construir de forma a contentar as pessoas. A construção deve ser voltada para a adaptação às mudanças, procurando adequar a construção dentro do conceito de economia sustentável. Como economia sustentável entende-se, por exemplos, projetar visando economia de energia, causar baixo impacto no meio-ambiente e prever tratamento de resíduos durante toda a vida útil da construção.

Lucini (2001) defende a racionalização dos processos construtivos, visto que a utilização de tecnologias racionalizadas possibilita a necessária flexibilidade destes, de forma a permitir a redução e a postergação de custos na produção. Assim, os objetivos como redução de custos e ampliação da oferta podem ser mais facilmente alcançados.

Uma das maneiras de otimizar o processo construtivo, aumentando a produção e reduzindo os custos, é com o uso de regras dimensionais para a produção de componentes modulares (CUPERUS, 2001). A coordenação modular é um requisito de projeto na industrialização aberta, sendo passível de ser definida como a elaboração

dos projetos sobre módulos (uma grade de linhas a distâncias iguais). Os módulos orientam a construção desde a edificação até seus componentes construtivos.

No entanto, segundo Cuperus (2001), a qualidade da edificação não depende apenas da quantidade dos componentes montados, mas também da maneira como eles são reunidos. Dois ou mais componentes só cabem na edificação se suas conexões forem bem coordenadas. Caso contrário, é muito difícil encaixá-los e manter o mesmo nível de qualidade da edificação. Os processos construtivos industrializados produziram até agora uma grande variedade de componentes que permitem conexões para apenas uma ou para poucas variações. A alteração gradual de construção para montagem tem resultado em processos construtivos mais eficientes, reduzindo o tempo de construção e aumentando a qualidade das partes. O processo de manufatura industrializada de partes construtivas tem permitido conseguir uma maior variedade de partes do edifício, traduzidas potencialmente em um único ambiente construído (CUPERUS, 2001).

Todavia, é importante observar que a construção civil tem várias características que dificultam a utilização de conceitos já em uso em outras indústrias. Consta-se que conceitos utilizados nas indústrias de manufatura ou serviços não são facilmente adaptáveis à indústria da construção, em função das peculiaridades desta. Um dos motivos é a grande variabilidade de produtos, o qual impõe limites à padronização dos componentes. O desenvolvimento do sub setor edificações em direção a um quadro de maior qualidade do processo é também dificultado por condicionantes como o longo período de rotação do capital e a instabilidade do mercado (FARAH 1988).

Meseguer (1991) ressalta outras peculiaridades da indústria da construção civil que dificultam a transposição de conceitos e ferramentas da qualidade aplicados em outras indústrias. Estas peculiaridades são apresentadas a seguir:

- A construção é uma indústria de caráter nômade;
- Cria produtos únicos e não produtos seriados;

- Não é possível aplicar a produção em cadeia (produtos passando por operários fixos), mas sim a produção centralizada (operários móveis em torno de um produto fixo);
- É uma indústria muito tradicional, com grande inércia às alterações;
- Utiliza mão-de-obra intensiva e pouco qualificada, sendo que o emprego dessas tem caráter eventual e suas possibilidades de promoção são escassas, o que gera baixa motivação no trabalho;
- A construção, de maneira geral, realiza seus trabalhos sob intempéries;
- O produto é único, ou quase único, na vida do usuário;
- São empregadas especificações complexas, quase sempre contraditórias e muitas vezes confusas;
- As responsabilidades são dispersas e poucos definidas.

Enquanto a indústria manufatureira busca os caminhos da flexibilidade através de novas tecnologias, o trabalho no canteiro de obras não pode ser realizado utilizando-se os métodos industriais empregados nas linhas de produção (BOBROFF, 1989). É bastante provável que o emprego e os investimentos flexibilizados na indústria sejam mais estáveis que os do segmento de edificações. Cabe assim buscar alternativas à construção que permitam a fixação da mão-de-obra, através de uma estratégia de qualificação e polivalência. Uma destas alternativas é buscar maior integração e parcerias com as empresas fornecedoras de insumos e empreiteiras, visando ampliar a racionalidade do processo, mantendo flexível a estrutura produtiva (CARVALHO & SAURIN, 1995). Muitas são as empresas de construção que já iniciaram algum processo de modernização baseadas nestas tendências (BRANDÃO & HEINECK, 1998). Porém, para ser possível a utilização dos conceitos de modulação de acordo com a visão da manufatura na construção civil, são necessárias mudanças na maneira de ver a própria construção (CUPERUS, 2001).

É importante que os novos projetos voltados para a habitação de interesse social contemplem, entre outras questões fundamentais, os materiais especificados em relação ao estudo dimensional, calcados na coordenação modular (SILVA,1995). Sistemas abertos são aqueles desenvolvidos a partir de vários elementos e componentes da construção, combinando-os em diferentes soluções arquitetônicas. Neste contexto, esta pesquisa pretende contribuir com diretrizes para a implementação de sistemas construtivos abertos para habitação de interesse social utilizando o conceito de modulação, analisada sob a ótica tradicional da construção e sob a ótica da manufatura.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Esta dissertação visa responder à seguinte questão de pesquisa: **Como implementar sistemas construtivos abertos para Habitação de Interesse Social (HIS) através da modulação, tanto sob a ótica tradicional da construção quanto na visão da manufatura?**

1.3 OBJETIVO

O objetivo geral desta dissertação consiste em propor diretrizes que auxiliem na modulação dos componentes da construção para habitações de interesse social, tanto na visão geométrica tradicional da engenharia como na visão dos conceitos de modularização provindos do *design*.

1.4 HIPÓTESE

Tem-se como hipótese principal a possibilidade de obter sistemas construtivos abertos utilizando componentes existentes no mercado, com o uso dos conceitos de modulação tradicionais da construção e àqueles provindos da manufatura.

Pretende-se demonstrar que existem, no mercado de construção civil, materiais moduláveis passíveis de uso, e que a busca da modulação desde a concepção do projeto produz melhorias nas habitações de interesse social.

1.5 RESUMO DO MÉTODO DE PESQUISA

Para permitir a análise da modulação utilizando sistemas construtivos abertos em habitações de interesse social, a partir de componentes existentes no mercado, foi adotado o método estudo de caso. Este método foi escolhido pelo problema a ser estudado ser contemporâneo, fazendo parte da realidade presente das empresas construtoras, incorporações, instituições como companhias de habitação e do usuário (YIN, 2005). Segundo Fachin (2003), o método de estudo de caso envolve o estudo de um ou de poucos objetos de forma que permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

O conjunto habitacional foi escolhido para o estudo de caso por ter como futuros usuários população de baixa renda, serem residências térreas, utilizarem sistemas construtivos convencionais de execução, estar em processo de construção e por ser administrado por órgão público ligado a Habitação de Interesse Social.

A coleta de dados ocorreu em uma tipologia do projeto arquitetônico previsto no conjunto habitacional. Na coleta de dados foram utilizados observações diretas, registros fotográficos, medições geométricas e questionários. A consolidação dos dados obtidos determinou critérios de projeto utilizando o conceito da modulação para habitações de interesse social.

1.6 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Apesar da importância de estudos sobre os outros componentes da edificação, esta pesquisa é restrita aos componentes de vedação preconizados no projeto de um conjunto habitacional tendo como interveniente um órgão público. Tal limitação permite somente generalizações analíticas em contraposto a generalizações estatísticas (YIN, 2005).

A delimitação teórica consiste da verificação da presença intencional da modulação, entendida como um dos princípios básicos para a implementação do conceito de construtibilidade. Outros princípios correlatos ou com influência direta na modulação, como flexibilidade, intercambiabilidade, redução e simplificação de componentes, entre outros, não são analisados em profundidade neste trabalho.

1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação foi organizada em cinco capítulos, visando colocar a questão de obter modulação a partir de componentes que caracterizem a formação de sistemas construtivos abertos na habitação de interesse social.

O Capítulo 1 apresenta uma introdução do assunto em estudo, o problema de pesquisa, a justificativa do tema escolhido, o objetivo, a hipótese e as limitações do trabalho. Neste capítulo também foi apresentado um resumo do método de pesquisa empregado, bem como as limitações verificadas para o desenvolvimento desta investigação. No final do capítulo, é apresentada a estrutura do trabalho utilizada.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão teórica sobre o tema “modulação”, revendo as abordagens com foco na geometria de componentes e subsistemas e as abordagens provenientes da manufatura. Buscando melhorar o entendimento do tema apresentado, inicialmente é apresentada uma visão histórica dos sistemas e processos construtivos. A seguir, é abordada a avaliação dos sistemas construtivos focado no desempenho e nas configurações destes sistemas. Uma visão da racionalização, com ênfase no conceito da construtibilidade, especialmente no princípio da modulação nas visões da construção e da manufatura encerra este capítulo.

O Capítulo 3 é referente ao método de pesquisa - estudo de caso - , as técnicas adotadas para a coleta e análise de dados e a estratégia de análise e validação dos resultados obtidos.

O Capítulo 4 trata da apresentação dos resultados obtidos na aplicação do método proposto e a correspondente análise destes resultados, gerando diretrizes para futuros projetos para habitação de interesse social.

O Capítulo 5 apresenta as conclusões do presente trabalho, considerações quanto ao método de pesquisa adotado e sugestões para trabalhos futuros.

2 MODULAÇÃO

2.1 CONTEXTO DO CAPÍTULO

Para melhor entendimento das implicações da modulação no projeto e produção da habitação de interesse social, neste capítulo apresentamos um histórico dos sistemas construtivos, critérios de avaliação baseado no conceito do desempenho, configuração dos sistemas construtivos e princípios de racionalização construtiva. Após apresentarmos estes conceitos à luz da literatura, a modulação é abordada na visão da construção civil e na visão da manufatura.

2.2 HISTÓRICO RECENTE DOS SISTEMAS DE CONSTRUÇÃO NO BRASIL

2.2.1 Aspectos Tecnológicos

Até meados do século XIX, a atividade da construção no Brasil era caracterizada pela autoprodução, ou por iniciativa do governo, ou de particulares (FARAH, 1988). A construção de residências era a principal atividade, com o processo construtivo resumindo-se à elaboração de materiais locais reunidos para cada obra. Nessa época, as técnicas utilizadas na construção de fortalezas, igrejas, mosteiros, edifícios e aquedutos eram as mesmas que os europeus utilizavam, adaptadas ao meio e condições de trabalhos coloniais (VARGAS, 1991). Uma das primeiras alterações significativas no setor da construção no Brasil ocorreu neste período, quando a produção deixou de ser realizada apenas para uso próprio e passou a atender ao mercado. Esta mudança foi em função da expansão da atividade cafeeira, pois houve um adensamento dos centros urbanos, exigindo-se a construção de moradias, de obras de infra-estrutura e também da abertura de caminhos para o escoamento da produção (FARAH, 1992).

No final do século XIX, com a multiplicação das olarias em torno de São Paulo, a tecnologia da alvenaria de tijolos começou a se difundir. Segundo o IPT (1998), por essa época, “nas construções de pequeno porte passaram a predominar as alvenarias portantes de tijolos, às vezes complementadas por peças estruturais de aço ou de concreto armado”. Neste período, os edifícios passaram a ser produzidos como mercadoria, de forma que a produção de seus insumos também se convertia em produção para o mercado. Segundo Vargas (1991), os tijolos foram os primeiros materiais de construção industrializados, e substituíram o processo artesanal da taipa nas construções das paredes de edifícios. Farah (1992), afirma que conhecimentos científicos passaram a ser aplicados na construção de edificações nas décadas de 20 e 30.

A construção é uma indústria muito antiga, e sua cultura e muitos de seus métodos têm suas raízes em períodos anteriores à análise científica explícita. Entretanto, em especial após a segunda guerra mundial, houve diversas iniciativas para compreender a construção e os seus problemas, procurando desenvolver soluções e métodos correspondentes de melhoria (KOSKELA, 1992). Neste período, a construção de edifícios mudou consideravelmente do ponto de vista de tecnologia e demandas de mercado. O direcionador destas mudanças foi o desenvolvimento de novos materiais, equipamentos e a pré-fabricação.

No Brasil, no período do pós-guerra observa-se o agravamento da crise habitacional, decorrente das modificações pelas quais o país passou na economia industrial e agrícola (TASCHNER, 1997, apud FISCHER 2003). O concreto armado passa a ser amplamente utilizado como estrutura. Neste período, a produção em massa de habitações multifamiliares, como edifícios de apartamentos e conjuntos habitacionais, procurou aproximar a produção de edifícios do modelo fabril, o qual tendia a ser visto como resposta à necessidade da produção em escala. Segundo o IPT (1998), a pesquisa e o desenvolvimento tecnológicos orientavam-se também pelo paradigma da construção industrial, trazendo, assim conceitos e procedimentos desenvolvidos e utilizados anteriormente para a produção fabril. Segundo Farah (1992), a literatura tem abordado o setor da construção civil sob uma perspectiva de atraso,

comparado a outros setores. O fato da modernização na construção civil não se desenvolver de forma homogênea é decorrente, em grande parte, de características específicas do processo de trabalho. Um exemplo é a grande variabilidade de produtos, o qual impõe limites à padronização, à produção em série e a repetitividade, dentre outros.

Kellet & Franco (1993), analisaram projetos habitacionais de interesse social no Brasil e no restante da América Latina, e comentam que a adoção generalizada por soluções industrializadas, que caracterizava as iniciativas habitacionais destinadas às populações de baixa renda no período pós-guerra. Os autores criticam os programas que privilegiam o uso de “pacotes tecnológicos” para a habitação, pois, segundo estes, *”de uma perspectiva européia, o entusiasmo pela pré-fabricação e pela industrialização é ligeiramente desconcertante”* (KELLETT & FRANCO, 1993). Para os autores, depois do uso massivo das soluções industrializadas por países do Norte e do Leste Europeu desde o pós-guerra até os anos 60, com o objetivo de combater o déficit de habitações em grande escala, há um consenso que esta abordagem não atingiu as expectativas econômicas, técnicas ou sociais, tendo inclusive alguns projetos sido demolidos menos de 20 anos após sua construção. Okpala (1992), numa avaliação das iniciativas habitacionais de países em desenvolvimento, também argumenta que as vantagens dos sistemas e tecnologias construtivos aplicados à habitação social nesses países não eram conclusivas: as economias de tempo (de conclusão e entrega de projetos) na habitação industrializada, comparadas com os sistemas convencionais, eram ilusórias. Este fato deve-se, em grande parte, aos altíssimos custos com transporte.

Conforme Picchi (1993), foi a partir da década de 70, com a necessidade de suprir o déficit habitacional brasileiro que se observou o surgimento de novos sistemas construtivos como alternativas aos produtos e processos tradicionais até então utilizados, visando principalmente a racionalização da construção. De acordo com o mesmo autor, ao mesmo tempo em que surgiam propostas de soluções inovadoras, revelou-se a necessidade de avaliá-las tecnicamente, com base em critérios que permitissem prever o comportamento da construção durante a vida útil esperada. A escassez de referências técnicas para esse tipo de avaliação restringiu a utilização dos

novos sistemas na escala prevista. Alguns atributos utilizados para efetuar esta análise são discutidos na seção sobre avaliação de sistemas construtivos, neste mesmo capítulo.

De acordo com o exposto, é perceptível a preocupação do mercado e da academia em aprimorar os sistemas construtivos. Um importante conceito diz respeito à modulação, sendo definida como a ferramenta usada para compatibilizar dimensionalmente os espaços de uma edificação. Na construção civil este conceito envolve uma gama de considerações, como, por exemplo, o número de componentes, a montagem, a execução, e a forma de conciliar estes componentes em projeto. À coordenação destes elementos chamamos de coordenação modular, quando estão envolvidos a repetição e a organização (NUIC et al., 2003).

Segundo Lucini (2001) os princípios da coordenação dimensional são utilizadas desde a antiguidade, tanto no Oriente quanto no Ocidente. A produção dos componentes de construção atinge a fase da padronização básica em grandes volumes, aliada à definição de técnicas construtivas e tipologias de edifícios também uniformes, de acordo com a cultura de uma determinada região.

Na década de 40, o arquiteto suíço Le Corbusier, que viveu a maior parte de sua vida na França, desenvolveu um sistema de medição que ficou conhecido como “Modulor”. Este sistema é composto por uma seqüência de medidas que Le Corbusier usou para encontrar harmonia nas suas composições arquitetônicas.

Na Europa e nos Estados unidos, na década de 50, realizaram-se esforços importantes na tentativa de definir sistemas de coordenação modular que auxiliassem na produção maciça de construções habitacionais, principalmente pré-fabricadas e industrializadas (BUSSAT, 1973).

Atualmente, a coordenação modular nos países desenvolvidos incorpora-se na prática construtiva e produtiva a preocupação pela compatibilização dimensional, em grande parte devido ao esforço de incentivo à padronização e normalização dirigida às habitações através de sistemas construtivos abertos (LUCINI, 1998). As soluções tecnológicas para sistemas construtivos racionalizados foram utilizadas de forma

precária, principalmente em função da produção maciça para habitação de interesse social na década de 70. Desta forma, o assunto modulação ficou relacionado pejorativamente a construções econômicas de baixa qualidade. Atualmente, devido às mudanças dos contextos econômicos e financeiros da produção de edificações, os processos de racionalização e compatibilização construtiva e dimensional voltam a serem consideradas alternativas para a necessária redução de custos e o aumento de produtividade (LUCINI, 2001).

2.2.2 Aspectos Econômicos

O setor da construção é um dos setores da economia mais sensíveis às mudanças, sendo que sua participação decresce nos períodos recessivos, enquanto que seu crescimento é maior que a média do país, em épocas de expansão (PICCHI, 1993). O setor impulsiona a grande maioria dos segmentos produtivos, seja através de sua diversificada demanda industrial ou indiretamente pela geração de emprego e renda, além de que os insumos dessa indústria são, segundo Pastore (1998), responsáveis pelos ganhos de produtividade dos diferentes setores.

Na década de 50, o país experimentava uma intensa industrialização, procurando suprir um grande mercado de massa não atendido (BAER, 1996). Porém, de 1955 a 1964 ocorreu uma fase de obstrução da acumulação devido à falta de uma estrutura financeira para a produção (WERNA, 1993). O período de 64 a 68 foi caracterizado pelos ajustes estabelecidos pela nova estrutura de desenvolvimento e pela intervenção do governo na economia, o que proporcionou a retomada do crescimento a partir de 1968. De 1968 e 1973 o país experimentou um rápido, porém notável, desenvolvimento econômico. Este período foi marcado pelo crescimento econômico, refletindo-se em níveis altos de atividades da ICC (Indústria da Construção Civil). A alta das taxas de juros internacionais no início dos anos 80 frustraram as expectativas, provocando a dívida que ocasionou uma crise com estagnação econômica e a explosão inflacionária da década de 80 (BAER, 1996).

O conjunto habitacional é a prática usual para as pessoas terem sua própria moradia a custo baixo. Porém, no caso das habitações construídas entre 1960 e 1980,

segundo uma filosofia de produção em massa, houve excessiva padronização arquitetônica e urbanística. Ou seja, era uma produção de um mesmo produto em larga escala a baixo custo, não havendo a preocupação com as questões ligadas à cultura e às características regionais do usuário, resultando em espaços impessoais e não satisfatórios aos moradores (SZÜCS et al., 1998).

A necessidade de atuar em segmentos de mercado, de possuir uma maior diferenciação do produto e de aumentar a produtividade e cortar os custos marcaram o fim do período de produção em massa. A ênfase na construção racionalizada permitiria o crescimento da produtividade sem grandes investimentos em máquinas, mas através de pequenas invenções que aproveitavam a mão-de-obra relativamente barata (WERNA, 1993).

As alternativas estratégicas adotadas pelas empresas construtoras para se adaptarem às condições ambientais a partir da década de 80 são resumidas por Farah (1992) em quatro tendências: incorporação de novos sistemas construtivos à atividade produtiva; transferência de frações de execução da obra para um canteiro central; intensificação da prática da sub contratação; ênfase na gestão do processo de produção, buscando maior eficiência, produtividade e redução de custos.

2.2.3 Aspectos Sociais e de Recursos Humanos

A atividade da construção civil no país tem relevante papel social, particularmente em relação à geração de empregos proporcionados pelo setor. Há grande absorção da mão-de-obra do setor e o poder de reprodução de empregos diretos e indiretos. A construção se caracteriza por possuir uma produção manufatureira. Segundo Vargas (1991), em função das dificuldades em imobilizar máquinas e equipamentos, grande parte dos trabalhos é feita pelas próprias mãos dos trabalhadores, com uso de ferramentas e pequenos equipamentos, e totalmente dependente de sua habilidade, de seu conhecimento técnico e dos hábitos de trabalho criados na estrutura de ofícios. Essas variabilidades, peculiares ao setor, levam a um processo de trabalho bastante complexo, provocando dificuldades para se estabelecer uma solução padrão na organização do trabalho. Os processos de trabalho na construção estão intimamente

ligados aos métodos empregados na sua produção, e ao estágio tecnológico em que se encontra o setor. O processo de formação ocorre através da iniciação e da colaboração direta na execução das tarefas, por impregnação dos conhecimentos produtivos do trabalhador de ofício para seu ajudante (FARAH, 1988). Atualmente ainda predomina no aprendizado esta relação direta entre oficial e ajudante, embora tenha havido iniciativas no sentido de formalizar o processo de aquisição do saber requerido pela atividade de construção.

Quanto às práticas de trabalho- técnicas e métodos construtivos - inexistem, de maneira geral, normas e procedimentos de execução das atividades nas empresas de construção de edificações, ficando este “*como fazer*” por conta da força de trabalho, o que vai caracterizar uma falta de domínio e controle sobre o processo pelas empresas, afetando negativamente a produtividade e a qualidade dos processos e produtos (FRANCO, 1992).

A literatura que trata da questão do aprendizado do operário na construção civil tem centrado sua argumentação no ser humano propriamente dito. São apresentadas algumas diretrizes com respeito à qualificação do trabalhador: como valorizá-lo perante a sociedade, estabelecendo níveis de remuneração condescendente com status de revalorização; como estabelecer mecanismos de treinamento e formação de mão-de-obra, visando a realização de tarefas com maior produtividade e qualidade; como modificar e redimensionar a estrutura hierárquica nos canteiros e usinas para criar canais de comunicação entre trabalhadores e administração, e de que forma estabelecer canais de comunicação mais efetivos entre os profissionais que participam dos projetos do produto e da produção (MARTUCCI, 1990).

Farah (1992) salienta que, paralelamente à introdução de novos sistemas construtivos, permanecem, via de regra, a absorção precária da mão-de-obra, segundo os mecanismos tradicionais de intensificação do processo de trabalho. A contribuição ao aprendizado dos operários decorrentes da própria concepção do sistema construtivo é raramente tratada. A conceito de modulação de componentes, já definida anteriormente, possibilita uma aceleração da curva de aprendizado.

Em relação à curva de aprendizado, Krüger (1998) exemplifica que, se considerarmos a adoção de um determinado sistema construtivo para a edificação de, por exemplo, uma centena de moradias, esta conduz à aplicação de uma mesma fórmula cem vezes, e erros de projetos assumem proporções significativas. Assim sendo, a existência de diretrizes para o desenvolvimento de sistemas construtivos significa uma ferramenta importante para a tomada de decisões, ao mesmo tempo em que agiliza e torna transparente a sua escolha.

2.3 AVALIAÇÃO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS SOB A ÓTICA DO DESEMPENHO

Nesta seção será abordada a avaliação dos sistemas construtivos sob a ótica do desempenho. Esta abordagem se justifica no contexto da pesquisa por apresentar formas de análise dos sistemas, tanto do ponto de vista técnico quanto dos usuários.

Desempenho, segundo Ornstein (1992), “é uma propriedade que caracteriza quantitativamente o comportamento de um produto em uso”. Para Souza (1981), a palavra desempenho caracteriza o fato de que um produto deve apresentar certas propriedades que o capacitem a cumprir sua função quando sujeito a certas ações, sejam elas de origem natural como decorrentes da própria utilização da edificação.

Os atributos utilizados para avaliação de desempenho das edificações são desenvolvidos a partir de metas e objetivos oriundos de indivíduos, grupos, organizações ou sistemas sócio-políticos, sendo que alguns aspectos dos atributos de desempenho são quantificáveis, como a temperatura, e outros são apenas qualificáveis, como a estética.

O conceito de desempenho envolve a aplicação de análises rigorosas e métodos científicos para o estudo do funcionamento da construção e suas partes. O uso efetivo deste conceito depende do conhecimento das exigências ou requisitos dos usuários da edificação, do contexto ou condições de exposição a que está submetida a edificação ou componentes desta, e dos métodos de avaliação do comportamento em uso (CIB/W60, 1982).

Internacionalmente, o uso do conceito de desempenho de forma sistemática iniciou nas décadas de 60 e 70 (MITIDIERI, 1998). Segundo este autor, até a década de 80 as normas técnicas disponíveis no Brasil e os códigos de obra eram apenas prescritivos, voltados para componentes cujo comportamento era bem conhecido. As normas não continham especificações relacionadas aos limites mínimos de qualidade que pudessem servir de referência na avaliação do desempenho de novos produtos. O documento elaborado pelo IPT, em 1981, foi um dos primeiros no país a se basear neste conceito para avaliação dos sistemas construtivos inovadores para habitação.

Para Mitidieri (1998), as condições de exposição da edificação ou suas partes são entendidas como o conjunto de ações atuantes sobre um determinado produto durante a vida útil. Já os métodos de avaliação permitem verificar se este produto atende aos requisitos e critérios de desempenho para ele fixado. Segundo os mesmos autores, os “requisitos e critérios de desempenho, são entendidos, respectivamente, como condições qualitativas (requisitos) e condições quantitativas (critérios), às quais um determinado produto deve atender quando submetido às condições de exposição, a fim de que sejam satisfeitas as exigências dos usuários”.

A Norma ISO 6241 (*Performance standards in building - principles for their preparation and factors to be considered*, 1984) apresenta os requisitos de desempenho (objetivos e funções) a serem cumpridos pela edificação (CIB W/60, 1982; ORNSTEIN e ROMÉRO, 2002; PICCHI, 1993; JOBIM, 1997).

De forma a caracterizar quantitativamente o comportamento do produto em uso, a avaliação de desempenho do ambiente construído e seus componentes procura, através de um roteiro de quatorze exigências garantir a satisfação das necessidades dos usuários (CIB W/60, 1982). Estes itens têm por objetivo analisar, coletar e interpretar, sistematicamente, informações sobre o ambiente construído, tanto do ponto de vista técnico como do ponto de vista dos usuários (JOBIM, 1997).

Dentre os itens elencados na norma citada, é transcrito àquele que está interligado diretamente com o trabalho desenvolvido: “a adaptação ao uso, como

número, tamanho, geometria e inter-relação, previsão de serviços e equipamentos, mobiliário e flexibilidade.”

Na próxima seção será feita uma abordagem relacionada à configuração dos sistemas construtivos quanto a tipologia, as formas de integração dos componentes e ainda em relação à participação do usuário. Na seqüência, no mesmo capítulo, será abordado o princípio da racionalização.

2.4 ALTERNATIVAS DE CONFIGURAÇÃO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS

2.4.1 Definições

Segundo Picarelli et al. (1992), "sistema construtivo para habitação é o conjunto de materiais, elementos e componentes que se utilizam segundo determinadas interfaces de combinação, para concretizar o objeto arquitetônico. Um sistema construtivo compõe-se de vários sistemas, e estes são formados por materiais, elementos e componentes".

Um dos fundamentos teóricos é a diferenciação conceitual entre "processo" e "sistema". Segundo Sabbatini (1989), processo construtivo é um organizado e bem definido modo de se construir um edifício, caracterizando-se pelo seu particular conjunto de métodos utilizados na construção da estrutura e das vedações do edifício. Sistema construtivo, além de bem organizado e racionalizado, apresenta elevado nível de industrialização e de organização, sendo constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrado pelo processo (SABBATINI, 1989).

Para Martucci (1990), o processo construtivo é o responsável por definir as formas e as capacidades técnicas e econômicas de se construir. Campos (2004) observa que atualmente o significado adquirido pela expressão "sistema construtivo" equivale ao conjunto de componentes entre os quais se possa atribuir ou definir uma relação, coordenados dimensional e funcionalmente entre si, como estrutura organizada.

Especificamente para a produção de habitações populares, é fundamental considerar a avaliação do desempenho técnico da proposta construtiva e a seleção do

sistema construtivo mais adequado, considerando o programa habitacional proposto, as características do local onde se pretende construir, entre outros aspectos (SALGADO, 1992). Ino (1992), também enfatiza que na proposição de novas opções construtivas para habitação, deve-se passar por várias etapas de desenvolvimento, tendo como suporte os conhecimentos científicos e tecnológicos. Estes, por sua vez, devem ser respaldados em ensaios de laboratórios, os quais respondem pelo atendimento aos critérios pré-estabelecidos, para garantir a qualidade pretendida (INO, 1992).

2.4.2 Configuração Segundo a Tipologia de Processos Construtivos

2.4.2.1 Visão Geral

A seguir, é apresentada a classificação dos processos construtivos; na seção seguinte, estes conceitos são devidamente explicados. Os processos construtivos são classificados em (SABBATINI, 1989, apud OLIVEIRA, 2001):

- **Tradicionalis**: baseados na produção artesanal, com uso intensivo da mão-de-obra, baixa mecanização e elevado desperdício de mão-de-obra, material e tempo;
- **Racionalizados**: incorporam princípios de planejamento e controle, tendo como objetivo eliminar o desperdício, aumentar a produtividade, planejar o fluxo de produção e as decisões, simplificar as etapas construtivas e melhorar a qualidade do sistema;
- **Industrializados**: baseados no uso intensivo de componentes e elementos produzidos em instalações fixas e acopladas no canteiro.

2.4.2.2 Processo Tradicional

Segundo Koskela (1992), a regra que separa as atividades de projeto e execução das obras de construção é relativamente recente na história. A atividade da construção, devido a sua antiguidade, apresenta métodos e cultura anteriores ao desenvolvimento das abordagens científicas da produção. Em contraste com muitas outras indústrias, a produção artesanal prevaleceu grandemente na primeira metade do século XX e

mesmo na segunda, em notável extensão. Enquanto outros setores industriais, devido a mudanças nos modelos de produção, têm conseguido grandes aumentos de produtividade, a evolução da construção não ocorre de maneira similar (KOSKELA, 1992).

Na construção tradicional, os projetos indicam apenas a forma final do edifício (projeto arquitetônico) ou as características tradicionais de elementos da edificação (projeto estrutural, de fundações, de instalações e outros), não apresentando os detalhes de execução, nem estabelecendo prescrições relativas ao modo de executar e à sucessão das etapas de trabalho (FARAH, 1992).

Na maioria das vezes, cabe aos operários a decisão quanto a maneira de executar o trabalho para chegar ao que foi projetado. Para entender essa situação, Koskela (1992) analisa historicamente o modo de produção das edificações. Antes da disseminação dos processos produtivos industriais, os mestres de obras eram os responsáveis tanto pelo projeto arquitetônico quanto a execução dos trabalhos de obras. Eram os mestres que se responsabilizavam pela maior parte das atividades, com equipes próprias e autônomas em suas tarefas. A partir do século XIX, a figura do arquiteto projetista junto ao cliente estabelece a separação entre as atividades de projeto e execução das edificações, com um crescimento do número de projetistas ao longo do tempo. Porém, para Vargas (1991), existe um distanciamento entre o projeto da habitação e o processo construtivo. Falta aos profissionais responsáveis pela concepção do produto, de um modo geral, uma visão sobre as atividades realizadas no canteiro de obras.

2.4.2.3 Processo Racionalizado

A racionalização construtiva preconiza a otimização de recursos e o aumento da produtividade. Por racionalização, entende-se o processo dinâmico que torna possível a otimização dos recursos, sejam humanos, materiais, organizacionais, tecnológicos ou financeiros, visando atingirem objetivos fixados nos planos de desenvolvimento de cada país (FRANCO, 1992). Na visão de Blachère (1977), racionalizar a construção significa

estudar os métodos de produção, para reduzir os tempos de trabalho e os tempos dos equipamentos, de modo a aumentar a produtividade e a rentabilidade.

Quanto aos sistemas construtivos, no processo racionalizado, os projetos são elaborados com maiores definições técnicas do que no processo tradicional, e são realizados estudos detalhados dos projetos de instalações prediais. Como exemplo, podemos citar a pré-fabricação de elementos (*kits* hidráulicos e elétricos feitos em usinas centrais ou canteiros de obras) e pela introdução de novos produtos e serviços que impliquem na simplificação de determinadas atividades da obra (FARAH, 1992). A autora afirma que existe uma tendência em direção à racionalização, o que apresenta vantagens para o processo. Dentre as vantagens, pode-se citar: adequação à grande disponibilidade de mão-de-obra; flexibilidade diante das oscilações de demanda, e passível de ser implementada nas pequenas e médias empresas, por não envolver grandes investimentos em capital fixo; adequação a recursos locais, tanto tecnológicos quanto materiais (FARAH, 1988).

A tendência à racionalização na indústria de construção civil abre perspectivas importantes à atuação de instituições de pesquisa tecnológica, como o IPT, preocupadas com o desempenho das edificações produzidas, com a qualidade do produto e com a minimização do desperdício em uma área socialmente relevante como a da construção habitacional (FRANCO, 1998). Para o autor, o conceito de racionalização construtiva só pode ser plenamente empregado quando as ações são planejadas desde o momento da concepção do empreendimento.

2.4.2.4 Processo Industrializado

Para Oliveira (2001), muitas vezes a industrialização é confundida com a pré-fabricação; entretanto, esta é apenas uma de suas manifestações. Sabbatini (1989) define a industrialização como sendo um processo evolutivo que objetiva incrementar a produtividade e o nível de produção e melhorar o desempenho da atividade construtiva. As ferramentas para implementar as melhorias são ações organizacionais, inovações tecnológicas e de métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle. No processo industrializado os sistemas construtivos devem considerar a modulação,

juntas, tolerância dimensional, transporte de peças e permutabilidade. Estes são concebidos e fabricados em módulos de forma seriada e padronizada e apresentam alto grau de repetitividade, sendo previamente definidos e racionalizados (OLIVEIRA, 1998).

Sabbatini (1989) afirma que a maior parte dos estudos que avaliam o grau de industrialização na construção consideram apenas os critérios de produtividade, sem levar em conta relações de custo-benefício, qualidade obtida, etc. Por isso, propõe que a classificação dos graus de industrialização seja apenas qualitativa. Os processos com elevado grau de industrialização são considerados industrializados e os de grau intermediário, como tradicionais racionalizados, racionalizados ou, até mesmo, semi-industrializados. No nosso país, a variabilidade de demanda característica do setor e ausência de garantias de grandes séries de produção, inviabilizou os pesados investimentos em equipamentos e instalações de usinas e centrais de produção necessários.

Kellett e Franco (1993) destacam que grande parte dos projetos habitacionais em toda a América latina até o início da década de 1990 adotava a pré-fabricação como solução eficaz para atender a demanda por habitação. Para os autores, depois do uso massivo das soluções industrializadas por países do Norte e do Leste Europeu desde o pós-guerra até os anos 60, para combater o déficit de habitações em grande escala, há um consenso que esta abordagem não atingiu, absolutamente, as expectativas econômicas, técnicas ou sociais.

Segundo Oliveira (2001), os conceitos como industrialização, qualidade e racionalização ajudam a ampliar o horizonte de compreensão dos processos de grande potencial de industrialização como, por exemplo, painéis pré-fabricados para fachadas de edifícios. Para se alcançar a industrialização de um processo, é necessário que ele passe por um amadurecimento, do qual as ações evolutivas voltadas à racionalização e à qualidade são partes integrantes. Embora a racionalização seja indispensável na industrialização, ambas podem ser encontradas isoladamente. Por exemplo, pode haver racionalização de artesanato como casos de produções industriais que sejam mal

organizadas. Sabbatini (1989), defende a idéia da racionalização constituir-se em uma ferramenta da industrialização.

A essência da industrialização, segundo Blachère (1977), é produzir um objeto sem uso da mão-de-obra artesanal, mas com máquinas utilizadas por operários qualificados para tal fim. Os equipamentos necessários introduzem um grau variável de automação do trabalho, diminuindo a quantidade de operários necessária (PEIXOTO, 2000).

Para Davidson (1975), industrialização é um método produtivo que tem por base a mecanização, sendo um processo organizado de caráter repetitivo que requer continuidade. Para este autor, não há razão de se falar em construção não industrializada, pois mesmo as formas mais tradicionais de construção utilizam, necessariamente, alguns produtos produzidos industrialmente, como, por exemplo, pregos, aço, cimento, vidro, entre outros.

2.4.3 Configuração Segundo a Integração de Componentes

2.4.3.1 Visão Geral

A discussão sobre sistemas construtivos abertos e fechados surgiu a partir do esforço de industrialização dos procedimentos da indústria da construção, feito entre as décadas de 50 e 80 (DORFMAN, 1989). São apresentadas e descritas características de ambos os sistemas, visando a melhor compreensão da importância da modulação, apresentada na seção seguinte e foco desta dissertação.

2.4.3.2 Sistema Aberto

Sistemas construtivos abertos são aqueles desenvolvidos a partir de um elenco de elementos e componentes da construção (paredes, lajes, coberturas, janelas, portas) os quais podem ser combinados em diferentes soluções arquitetônicas em que se variam a quantidade, dimensões e disposição dos diversos cômodos. São ditos convencionais quando seus principais elementos (paredes, lajes e coberturas) são executados no canteiro de obras e são utilizados técnicas e materiais construtivos convencionais, como tijolos, concreto, madeira e telhas cerâmicas (DORFMAN, 2002).

A tendência de industrialização de ciclo aberto e a política de produção de componentes deram margem ao aparecimento, no final da década de 1980 e início dos anos 1990, daquilo que se convencionou chamar na Europa de a "segunda geração tecnológica" no campo da industrialização da construção, onde os sistemas construtivos de ciclo aberto passaram a ser a marca (CAMPOS, 2004).

Segundo Dorfman (2002), como resposta à exigência por flexibilidade que os sistemas fechados não haviam logrado atender, formulou-se a noção de sistemas abertos. Multiplicaram-se, então, os sistemas de divisórias, de instalações hidro-sanitárias, de iluminação, de pisos e de fechamentos oriundos de fabricantes diversos, capazes de adaptarem-se a diferentes estruturas portantes e de conviverem com vários outros sistemas. Para o mesmo autor, um argumento de venda comum a todos esses subsistemas é sua capacidade de adaptar-se às mais variadas condições de instalação e uso, permitindo modificações de leiaute, reposições e melhoramentos sem que, para isso, sejam necessárias intervenções profundas nas estruturas dos edifícios que os abrigam.

Outra visão de um sistema aberto consiste em modular partes de níveis diferentes, em produto e projetos intercambiáveis, que possam ser unidos de acordo com as regras de forma que o todo funcione. Um sistema aberto com múltiplos degraus tem sido selecionado como sistemática de construção. Estes degraus são construção, sub-construção, modulação, componentes e elementos básicos (SARJA & HANNUS, 1995).

É condição necessária à viabilização do conceito de sistemas abertos combináveis, intercambiáveis e complementares entre si é que todos eles estejam calcados em um sistema de dimensões comuns – a coordenação modular (DORFMAN, 2002). As regras dimensionais para a produção de componentes modulares são consideradas uma das grandes responsáveis pelo aumento de produção e redução de custos na indústria, sendo a coordenação modular um requisito de projeto na industrialização aberta. A evolução das técnicas e materiais de construção permitiu uma

mudança da ênfase da coordenação dimensional, da modulação padronizada para a conectividade entre componentes vistos como subsistemas (CUPERUS, 2001).

A flexibilização e produtividade são incorporadas pela utilização de sistemas pré-fabricados abertos leves, que procuram, a partir de inovações nos sistemas construtivos, induzir a racionalização no processo de trabalho. Ou seja, a produtividade do processo é buscada na fábrica, através da produção seriada e controlada de componentes dos sistemas construtivos e no canteiro, através de características do produto que visem à racionalização da produção. Assim, a flexibilidade fica embutida na possibilidade de diferentes combinações entre os elementos pré-fabricados dada pela industrialização aberta (FARAH, 1992).

Atualmente, superando a rigidez inicial, a coordenação modular nos países desenvolvidos está dirigida principalmente à definição dimensional de componentes. Incorpora-se na prática produtiva e construtiva a preocupação pela compatibilização dimensional, derivada em grande parte do esforço de incentivo à padronização e normalização dirigidas à produção de habitações através de sistemas construtivos abertos, com grande participação de produtores e componentes diferentes (LUCINI, 2001).

Segundo Salas (1981), os sistemas construtivos do ciclo aberto possuem as seguintes características:

- coordenação dimensional que possibilite unir o maior número de elementos e produtos de distintas procedências;
- catálogo de elementos padronizados, que possibilita ao usuário uma informação exhaustiva sobre o produto, de modo a facilitar o seu emprego;
- raio de ação tanto maior quanto mais específicos sejam os elementos pré-fabricados;
- flexibilidade dos processos de produção, de modo a atender encomendas de produtos especiais, tirando de linha produtos que se tornaram obsoletos, combatendo a tendência de fechamento paulatino do processo;

- montagem dos componentes pré-fabricados por terceiros, já que os fabricantes preferem se responsabilizar, sobretudo, pelo bom comportamento de seus produtos;
- possibilidade de manter elementos de catálogo em estoque, especialmente se ocupam pouco volume.

2.4.3.3 Sistema Fechado

Sistemas construtivos fechados são os desenvolvidos a partir de um projeto arquitetônico único, que lhe serve de modelo. Os sistemas fechados não permitem variações na disposição e nas dimensões dos cômodos, das janelas, das portas ou de qualquer componente da moradia.

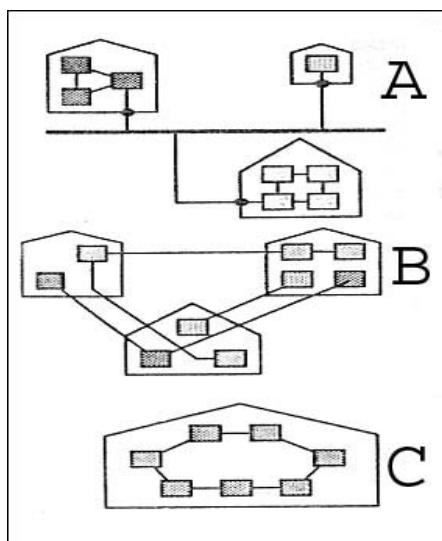
A idéia de sistemas fechados de construção foi a que mais rapidamente se difundiu na onda da construção industrializada ocorrida nos anos 50 e 60. Como exemplo citamos o grande painel pré-fabricado de concreto que foi a marca da reconstrução da Europa destruída pela II Grande Guerra. A lógica que levou à concepção destes sistemas e à sua aplicação foi a da busca de ganhos de escala. Assim, na medida em que se desse às empresas a garantia de que estas iriam poder utilizar seus sistemas construtivos em escala e intensidade compatíveis com a recuperação dos recursos investidos em seu desenvolvimento e na aquisição dos equipamentos necessários à sua operação, instalar-se-ia o mesmo processo de redução dos custos unitários dos produtos finais que vinha sendo observado nos mais diversos ramos industriais (DORFMAN, 1989).

Cabe salientar que, desde o início do século XX, a indústria automobilística era o modelo que a indústria da construção buscava imitar. Nos anos 60 e 70, a idéia era que a casa poderia ser um produto com o grau de industrialização de um carro, sendo este a “expressão máxima” de industrialização. Isso não se verificou na prática, porque a habitação tem tantas outras implicações que a industrialização não consegue satisfazer (CAVAGLIÁ, 1994). O fracasso da aplicação destes princípios à indústria da construção deveu-se a motivos diversos; um dos mais apontados foi a sua rigidez, incompatível

com a estrutura pulverizada e heterogênea do mercado de edificações (DORFMAN, 2002).

Sistemas fechados usualmente são implementados através de fábricas que produzem a totalidade ou grande parte do sistema construtivo. Esta abordagem foi bastante utilizada na Europa no pós-guerra. No Brasil seu uso mais intenso foi testemunhado entre as décadas de 60 e 70. O fracasso da aplicação destes princípios à indústria da construção deveu-se a motivos diversos; um dos mais apontados foi a sua rigidez, incompatível com a estrutura pulverizada e heterogênea do mercado de edificações (DORFMAN, 2002). A figura 2.1 exemplifica de forma gráfica as diferenças entre os sistemas.

FIGURA 2.1 – TIPOS DE SISTEMAS



FONTE: (SARJA & HANNUS, 1995)

Segundo classificação de Sarja e Hannus (1995), existe o sistema aberto (A), onde a integração de diferentes componentes se dá por simples interfaces; o sistema semi-aberto (B), onde para a integração de sistemas similares é preciso que haja várias

transferências; e o sistema fechado (C), onde a integração de diferentes aplicações gera um sistema único.

Esta seção descreveu a configuração dos sistemas construtivos segundo a integração de seus componentes. Na busca da modulação, ambos os sistemas podem ser utilizados. Porém, como o foco desta pesquisa é implementar diretrizes de modulação para sistemas abertos através do uso de materiais existentes no mercado de construção civil, foi utilizado apenas o conceito de sistema aberto.

2.4.4 Configuração Segundo o Nível de Participação do Usuário

A seguir, apresentam-se algumas modalidades de construção que têm contribuído para o suprimento do déficit habitacional no Brasil. A seção está dividida nas modalidades com participação e ausência de participação dos usuários.

2.4.4.1 Com participação do usuário

A carência de habitações para a população de baixa renda no Brasil tem sido um dos principais problemas do país (ABIKO, 1998). Segundo o autor, a participação dos proprietários na elaboração do projeto arquitetônico ou na construção da sua própria moradia é importante, pois faz com que estes se identifiquem com a casa, com a vizinhança, se sentindo parte integrante de uma comunidade. Existem várias formas de participação do usuário, conforme veremos a seguir.

Autoconstrução individual: é definida por Taschner (1997) como sendo aquela em que o proprietário e seus familiares, além de possíveis agregados, com ou sem empreitadas parciais, conceberam, construíram e estão utilizando e mantendo a unidade isolada. Segundo Picarelli et al. (1992), a autoconstrução como modalidade de construção habitacional se caracteriza pelo proprietário construir sua habitação, apoiado em padrões de projetos na maioria alheios a sua cultura, utilizando tecnologia construtiva já apropriada pela população, de fácil manipulação técnica, prevendo futuras manipulações e ampliações. A autoconstrução é aquela que realiza a construção social individual, não cooperada, podendo ser assistida ou não (TASCHNER, 1997). A autoconstrução é importante do ponto de vista social, em

relação a enorme satisfação e o orgulho do futuro morador, com o fruto do seu próprio esforço (VIEIRA; MARCHETTI; DA SILVA, 1993).

Autoconstrução por mutirão: uma das alternativas encontradas pela população de baixa renda é conhecida como mutirão ou ajuda mútua, que é a alternativa habitacional baseada no esforço coletivo e organizada pela comunidade para a construção da sua própria moradia, contando com o apoio financeiro e técnico do Poder Público (ABIKO, 1995). Segundo Cardoso e Abiko (1993), mutirão é um processo onde há um esforço coletivo e organizado de toda uma comunidade para a construção de moradias para famílias desta comunidade. Os moradores também produzem suas moradias, como na autoconstrução individual, mas de forma coletiva. Assim, com o emprego de tecnologias de baixa complexidade e soluções simples de projeto (Picarelli et al., 1992), existe a identificação do usuário com o produto do seu trabalho, favorecendo a manutenção e o uso adequado das moradias (ABIKO, 1996). Um dos problemas ocasionados pelas obras em regime de mutirão é o longo prazo das construções, sendo os motivos principais o mutirão não funcionar em tempo integral, normalmente somente em finais de semana e a mão-de-obra não ser qualificada, e, portanto, com baixa produtividade (ABIKO, 1995).

A grande vantagem deste tipo de intervenção tem sido o custo das unidades habitacionais (ABIKO, 1998). Segundo este autor, o barateamento é conseguido através da apropriação da mão-de-obra, da coordenação de projetos, da racionalização construtiva e da adequação dos materiais empregados para cada empreendimento, além da diminuição dos custos indiretos como encargos financeiros, alimentação, transporte, entre outros (ABIKO, 1996). Em relação a sistema construtivo a ser empregado, Cardoso (1998) afirma que o processo racionalizado é o mais adequado, por utilizar métodos e processos construtivos sistemáticos de organização, visando eliminar o desperdício de material, diminuir custos e prazos de execução, simplificar as etapas construtivas e melhorar a qualidade do sistema.

AutoConstrução Não Assistida: é a forma de edificar onde os futuros usuários edificam a habitação sem nenhum critério técnico nem auxílio de profissionais. Segundo

pesquisas de Roméro, Cruz e Ornstein (1992) e Taschner (1997), entre outros autores, constatou-se que no processo da autoconstrução não assistida, são encontrados diversos problemas técnicos e construtivos nas residências, havendo uma precária condição de habitabilidade.

2.4.4.2 Ausência de Participação

Considerando que a execução de uma unidade residencial é um processo que envolve inúmeros insumos e atividades diferentes, no caso da obra ser executada sem a participação do usuário no processo de construção, faz-se necessário um contrato entre as partes.

Há diversas definições de contrato encontradas na literatura. Para Haddad (1992), os contratos são, acima de tudo, um concurso de vontade entre as partes, que procuram acordar sobre um tema determinado. Limmer (1993), completa este conceito dizendo que um contrato é o registro formal de vontades expressas por duas ou mais partes, com a finalidade de regular uma atividade qualquer, como a prestação de um serviço, o fornecimento de um determinado bem ou a execução de uma determinada construção, na qual são fornecidos serviços e bens, constituídos estes por materiais e equipamentos.

Aplicando os conceitos acima na Engenharia Civil, Meirelles (1983) afirma que o contrato de construção é todo ajuste para execução de obra certa e determinada, sob direção e responsabilidade do construtor, pessoa física ou jurídica legalmente habilitada a construir, que se incumbe dos trabalhos especificados no projeto, mediante as condições avençadas com o proprietário ou comitente.

Os contratos de construção, quanto ao regime de execução, podem ser divididos em dois tipos básicos: contrato por empreitada e contrato por administração. Na empreitada, é o construtor quem realiza as despesas, em seu nome, repassando os custos ao dono da obra em um segundo momento. No contrato por administração, todos os gastos são realizados diretamente em nome do dono da obra (RONDINA, 1993).

Esta seção apresentou as modalidades de construção utilizadas correntemente na habitação de interesse social. Estas diversas formas de construção das residências têm contribuído para minimizar o grave problema social que é a falta de moradias para a população de baixa renda em nosso país.

2.5 RACIONALIZAÇÃO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

2.5.1 Visão Geral

A racionalização construtiva é um processo onde todas as ações objetivam otimizar a utilização da totalidade dos recursos disponíveis na construção em todas as suas fases (SABBATINI, 1989). Racionalizar a construção significa agir contra os desperdícios de materiais e mão-de-obra e utilizar mais eficientemente o capital.

O entendimento que Rosso (1980) dá ao termo racionalização é “o processo mental que governa a ação contra os desperdícios temporais e materiais dos processos produtivos, aplicando o raciocínio sistemático, lógico e resolutivo, isento do influxo emocional; é um conjunto de ações reformadoras que se propõe substituir as práticas rotineiras convencionais por recursos e métodos baseados em raciocínio sistemático, visando eliminar a casualidade nas decisões.”

Os princípios relacionados com a racionalização e simplificação dos processos são também citados por Gehbauer et al. (2002), que cita a necessidade do emprego de análises sistemáticas em canteiros de obras para que se consigam atingir objetivos de melhorias. São, assim, aplicadas todas as medidas possíveis para incrementar a produção, para garantir a melhor utilização dos materiais, equipamentos e mão-de-obra. Num sentido mais abrangente, a racionalização passa pela mudança de todo o setor da construção, e depende de ações institucionais como a adoção de normalização e padronização.

A primeira grande possibilidade de racionalização da produção está no momento da concepção do edifício, quando se tem a possibilidade de compatibilizar a vedação com a estrutura, com as esquadrias, com as instalações e também com o revestimento (BARROS, 1997). Buscar a racionalização construtiva desde o projeto tem sido um

procedimento adotado por diversas empresas, com excelentes resultados quanto à produtividade, à redução de desperdícios e melhoria da qualidade do produto.

Para Franco (1998), entre os objetivos específicos na busca da racionalização estão os que são apresentados a seguir:

- Diminuição do consumo de materiais;
- Diminuição do consumo de mão-de-obra;
- Uniformização do produto;
- Preparação para a aplicação de técnicas racionalizadas em fases posteriores;
- Aumento do nível de organização do trabalho;
- Aumento da segurança, diminuindo as perdas materiais e humanas associadas a acidentes;
- Aumento da qualidade e desempenho do produto;
- Diminuição de problemas patológicos.

As características que as ações de racionalização devem apresentar são várias, entre elas, destacam-se a abordagem sistêmica, a visão estratégica e a utilização da construtibilidade (PEIXOTO, 2000). As abordagens citadas são igualmente importantes na busca da racionalização; porém, neste trabalho são apresentados somente os vários aspectos da construtibilidade, visto que a aplicação desta abordagem propicia a difusão dos conhecimentos e experiências construtivas das atividades, resultando em operações mais eficientes no canteiro, com o aumento do nível de racionalização (O'CONNOR et al., 1987).

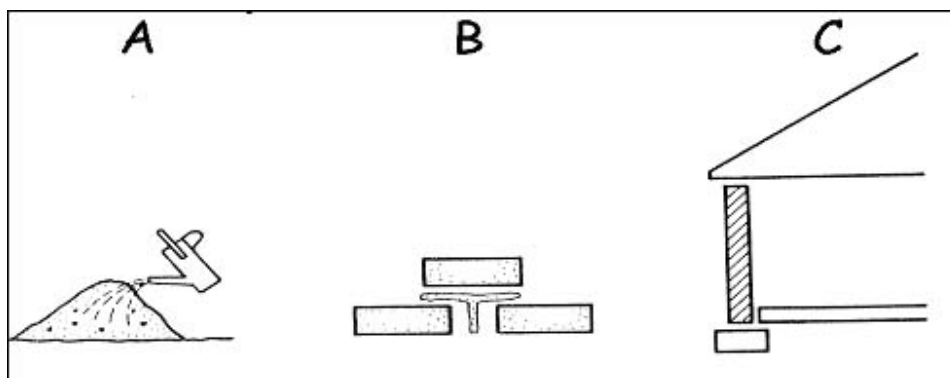
2.5.2 O Princípio da Construtibilidade

Construtibilidade é uma das abordagens fundamentais para a obtenção da racionalização de um sistema construtivo. De uma maneira simplificada pode-se definir construtibilidade como o grau de facilidade com que algo pode ser construído, e tem a sua idéia central na simplicidade de realização (CONCÍLIO & ABIKO, 1998). É também

definida como “a propriedade que caracteriza um certo método, processo ou sistema construtivo, e que exprime a aptidão que ele tem de ser executado” (SABBATTINI, 1989).

Ferguson (1989) define a construtibilidade como elemento chave na produção da construção, sendo que o edifício é composto de materiais, componentes e subsistemas. Estes precisam ser coordenados de forma eficiente e econômica, com seqüência, processo e continuidade de fluxo. Para uma organização e gerenciamento eficiente é necessário o uso apropriado do trabalho, do local, de equipamentos e ferramentas (FERGUSON, 1989). A figura 2.2 ilustra esta definição.

FIGURA 2.2 -MATERIAIS (A), COMPONENTES (B) e SUBSISTEMAS (C)



FONTE: ADAPTADO DE FERGUSON (1989).

(A) Componentes (argamassa) e Materiais (cimento, areia, cal e água);

(B) Subsistema (parede) e Componentes (blocos, argamassa, etc);

(C) Construção e Subsistemas (paredes, telhado, piso, etc.)

A construtibilidade no projeto pode ser considerada como a aplicação do conhecimento e da experiência da produção no desenvolvimento dos projetos, em conjunto com diretrizes que permitam racionalizar a execução do que foi projetado. De uma forma ampla, construtibilidade é o uso otimizado da experiência e do conhecimento da produção sobre planejamento, projeto, contratação e operação em campo para alcançar os objetivos gerais do empreendimento ainda na fase de projeto (RODRIGUEZ & HEINECK, 2001; ELDIN, 1999).

A partir das definições acima, pode-se afirmar que a construtibilidade refere-se ao emprego adequado do conhecimento e da experiência técnica em vários níveis para racionalizar a execução das habitações. Neste contexto, é importante enfatizar a inter-relação entre as etapas de projeto e execução. Existe uma série de princípios heurísticos e técnicas que, uma vez aplicados de maneira integrada, propiciam a obtenção de produtos e processos mais racionalizados. Segundo pesquisas realizadas por O'Connor; Rush; Schulz (1987), Picchi (1993), Melhado (1998), Tzortzopoulos (1999), Roman *et al.* (2000), Szücs (1998) e Krüger (1998), além de outros pesquisadores, a busca pela informação dos requisitos de construtibilidade passa por várias etapas, sendo permitida quando:

- existe comunicação adequada entre projeto e obra;
- há um prévio desenvolvimento de seqüências construtivas;
- há padronização dos materiais, ou seja, pouca variabilidade nos materiais de construção;
- existe acessibilidade adequada aos locais de trabalho;
- os projetos são simplificados, com opções por dimensionamento repetido de peças com poucas variações em seu desenho; redução mínima nos detalhes no projeto arquitetônico;
- há liberação das montagens em qualquer seqüência executiva e buscar o uso de materiais de construção que permitam uma posterior ampliação;
- pela redução de componentes;
- eliminação de embutimentos e sobreposições de elementos construtivos; utilizando as instalações de forma concentrada tanto vertical como horizontalmente no projeto;
- utilização de materiais convencionais e adequação do peso dos elementos construtivos às possibilidades de montagem;
- flexibilidade e intercambiabilidade de componentes e materiais;

- modulação ainda na fase de concepção do produto, com opção por espaçamentos uniformes entre elementos construtivos.

Segundo Sabattini (1989) e Concílio e Abiko (1998), a otimização e a ampliação da produção habitacional em países desenvolvidos, como em países da Europa e Estados Unidos têm em comum a utilização dos princípios de construtibilidade. Como exemplo do impacto da construtibilidade na eficiência da obra, empreendimentos que tiveram a construtibilidade como parte da agenda de desenvolvimento do projeto tem apresentado economia de 6% a 10% nos custos de construção (CONSTRUCTABILITY 1986, apud KOSKELA, 1992).

2.5.3 Abordagens Heurísticas de Implementação da Construtibilidade

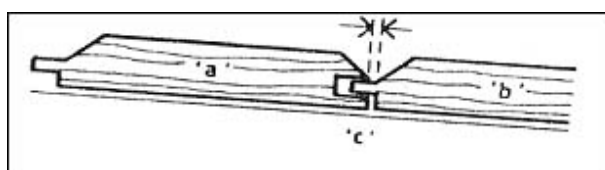
Para melhor entendimento acerca das implicações práticas da construtibilidade no projeto, são apresentadas nas seções seguintes alguns dos princípios centrais para implementar este conceito.

- **Simplificação do projeto**: a simplificação de projeto se dá pela utilização de um número mínimo de componentes, elementos ou peças, sendo a concentração do trabalho em um só tipo de material ou profissão (OLIVEIRA, 1998). Inclui a incorporação de vários componentes ou funções em um só elemento construtivo, e o uso de materiais de fácil instalação. É importante que não sejam dependentes de mão-de-obra especializada e requeiram poucos cuidados em relação à armazenagem e transporte (O'CONNOR, RUSH, SCHULZ, 1987). Na busca por projetos simplificados é fundamental a combinação de operações ou elementos, sendo possível a mudança na seqüência e dos trabalhos, buscando a possibilidade da execução em qualquer ordem; a redução de precedências; evitar ângulos, inclinações e superfícies curvas; organizar os projetos e detalhes construtivos em locais acessíveis e com referências claras para uso; simplificar detalhes de projeto visando a simplificação da execução no canteiro, utilização de desenhos em papel A⁴, para poderem ser utilizados pelos operários no local de trabalho e facilmente consultados a qualquer momento e ainda projetar visando uma fácil comunicação com o construtor (ROMAN et al., 2000).

- **Redução de componentes do produto ou processo**: a redução do número de componentes é importante, pois quanto menor o número de componentes, mais fácil tende a ser o seu gerenciamento (LACERDA, 2003). Geralmente, quanto maior o número de insumos, como materiais e componentes da edificação, mais complexo tende a ser o gerenciamento destes, e, em consequência, maior será a suscetibilidade do sistema de sofrer perdas por atraso de materiais, perdas por necessidade de estoques e perdas por transportes intermediários (LACERDA, 2003). Segundo Barth (2003) o índice de repetição elevado de um componente pode conduzir ao aumento de produtividade global da construção e reduzir seu custo. Assim, na prática, a repetitividade e a pouca diversidade de componentes podem servir como parâmetros para avaliar a qualidade do projeto de um processo ou produto na construção. A redução da interdependência entre atividades e componentes se dá por meio da segmentação do projeto em pacotes construtivos.
- **Intercambiabilidade**: intercambiabilidade é a possibilidade de permuta entre os diferentes materiais, componentes e sub-partes que compõe um determinado sistema (FERGUSON, 1989). Existe uma hierarquia de dificuldade de montagem em relação aos materiais, componentes e sub partes dos sistemas. Para o entendimento deste princípio, o autor define cinco estágios de dificuldade, conforme segue:
 - a) montagem impossível: um componente pode ser montado de tal forma que sua desmontagem seja impossível; assim, em caso de colapso, todo o componente precisa ser substituído;
 - b) montagem possível com extrema dificuldade: a não visualização ou compreensão da seqüência de montagem de uma série de componentes pode resultar que todo o processo torne-se muito difícil para o construtor;
 - c) montagem possível com dificuldade: o manuseio de componentes largos e pesados através de aberturas, porém perigoso e difícil;

- d) montagem possível: a interface da montagem com as demais operações para a completa edificação deve ser garantida;
- e) montagem fácil: as operações de montagem são bem dominadas pelos técnicos e os equipamentos disponíveis são adequados; os componentes são projetados para o esquema de montagem. A figura 2.3 exemplifica a montagem fácil.

FIGURA 2.3 - EXEMPLO DE MONTAGEM FÁCIL



FONTE: FERGUSON (1989)

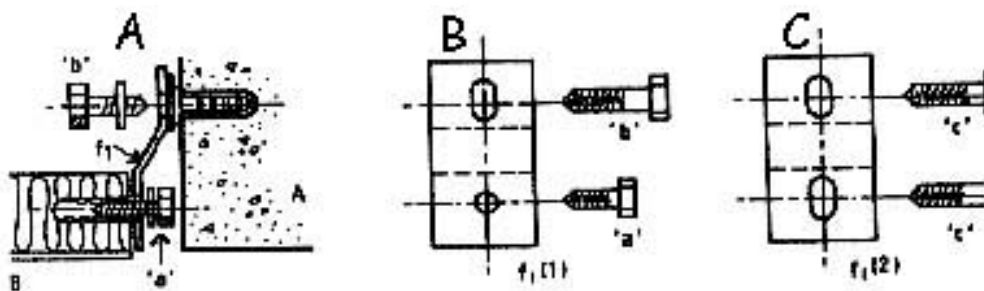
Na figura, os componentes “a” e “b” possuem largura padrão, reduzindo a variabilidade de componentes e possibilitando a repetição e a facilidade de encaixe “c”, princípios que são fundamentais na construtibilidade.

- **Flexibilidade**: projeto flexível é aquele que possibilita uma grande variedade de arranjos espaciais, usos e ampliações sem que sejam necessárias grandes alterações na edificação original (SZÜCS, 1998). Para Hertzberger (1996), flexibilidade significa que não há uma solução única que seja preferível a todas as outras. Segundo Corrêa et al. (1996), para obter flexibilidade nos processos construtivos é preciso que haja variedade arquitetônica em pequenos lotes de habitações, ou em uma industrialização aberta. A produção de componentes intercambiáveis dentro de determinadas tipologias construtivas deve permitir uma flexibilidade na composição dos componentes. A flexibilidade na construção deve ser relacionada à capacidade de alterar os produtos que estão sendo fabricados para atender uma variação de demanda (CARDOSO, 1998). Na construção civil, o uso da flexibilidade nos projetos está relacionada à padronização do processo produtivo. Contudo, isso não significa, necessariamente, a produção de edificações idênticas, mas sim o projeto de

componentes, elementos construtivos e unidades funcionais, ditos flexíveis, que possibilitam a produção através de um conjunto de operações repetitivas (CARVALHO & SAURIN, 1995).

- **Padronização:** a padronização é calcada na uniformização do produto. A falta de padronização resultante das técnicas construtivas é uma realidade alimentada pelo baixo nível de especificação e detalhamento dos projetos, bem como pela falta de uma política de treinamento de mão-de-obra (SABBATINI, 1989). Quanto à questão do aparente conflito entre diversificação de demanda e controle da variabilidade nos processos construtivos, deve-se entender que não se trata de uma padronização absoluta, mas sim, do estabelecimento de um padrão flexível, que propicie ampliar o domínio sobre o processo de trabalho e, simultaneamente, uma referência para a melhoria contínua ROLAND (1991). Na figura 2.4 é possível visualizar este princípio da racionalização.

FIGURA 2.4 - PADRONIZAÇÃO



FONTE: ADAPTADO DE FERGUSON (1989)

Na figura, em (A) os materiais e componentes são diferentes; em (B), há uma busca pela padronização, com componentes diferentes, porém os materiais são idênticos; por fim, em (C) existe a padronização de materiais e componentes, facilitando assim a montagem do sistema.

Este princípio é válido tanto para o projeto de componentes, como de detalhes de execução e dimensões utilização de materiais facilmente disponíveis no mercado, com tamanhos e especificações usuais.

- **Modulação**: modulação é a técnica que permite relacionar as medidas de projeto com as demais medidas modulares, por meio de um reticulado espacial de referência (FRANCO, 1992). Sendo o princípio da modulação o foco central desta dissertação, este princípio da construtibilidade é revisado em relação ao seu significado, implicações e mecanismos de implementação na seção seguinte.

2.6 MODULAÇÃO SEGUNDO A VISÃO DA CONSTRUÇÃO

2.6.1 Definição

A modulação é um instrumento geométrico, físico e econômico que tem por função compatibilizar dimensionalmente os espaços de uma edificação. Como instrumento de projeto, objetiva contribuir para a melhoria da qualidade do mesmo, facilitando a concepção, elaboração e construção das edificações. A implantação da coordenação modular requer o estabelecimento de um sistema que coordene as dimensões do projeto, aliado ao ordenamento racional dos componentes de construção, em suas partes e totalidade (ANDRADE, 2000).

A indústria da construção está mudando a forma de construir no canteiro usando materiais básicos para um processo de montagem: partes completas e complexas de edifícios são manufaturadas nas fábricas e montadas no canteiro de obras. A alteração gradual de construção para montagem tem resultado em processos construtivos mais eficientes, com a redução do tempo de construção e o aumento da qualidade das partes. Entretanto, a qualidade total do edifício não é determinada somente pela qualidade das partes componentes, mas principalmente pela maneira com que elas são reunidas. Neste sentido, a modulação é uma ferramenta importante na busca pela melhoria da qualidade as edificações.

A modulação é tratada neste trabalho como instrumento de racionalização do projeto e da produção de habitações de interesse social. A modulação na construção civil envolve uma gama de considerações, tanto em relação ao número de componentes quanto às condições de fabricação, montagem e execução. A conciliação de todos estes componentes em projeto, ou seja, a coordenação modular é de grande

importância, quando estão envolvidos dois aspectos: a repetição e a organização (NUIC, SOUZA e ARAUJO, 2003).

2.6.2 Terminologia

Nesta seção serão definidos os principais termos que compõe um sistema modular, sendo sistema modular uma organização onde o todo está em harmonia com as partes, e cada parte relativa é definida através de regras (SARJA e HANNUS, 1995). As definições que seguem são baseadas nas seguintes Normas Brasileiras sobre Coordenação Modular: NBR 5706, NBR 5708, NBR 5710, NBR 5718, NBR 5729.

Módulo básico: é definido como a distância entre dois planos consecutivos do Retículo Modular Espacial de Referência, que é de 10 cm por convenção internacional. Portanto, módulo é a unidade básica de medida para a coordenação dimensional dos componentes e das partes da construção.

Reticulado Modular Espacial de Referência ou Sistema 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. O Sistema de Referência possibilita o posicionamento e dimensionamento dos componentes sob um sistema de linhas bases, e viabiliza a representação dos componentes individualizados, para formar o organismo arquitetônico.

Quadrícula modular de referência: é a quadrícula com espaçamento entre suas linhas igual a 1M (10cm), sendo a quadrícula multimodular de referência àquela com o espaçamento entre suas linhas igual a 2M ou 3M, empregados de forma separada ou conjunta.

Coordenação Modular: é a técnica que permite relacionar as medidas de projeto com as medidas modulares por meio do sistema de referência (FERGUSON, 1989). Por Medida Modular entende-se a medida de um módulo ou a um múltiplo inteiro do módulo. Ela inclui o componente e a folga perimetral necessária para absorver tanto as tolerâncias da fabricação como a colocação em obra, de forma a garantir que cada componente disponha de espaço suficiente para sua colocação em obra, sem invadir a medida modular do componente adjacente. Medida de projeto é aquela determinada

para o projeto ou produção de um componente. Por definição, ela é inferior a medida modular, para possibilitar a inclusão da tolerância de fabricação e sua colocação em obra, sem invadir a medida modular do componente adjacente. Na prática, observa-se que pode haver diferenças entre as medidas. A tolerância de fabricação é a diferença máxima admissível entre a medida de projeto e a medida real, sendo esta a que se obtém ao medir qualquer componente de construção. A Medida Real será maior ou menor que a Medida Nominal, de acordo com as tolerâncias previstas na produção do componente; refere-se às verdadeiras dimensões dos componentes fornecidos e utilizados no canteiro.

Junta de projeto: é a distância prevista no projeto entre os extremos adjacentes de dois componentes da construção; a junta real é a distância real entre os extremos adjacentes de dois componentes da construção; o ajuste modular estabelece a junção entre os componentes e o sistema de referência.

Zona neutra: é a zona não modular entre retículos modulares espaciais de referência, destinada a absorver partes da construção de difícil modulação, por suas características técnicas ou funcionais.

Plano modular de referência (PMR): é o plano coincidente com a Quadrícula Modular, entendendo-se esta como o quadriculado com espaçamento entre suas linhas igual a 1M, que delimita componentes ou conjuntos importantes da construção, facilitando a sua identificação, tratamento técnico e dimensionamento.

As definições acima são a base para o entendimento da coordenação dimensional, que é a técnica que permite relacionar da maneira coordenada as medidas dos elementos e componentes, permitindo seu acoplamento através de simples montagem (FERGUSON, 1989).

Na próxima seção serão apresentados alguns dos impactos que a utilização do princípio da modulação causa na racionalização produtiva.

2.6.3 Impactos da modulação na visão tradicional para a racionalização produtiva

Geralmente as soluções dimensionais do projeto, como espessuras diferenciadas das paredes, espessuras do revestimento, alturas de portas e janelas e dos vãos deixados para serem preenchidos pela vedação vertical são concebidas sem que sejam considerados os valores que poderiam otimizar estes sistemas (FRANCO, 1998). Segundo o mesmo autor, com a utilização da coordenação dimensional e modular seria possível a padronização dos detalhes construtivos. Esta padronização, além de facilitar a execução e o controle dos mesmos, permitiria a padronização das soluções e o desenvolvimento de alternativas cada vez melhores para as diversas situações padrão. Desde a utilização de alvenarias tradicionais, até painéis com mais elevado grau de industrialização de seus componentes, a coordenação dimensional é requisito fundamental para diminuir a necessidade de ajustes, e para que não haja arremates ou improvisações, sendo que estas correspondem a situações de desperdício e diminuição da produtividade na execução dos serviços.

A utilização do conceito de modulação na construção de edificações para Habitação de Interesse Social traduz-se em vários benefícios, entre os quais: possibilitar a utilização de componentes industrializados com sistema de pré-fabricação e linhas de montagem; permitir a padronização dos componentes, gerando flexibilidade na colocação dos mesmos; facilitar a ampliação dos espaços seguindo a evolução das necessidades e condições financeiras dos usuários; permitir a utilização das linhas de montagem facilitando o planejamento e evitando *re-trabalhos*; tornar mais rápida a construção, reduzindo o tempo de mão-de-obra e conseqüentemente os custos finais (FRANCO, 1998).

Lucini (2001) enfatiza que a racionalização construtiva, vinculada ao conceito de modulação, possibilita a resposta a várias necessidades na produção das edificações, conforme os itens apresentados a seguir:

- repetição de técnicas e processos;
- redução da variedade de tipos e dimensões de componentes;

- compatibilidade dimensional e tecnológica entre componentes;
- intercambialidade de componentes;
- produção seriada de componentes e de montagem tipificada;
- autonomia de etapas de execução e de montagem de componentes;
- detalhamento e especificação técnica sistematizada;
- controle eficiente de custos e de produção;
- aumento da produtividade na fabricação e montagem.

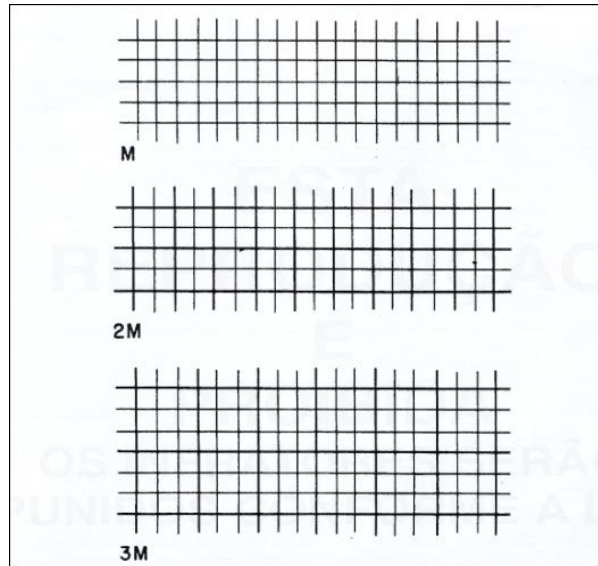
Neste contexto, a coordenação dimensional é uma ferramenta importante na busca de melhores práticas para as habitações, sendo especialmente importantes para as habitações de interesse social, foco deste trabalho.

2.6.4 Operacionalização da Modulação Geométrica

As etapas para se obter a modulação descritas abaixo são baseadas nos roteiros descritos por Lucini (2001) e Andrade (2000), com base nas Normas Brasileiras de Coordenação Modular. A coordenação modular pressupõe a disposição da edificação como um todo, sobre um sistema de planos paralelos a três planos ortogonais, dois a dois. Para a obtenção da coordenação modular, é necessário um sistema espacial de referência, possibilitando assim o posicionamento e o dimensionamento dos componentes sob um sistema de linhas bases (sistema de referência).

Quando a distância entre as linhas de referência e os planos paralelos de um sistema de referência é medida em termos de módulo (M), ou múltiplo de um módulo (multimódulo: $n \times M$), obtém-se um sistema modular de referência denominado de reticulado espacial modular de referência. A Figura 2.5 mostra graficamente o módulo M, e os multimódulos 2M e 3M.

FIGURA 2.5 –MÓDULOS (Nxm)

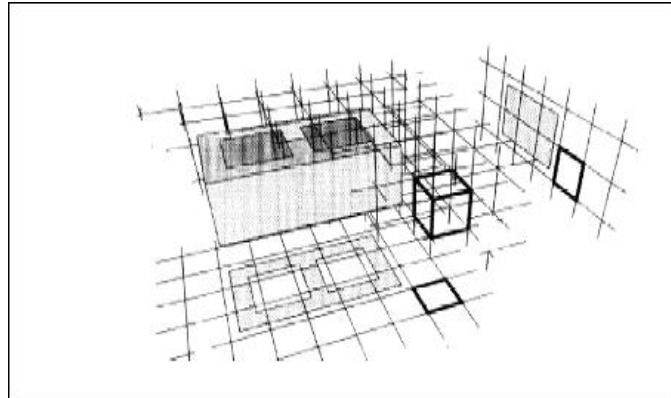


FONTE: NBR 5718 (1982)

O reticulado espacial modular de referência é constituído por pontos, linhas, malhas e planos que estão alinhados com o sistema de referência, definindo pontos, linhas, malhas e planos modulares, como se pode observar na Figura 2.6. Considerando que o reticulado espacial modular de referência é um sistema de referência sob o qual o edifício e seus componentes estão localizados, este deve permitir a livre disposição dos componentes modulares de acordo com as exigências do projeto, posicionando-os, quando necessário, nos planos modulares.

A projeção dos três planos ortogonais do reticulado espacial modular de referência, dada nos planos paralelos ao mesmo, define a base do sistema de referência em coordenadas cartesianas a duas dimensões. Assim, além de um sistema espacial modular de referência, três projeções, caracterizadas por coordenadas cartesianas, definem o quadriculado modular de referência.

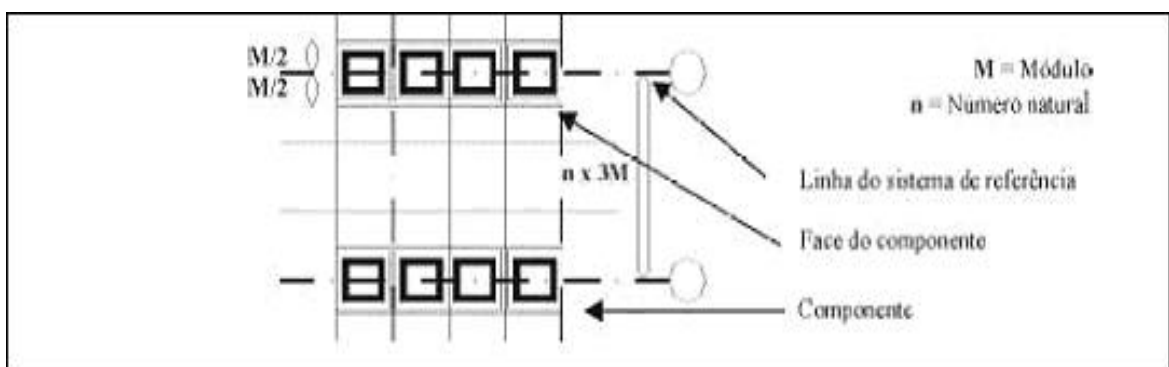
FIGURA 2.6 -RETICULADO ESPACIAL MODULAR DE REFERÊNCIA



FONTE: LUCINI(2001)

O sistema de referência apresenta-se como uma grandeza adimensional; portanto é necessário locar os componentes de construção, o que pode ser feito dispondo-o de três maneiras diferentes, a saber: simétrico, quando em sua projeção ortogonal suas faces estão eqüidistantes de uma linha do reticulado de referência; assimétrico, quando uma das faces está mais próxima da linha do reticulado de referência de que a outra, e lateral, quando em sua projeção ortogonal uma de suas faces está alinhada com a linha do reticulado de referência. A figura 2.7 apresenta graficamente um exemplo para locação simétrica do componente.

FIGURA 2.7- EXEMPLO DE LOCAÇÃO SIMÉTRICA DO COMPONENTE

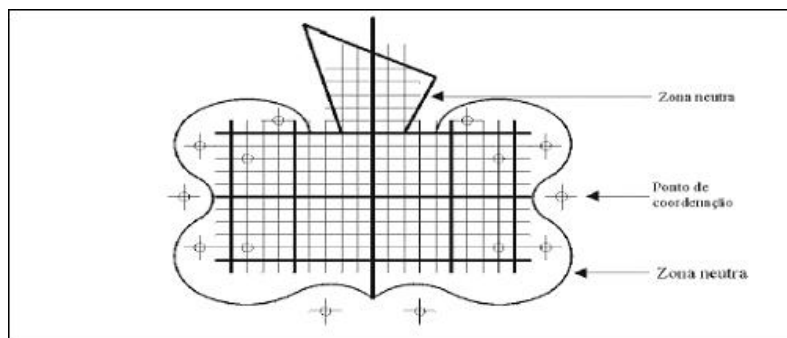


FONTE: ANDRADE (2000)

Em certos casos, por exigências particulares do projeto, é necessária a separação dos reticulados espaciais de referência por zonas não modulares. Nestas, a

representação dos reticulados são interrompidos por áreas não modulares, chamadas de zonas neutras. Sempre que possível, as zonas neutras devem ser evitadas, de forma que as vantagens da utilização de um único sistema de referência para projeto permaneçam. Através da figura 2.8 a zona neutra é exemplificada.

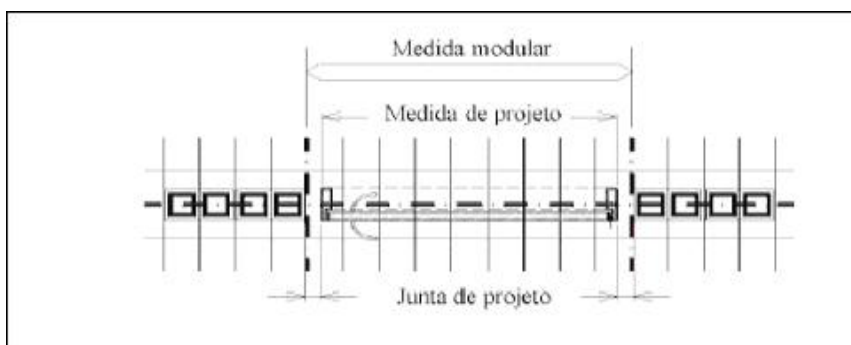
FIGURA 2.8 -ZONA NEUTRA, ARTICULADA COM O SISTEMA DE REFERÊNCIA



FONTE:ANDRADE (2000)

Para distinguir a representação dos componentes da representação do sistema de referência é importante diferenciar os conceitos de medida modular e medida de projeto (ver definições na seção anterior). A diferença entre uma medida e outra é ocupada pela junta de projeto, conforme mostrado na figura 2.9.

FIGURA 2.9 -INSERÇÃO DE PORTA NUM SISTEMA MODULAR

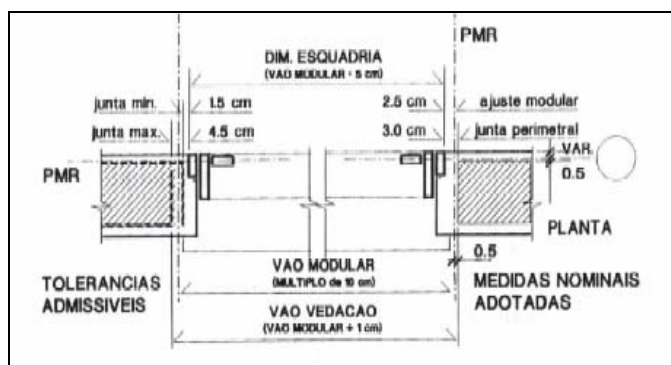


FONTE:ANDRADE (2000)

Na definição de critérios de dimensionamento da junta vão/esquadria, é necessário relacionar dimensões mínimas e características de revestimento e tipos de

abertura. Nesta fase, a definição de parâmetros para o lançamento modular de vãos e esquadrias é realizada, conforme mostra a figura 2.10.

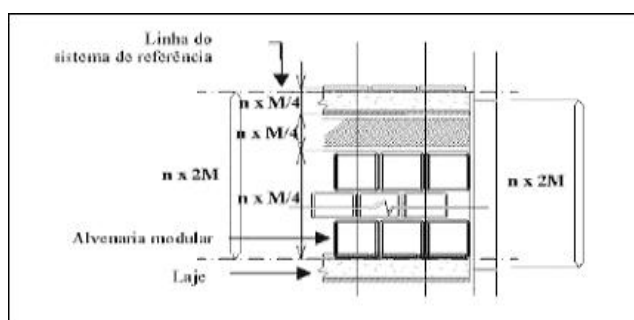
FIGURA 2.10 -ESQUADRIA NUM SISTEMA MODULAR



FONTE: LUCINI (2001)

Em relação aos planos horizontais (coordenação planimétrica), aos verticais (coordenação altimétrica) e aos específicos, que são os identificados por partes da edificação (estruturas, vedos verticais e horizontais, revestimentos e acabamentos, escadas, instalações, etc.), as medidas devem estar representadas em termos de múltiplos de módulos e devem estar associadas às dimensões preferenciais dos componentes de construção, de acordo com o demonstrado na figura 2.11.

FIGURA 2.11 - DETALHE DO ENTREPISO E VEDAÇÃO

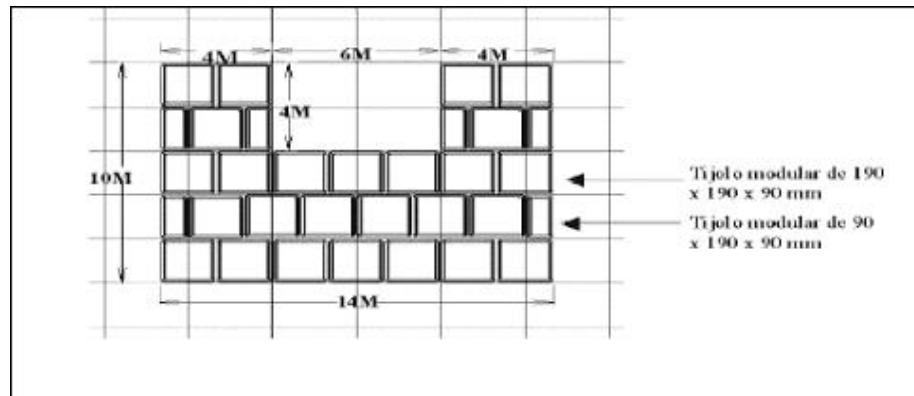


FONTE: ANDRADE (2000)

Para a representação dos vedos devem-se verificar as características e dimensões dos componentes que os formarão. Para vedos de alvenaria modular, por

exemplo, a forma de representação se assemelha às de paginação de alvenaria, porém relacionados a um reticulado modular, como mostra a figura 2.12.

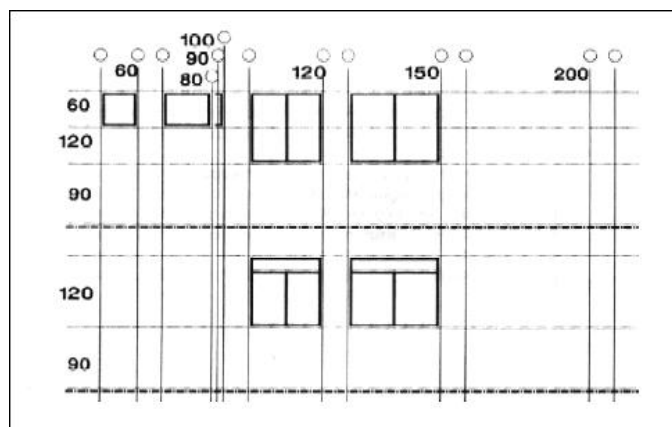
FIGURA 2.12 -DETALHE DA DISPOSIÇÃO DE TIJOLO



FONTE: LUCINI (2001)

Considerações gerais: a coordenação modular deve ser compatibilizada com os vãos de abertura, tendo em vista as dimensões externas de marcos e a necessidade de juntas entre estes e a alvenaria. A fixação de portas e janelas deve ser previamente estudada para que as tolerâncias sejam estabelecidas conforme o tipo de material a ser utilizado. Apresentamos um exemplo de estudo desta compatibilização na figura 2.13.

FIGURA 2.13 -EXEMPLO DE MEDIDAS MODULARES PARA ESQUADRIAS



FONTE: LUCINI (2001)

Alguns problemas podem ser encontrados à medida que se desenvolve um projeto de coordenação modular. Em relação a lajes e forros, quando as espessuras determinadas não coincidirem com o módulo, a preocupação da modulação vertical deve se restringir à medida de piso ao teto. Em relação a espessuras de paredes, quando são utilizadas espessuras diferentes, é necessário dispor o leiaute em planta de tal forma que os comprimentos individuais de cada parede fiquem moduladas entre as paredes ortogonais que as limitam.

Apresentamos nesta seção as etapas necessárias para a obtenção de coordenação modular, do ponto de vista da construção, ou seja, sob uma concepção geométrica. Na próxima seção será definida a modulação sob a ótica da manufatura, apresentados os impactos na racionalização produtiva, e, finalmente, será apresentada a forma de operacionalização sob este enfoque.

2.7 MODULAÇÃO SEGUNDO A VISÃO DA MANUFATURA

2.7.1 Definição

Módulo, segundo a definição utilizada na manufatura é a unidade básica do produto, tendo as interfaces padronizadas, possibilitando assim procedimentos como testes e pré-montagem, sem haver a interferência do produto como um todo (SANCHEZ, 2002). O conceito difere, portanto, da definição utilizada na construção civil, onde é fortemente voltada à questão da otimização geométrica entre componentes.

Os módulos têm sido por muito tempo uma concepção usada na indústria da manufatura (ERIXON et al., 2004). Na década de 60 foram realizadas as primeiras pesquisas sobre a aplicação da modularização, entendido como o ato de tornar algo modular, no desenvolvimento de produtos (MILLER & ELLGARD, 1998). Com o passar das décadas, o interesse pelo assunto têm aumentado, como pode ser verificado pelo volume cada vez maior de literatura sobre o tema. Segundo Pelegrini (2005), o aumento de interesse deve-se, provavelmente, a necessidade de inovação contínua e a tendência de customização em massa.

FIGURA 2.14 - EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE MÓDULO



FONTE:PELEGRINI (2005)

Para propiciar melhor entendimento da modularização na visão da manufatura, na seção seguinte serão descritas as principais definições dos conceitos utilizados no presente trabalho.

2.7.2 Terminologia

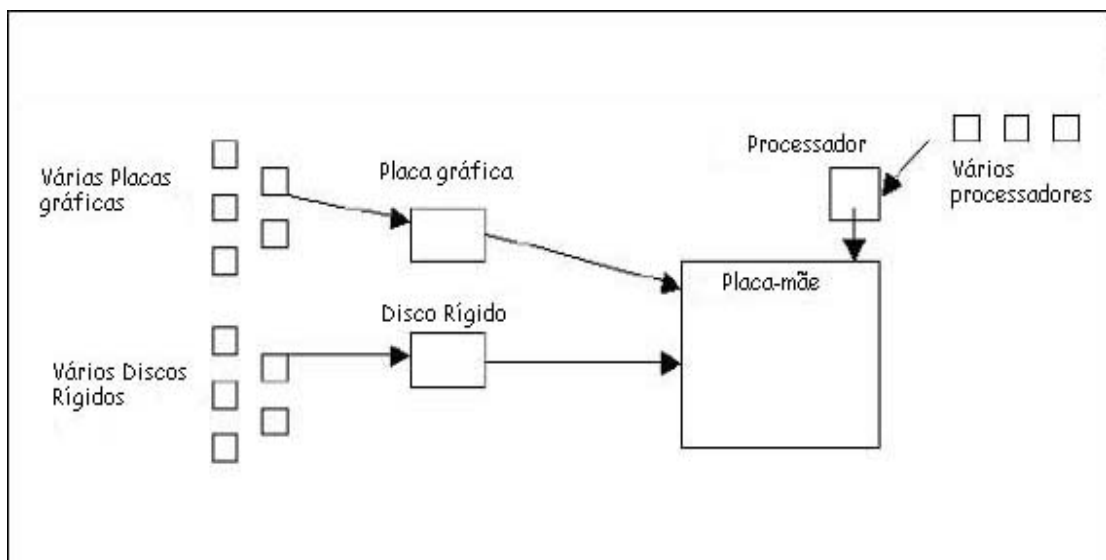
Módulo: o conceito de módulo evoluiu de uma medida padrão, passando por “unidades básicas construtivas”, no passado industrial recente, até chegar na definição atual mais presente na manufatura, onde a funcionalidade e a flexibilidade são a chave para o seu entendimento (PELEGRINI, 2005). Para Huang (2000), módulo é o componente, ou o conjunto deste, cujas especificações de interfaces e interações seguem uma padronização pré-definida. Hillström (1994) descreve um módulo como um ou mais componente ou subconjuntos que encontram em conjunto as seguintes exigências: habilidade de submeter-se a testes funcionais, ajustabilidade, interfaces padronizadas e a transportabilidade sem que haja alteração da função ou de ajuste. Módulo, então, é uma unidade funcional bem definida com relação ao produto do qual faz parte. O módulo possui características que possibilitam a composição de produtos distintos através de operações de combinação (MILLER & ELGARD, 1998).

Embora sejam muitas as definições, é difícil encontrar uma que seja unânime para o termo módulo. O denominador comum da maioria de descrições de módulo é provavelmente a idéia de que as interdependências são relativamente fracas entre os

módulos e, por outro lado, as interdependências são relativamente fortes dentro dos mesmos (PERSSON, 2004).

Para a formação dos módulos vários fatores devem ser considerados. Um dos aspectos relevantes, segundo Fixson (2003), é relacionado à taxa de inovação de cada componente de que o módulo é composto. Segundo Blackenfelt (2001), materiais, processos e fornecedores de componentes também devem ser incluídos nesta configuração. A figura 2.15 mostra graficamente os diversos módulos na formação da “placa mãe”, ou *Motherboard* dos computadores pessoais.

FIGURA 2.15 -MOTHERBOARD E SEUS COMPONENTES



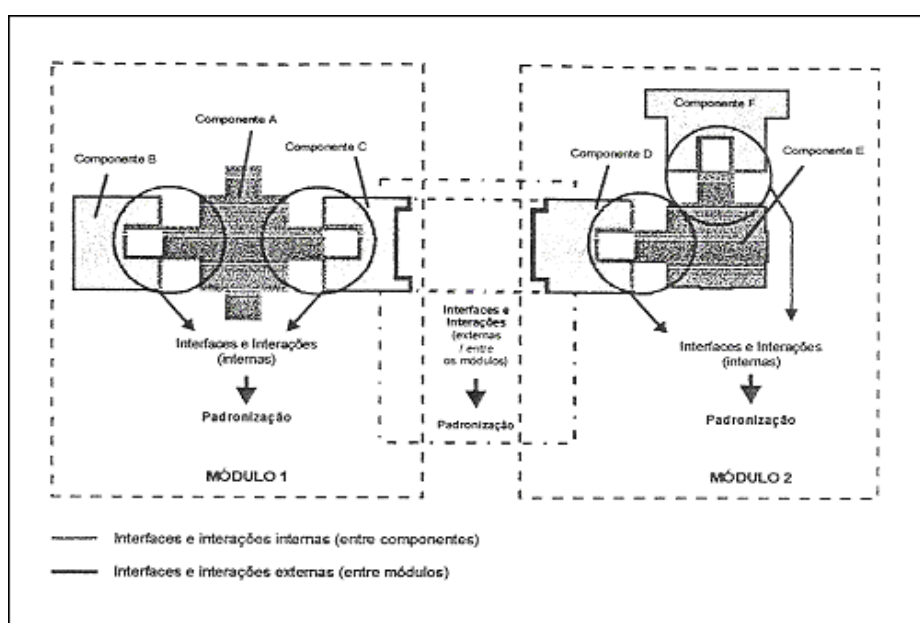
FONTE: ADAPTADO DE FIXSON (2003)

A figura mostra como os diferentes módulos de diferentes materiais e de diversos fornecedores formando um componente.

Agrupamento de componentes: Na formação dos módulos vários fatores devem ser considerados. Segundo Fixson (2003), deve-se preferencialmente agrupar componentes com taxa de inovação similares em um mesmo módulo. Para o presente trabalho o agrupamento de em relação a materiais e processos são fundamentais. Os componentes devem ser feitos do mesmo material e empregar processos similares, preferencialmente (BLACKENFELT, 2001).

Interfaces e interações: são conceitos fundamentais para a compreensão da modularização. Interfaces são meios de contato comuns entre componentes, módulos e sub-sistemas de uma determinada arquitetura de produto (MIKKOLA, 2000). A figura 2.16 ilustra as interfaces de encaixe entre dois módulos, apresentando a distinção entre as interfaces de encaixe entre os componentes (interfaces internas), e as interfaces entre os dois módulos (interfaces externas).

FIGURA 2.16 - INTERAÇÕES ENTRE MÓDULOS E COMPONENTES



FONTE:PELEGRINI (2005)

As interfaces consideradas mais relevantes para a construção civil, tendo como referência pesquisa realizada por Blackenfelt (2001), são as interfaces e as interações com encaixe, que determinam como um componente se encaixa no outro.

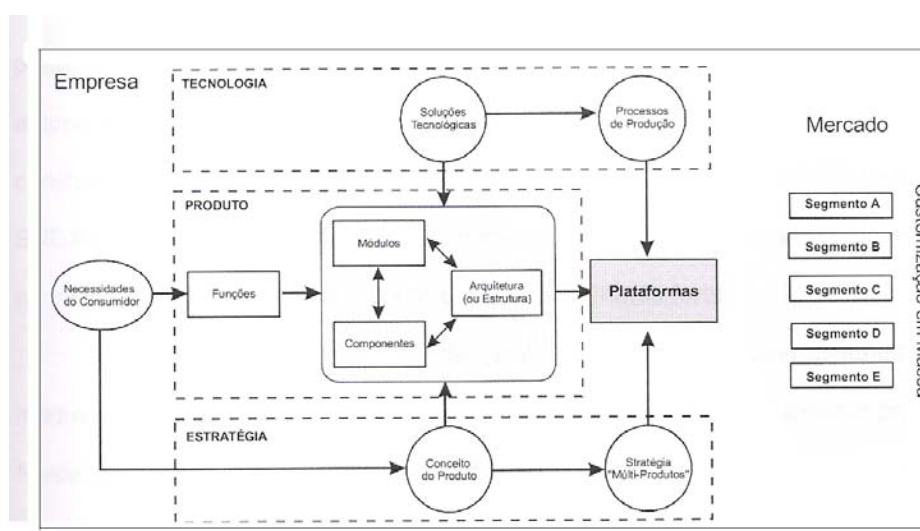
Arquitetura do produto: Van Wie et al. (2003), conceituam a expressão como sendo a transformação das funções do produto em “*layout*”, sendo este entendido como esboço ou desenho. Este conceito pode ser definido como um conjunto de módulos e componentes que formam uma base ou sistema em comum, através da qual podem ser desenvolvidos e produzidos uma série de produtos (FIXSON, 2003; de WECK et al., 2003; HEIKKILÄ et al., 2002). Para Mikkola (2000), arquitetura do produto é o arranjo

dos elementos funcionais de um produto. Ulrich (2001), acrescenta à definição anterior as seguintes características: mapeamento dos elementos funcionais relacionando-se com os componentes físicos do produto e a especificação das interfaces e interações entre os componentes físicos.

Plataforma de produtos: um produto pode ser configurado a partir da combinação de módulos pertencentes a um sistema maior (PELEGRINI, 2005). Plataforma de produtos pode também ser definida como um espaço de configuração, a partir do qual pode-se trabalhar a variedade e a customização em massa do produto (FIXSON, 2003). Assim, o conceito pode ser entendido como o conjunto de módulos e componentes que formam uma base ou sistema em comum, da qual uma série de produtos pode ser desenvolvido (FIXSON, 2003; de WECK et al., 2003; HEIKKILÄ et al., 2002).

A utilização da plataforma de produtos apresenta várias vantagens, segundo Fixson (2003), onde a principal delas se reflete no ganho de tempo e na otimização de recursos no desenvolvimento e lançamento de novos produtos. A figura 2.17 representa os principais elementos relacionados à formação de plataformas de produtos.

FIGURA 2.17 - PRINCIPAIS ELEMENTOS PARA A FORMAÇÃO DE PLATAFORMAS

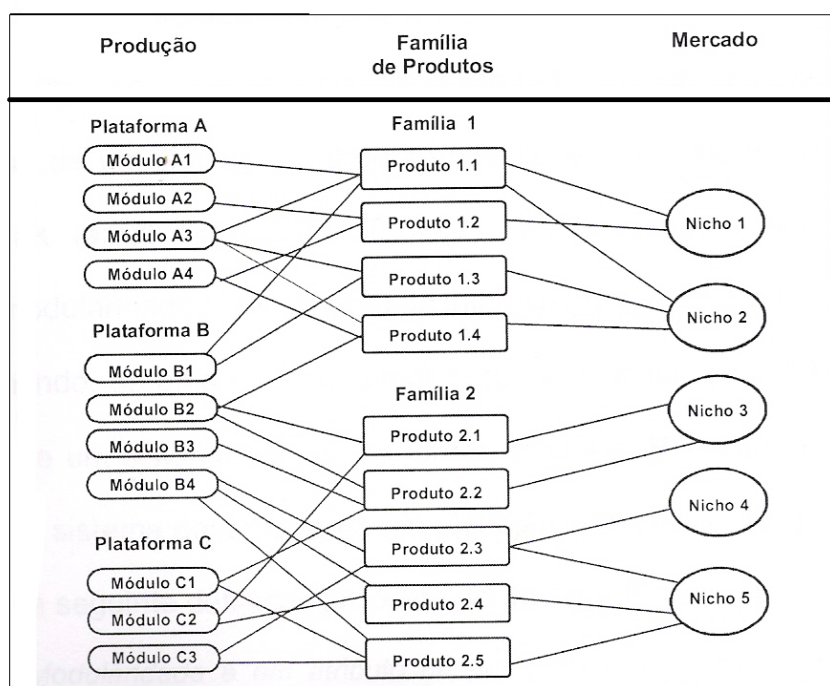


FONTE: MUFFATTO E ROVEDA, 2002, APUD PELEGRINI, 2005).

As estratégias de modularização exigem participação integrada de todos os envolvidos no desenvolvimento do produto; portanto, as decisões relacionadas à arquitetura e plataforma de produtos devem considerar e buscar um relacionamento próximo com fornecedores e parceiros (MUFFATO & ROVEDA, 1999). Na figura apresentada o processo é todo orientado para a customização em massa.

Famílias e sistemas de Produtos: é possível formar famílias e sistemas de produtos a partir de uma plataforma de componentes modulares. Do ponto de vista da funcionalidade dos produtos esta possibilidade é importante, visto que auxilia no atendimento a nichos de mercado (HEIKKILÄ et al., 2002). Através da figura 2.18 é possível perceber como os módulos, produto, família de produtos se articulam de forma integrada.

FIGURA 2.18 - PLATAFORMAS PARA A FORMAÇÃO DE FAMÍLIAS DE PRODUTOS



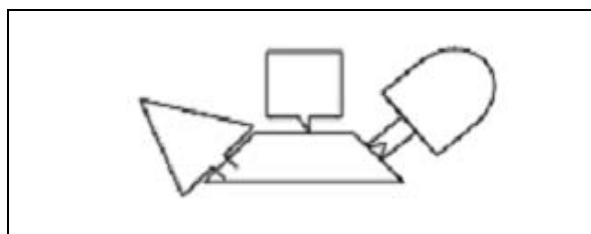
FONTE: EGGEN (2003)

A configuração de famílias de produtos devem considerar desde o princípio o aspecto de possuir uma plataforma de módulos e tecnologias em comum (PELEGRINI, 2005)

Modularidade: a modularidade é a propriedade de um sistema ser ou se tornar modular, sendo assim um atributo do sistema decorrente de um planejamento prévio (PELEGRINI, 2005). Miller e Elgard (1998), definem modularidade como um atributo de um sistema relacionado a sua estrutura e funcionalidade, sendo que uma estrutura modular consiste na junção de módulos por meio de interfaces e interações padronizadas. A substituição de um módulo por outro gera uma variação no produto. Segundo Eggen (2003), a existência de um sistema composto por famílias ou linhas de produtos é essencial para a modularização. Podem ser desenvolvidos diferentes tipos de modularidade, conforme a organização do sistema modular. De acordo com Mikkola (2000), a especificação das relações deve bem ser definida com tolerâncias que permitir que um componente se conecte com outro sem comprometer a funcionalidade do novo componente criado pela combinação destes componentes. Definindo inicialmente as relações no processo do desenvolvimento e projetando as relações, o desenvolvimento futuro de variantes do produto é facilitado. Este é um resultado da possibilidade para desenvolver os módulos independentes, de acordo com Kenger (2004). Segundo classificação proposta por Ulrich e Eppinger (2000), são três os tipos de modularidade, classificadas de acordo com as diferenças nas interações entre as partes. Os tipos são citados e exemplificados a seguir:

Modularidade por slot: as relações das partes são diferentes uma da outra, assim uma parte não pode ser intercambiada com outra. A figura 2.19 demonstra graficamente a definição acima.

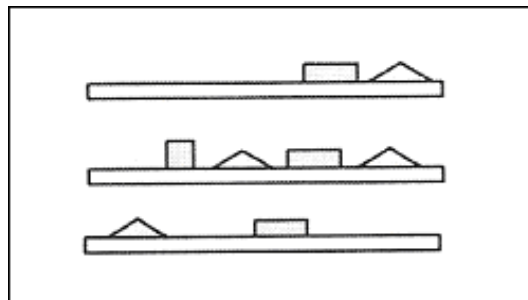
FIGURA 2.19 - MODULARIDADE POR *SLOT*



FONTE: ULLRICH E EPPINGER (2000).

Modularidade por bus: caracteriza-se por empregar uma estrutura base que pode receber diferentes tipos de componentes. Um exemplo pode ser o cartão da expansão para um computador pessoal, e na figura 2.20 é possível perceber esta característica.

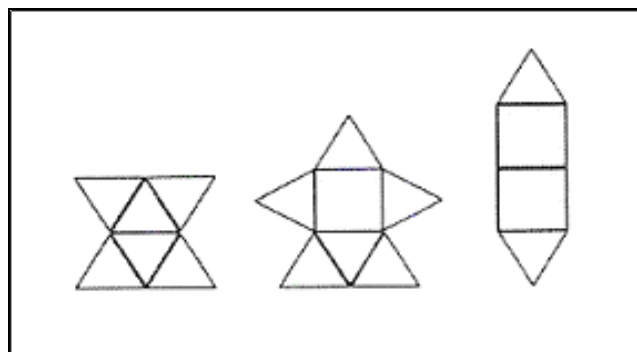
FIGURA 2.20 - MODULARIDADE POR BUS



FONTE: ULRICH E EPPINGER (2000)

Modularidade seccional: é o método que proporciona o maior grau de variedade de customização. Caracteriza-se por possibilitar uma ampla possibilidade de configuração entre diferentes tipos de componentes. A figura 2.21 demonstra a possibilidade de realizar diversas configurações partindo de elementos básicos. Um exemplo para este tipo da arquitetura são as divisórias utilizadas em escritórios.

FIGURA 2.21 - MODULARIDADE SECCIONAL

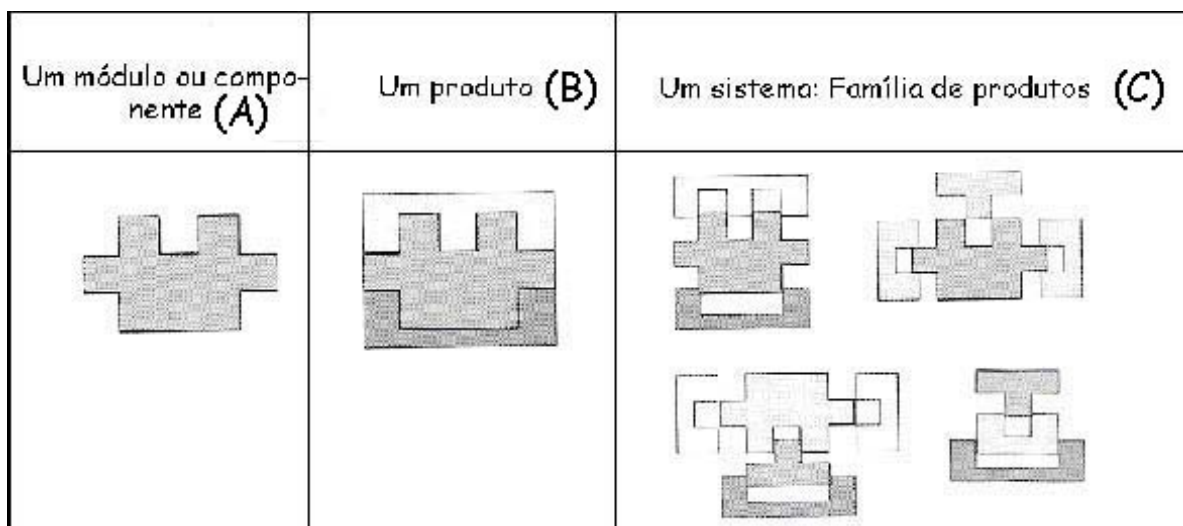


FONTE: ULRICH E EPPINGER (2000)

Modularização: modularização é uma estratégia para organizar e desenvolver produtos e processos de forma mais eficiente e dinâmica (BALDWIN & CLARK, 1997). De acordo com a definição de Miller e Elgard (1998) modularização é a atividade (ou o

processo) de estruturação e padronização dos módulos. A figura 2.22 ilustra de forma esquemática os conceitos apresentados.

FIGURA 2.22 - VISÕES DA MODULARIZAÇÃO



FONTE: MILLER E ELGARD (1998), apud PELEGRINI (2005)

A figura acima apresentada demonstra graficamente em (A) uma unidade funcional básica, o módulo. Em (B) é apresentado um produto, composto de três módulos; percebe-se que esta possui interfaces e interações bem definidas. Em (C) temos um sistema ou família de produtos, que possui interfaces e interações bem definidas e padronizadas, a fim de possibilitar diversas combinações entre os módulos, que é um princípio essencial para a criação de variedade.

Na seção seguinte serão descritos alguns dos impactos que a utilização do princípio da modularização causa na indústria da manufatura.

2.7.3 Impactos da modulação na visão da manufatura para a racionalização produtiva

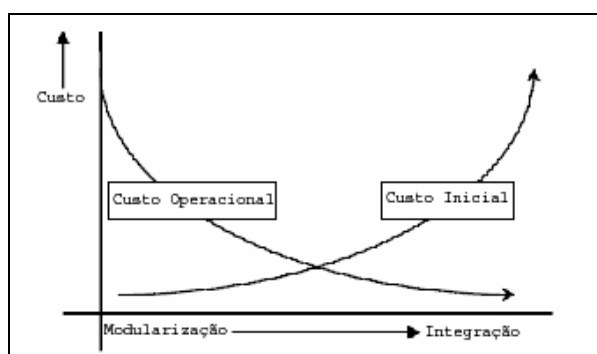
Os atributos funcionais desejáveis são decompostos em unidades básicas, denominados módulos. A perspectiva de desenvolvimento de produtos se dá de forma sistêmica, sendo o produto concebido a partir de uma plataforma. Dessa forma, é possível obter futuras variações ou aperfeiçoamentos (CLARK, 1997). Neste contexto, as interfaces e as interações entre os módulos são amplamente especificadas.

No quesito agilidade, as atividades e as tarefas são planejadas em paralelo, sendo assim menor o tempo de desenvolvimento e menor a possibilidade de ocorrer erros. Todo o direcionamento de produção é para a customização em massa, obtendo-se como resultado o produto, ou a família de produtos modulares (ULRICH, 2002).

Baldwin e Clark (1997) afirmam que a modularização aumenta o grau de comunicação entre a empresa e cliente, permitindo que se crie um produto que realmente atenda as necessidades destes. Considerando que oferecer qualidade para satisfazer o cliente é o objetivo principal da empresa, e que uma característica das pessoas é a necessidade de variabilidade, a modularidade auxilia neste processo (FISHER, 1998). A qualidade de um produto pode ser descrita como o que ativa melhor o respeito, a confiança e o compromisso a um produto antes, durante e depois do uso (BERGMAN, 1994).

A modularização cria possibilidades de produzir com o custo mais baixo, permitindo um conjunto de combinações, gerando novos produtos (OYEBODE, 2004). Outro impacto importante desta visão é a possibilidade de postergar decisões do projeto, permitindo que o designer gerencie as mudanças nas exigências do mercado que afetem o produto (BALDWIN & CLARK, 1997). A figura 2.23 demonstra graficamente a afirmação.

FIGURA 2.23 -CUSTO INICIAL X CUSTO OPERACIONAL



FONTE: ADAPTADO DE VERHULST (1997)

A flexibilidade aumenta e permite decisões retardadas até que haja mais informações disponíveis, sem, entretanto, retardar o processo de desenvolvimento do

produto (GERSHENSON et al., 1999). Usando os mesmos componentes em produtos diferentes, o número total de peças diminuirá. Um produto pode ser melhorado ou reconstruído com poucas peças diferentes. Conseqüentemente, a utilização da modularização permite responder mais rapidamente às demandas do mercado (TATE et al., 1998).

A seguir são descritas as principais vantagens que a modularização apresenta, sob a abordagem da manufatura (BALDWIN & CLARK, 1997):

- Variedade de produtos e customização em massa;
- Maior velocidade de atualização do produto;
- Redução de custos;
- Inovação e introdução rápida de novos produtos;
- Redução de risco e gestão da complexidade;
- Redução do impacto ambiental.

Neste contexto, a modularização é uma ferramenta importante na busca de melhores práticas nas indústrias, na busca constante por melhorias. Na próxima seção será apresentada a forma de operacionalização sob o enfoque da manufatura.

2.7.4 Operacionalização da Modulação Segundo a Manufatura

O processo de modularização exige uma abordagem sistêmica para sua implementação. Na literatura são encontradas diversas abordagens em relação a modularização. Como exemplo, podem ser citadas: MFD, sigla em inglês para “Desdobramento da Função Modular”; DSM, sigla em inglês para “Matriz de Projeto Estruturado”, e o DFMA, sigla em inglês para “Projeto para Manufatura e Montagem. Segundo Blackenfelt (2001) e Eggen (2003), é necessário o mapeamento das inter-relações de métodos especificamente orientados para a tarefa de operacionalização. Saber selecionar corretamente a ferramenta é fundamental para o sucesso do projeto (FIXSON, 2003).

Estes métodos podem ser utilizados para o desenvolvimento de produtos existentes ou para novos produtos, mas diferem em sua realização. As etapas abaixo descritas são para MFD, baseadas nos roteiros descritos pelos autores (ERIXON, 1998, PELEGRINI, 2005).

Desdobramento da Função Modular- *Modular Function Deployment (MFD)*: esta teoria foi desenvolvida por Erixon (1998), como parte de sua tese de doutorado. O método se caracteriza por ser um método orientado especificamente para a criação de variedade de produtos através da modularização (BLACKENFELT, 2001). Segundo Blackenfelt (2001) e Eggen (2003), a MFD é uma abordagem metodológica que indica quais são os passos necessários para a modularização de um produto, dividindo-se nas seguintes etapas:

- a) **Identificação das necessidades e requisitos do consumidor**: primeiramente as exigências do cliente têm que ser esclarecidas de modo que as especificações de produto possam ser ajustadas. Para esta etapa é utilizada uma ferramenta chamada de QFD (Distribuição de Função de Qualidade). As necessidades do cliente são relacionadas na matriz de QFD com as exigências do produto, e adicionalmente com sua habilidade de construção sobre um módulo.
- b) **Desenvolvimento e seleção de soluções técnicas**: as funções secundárias dos produtos devem ser identificadas nesta etapa. Para tanto, a matriz do projeto deve ser usada.
- c) **Geração de conceitos modulares**: esta geração é realizada com auxílio do MIM (Matriz Modular da Indicação), que é um fundamental neste método. Nesta matriz cada função secundária é avaliada. Os componentes da matriz são diferentes forças utilizadas de acordo com a estratégia, que indicam uma maneira de combinar as peças nos módulos.
- d) **Avaliação dos conceitos gerados**: após esta avaliação, as mudanças propostas são comparadas com a situação existente. Um fator importante que

deve ser avaliado com cuidado nesta fase é o setor financeiro. Como exemplo podemos citar: custos e concorrentes, entre outros.

- e) **Aperfeiçoamento de cada módulo**: nesta etapa, cada módulo é considerado como único. Conseqüentemente a matriz MIM trabalha como um indicador.

No Quadro 2.1 são apresentadas as etapas da metodologia descrita anteriormente.

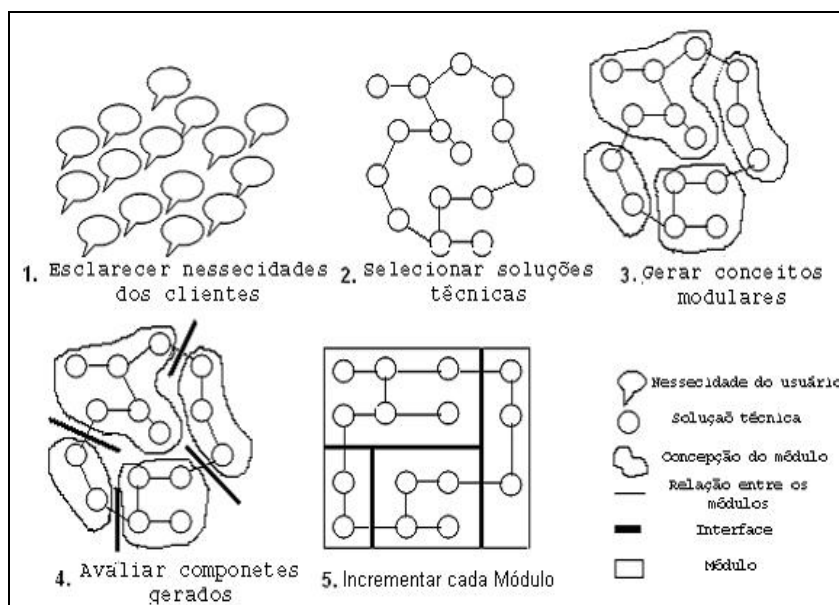
QUADRO 2.1 - ETAPAS DA METODOLOGIA MFD

PASSOS	METODOS	AÇÕES PRINCIPAIS
Esclarecer necessidades dos clientes	Verificar necessidades clientes Verificar propriedades dos produtos QFD	Utilizar QFD para transformar as necessidades clientes em propriedades dos produtos
Selecionar soluções técnicas	Soluções técnicas	Criar sub funções e encontrar soluções técnicas que resolvam os problemas
Gerar conceitos	Módulo condutor MIM	Definir soluções para os módulos através de MIM, com auxílio do módulo condutor
Avaliar os conceitos gerados	Gerenciamento de interfaces PMM	Definir e descrever as interfaces Generalizar PMM
Refinar e melhorar os módulos	DFX MIM	Otimizar os produtos modulares

FONTE (ERIXON, STAKE E KENGER, 2004)

A Figura 2.24 demonstra de forma gráfica o quadro apresentado.

FIGURA 2.24 - ETAPAS DO MÉTODO MFD



FONTE: ELLGREN (2003)

Segundo Pelegrini (2005), neste processo a descrição das etapas necessárias para a geração de produtos modulares são descritas de forma correta, sem apresentar um método de estruturação de desenvolvimento de componentes e módulos através da formação de plataformas de produtos.

2.8 DISCUSSÃO

É recomendado que arquitetos, junto com engenheiros, empreendedores e construtores, estabeleçam na fase de concepção do projeto os vãos modulares, os critérios e os padrões que deverão nortear a elaboração e o desenvolvimento de cada projeto. Estes critérios não devem ser encarados como limitadores de criatividade, mas como um item programático visando construções mais racionais, além de um importante passo para a desejada coordenação modular na construção civil.

O relatório da ANTAC sugere que os edifícios deixarão de ser produtos únicos, sendo compostos por componentes relativamente independentes, de durabilidade

variável, cujas conexões permitirão a substituição de componentes com relativa facilidade. O surgimento de componentes padronizados, segundo uma lógica de industrialização aberta oferecerá condições para ganhos de produtividade e redução de prazos. Deverá aumentar a oferta de produtos com a lógica de subsistemas, o que tende a mudar o papel dos fabricantes na construção. Alguns destes fabricantes vão aumentar o valor agregado a seus produtos, oferecendo também projeto, instalação e outros serviços associados. Estes passam a assumir um papel muito maior de responsabilidade sobre o produto final, devendo desenvolver uma melhor percepção das necessidades dos clientes finais. Não só a coordenação modular, mas também a boa conectividade entre componentes e subsistemas passarão a ser um requisito necessário (ANTAC, 2002).

Neste mesmo contexto, segundo o relatório citado, existe uma oportunidade para a indústria de componentes para desenvolver produtos mais adequados a esse mercado, como componentes leves e *kits* para montagem relativamente simples, com instruções claras. Tende a aumentar o foco nas necessidades dos clientes, devendo ser enfatizado o controle horizontal de processos, baseado na definição clara de relação cliente-fornecedor. Assim, um maior esforço de identificação do perfil e dos requisitos do cliente deverá ser realizado. Isto envolverá não somente métodos diretos, como pesquisas e questionários, mas também métodos indiretos que permitam estimar aqueles requisitos que os clientes tem dificuldade em externalizar. Um dos mecanismos que deverá ser fortemente utilizado é a participação direta dos clientes nas decisões, dentro de um processo de desenvolvimento de produto adequadamente planejado.

Um esforço maior também deverá ser aplicado ao processo de “educar” o cliente quanto ao produto que está sendo adquirido, incluindo desde a disseminação de informações quanto a alternativas de produtos e serviços e seus respectivos custos, até instruções sobre como usar adequadamente o produto. Os projetos de sistemas prediais tendem a aumentar a sua importância, pela crescente complexidade destes. Menos trabalho será realizado no canteiro de obras, aumentando a parcela de tarefas realizada em escritório e nas fábricas de componentes. Uma parte substancial de trabalho artesanal típico da construção civil deverá ser substituído pela montagem de

componentes, que requer menos esforço físico e novas competências profissionais. Os fabricantes deverão estabelecer uma maior integração como processo de construção, buscando aumentar o valor agregado aos seus produtos através da introdução de serviços associados, tais como projeto, serviço de entrega planejada, instalação e manutenção durante o uso. Os revendedores de materiais, que tem um papel importante no atendimento a pequenos consumidores, poderão assumir papéis de maior impacto na cadeia, como gerenciamento logístico e montagem de *kits*. A cadeia produtiva que forma o setor da construção civil é bastante complexa e heterogênea. Ela conta com uma grande diversidade de agentes intervenientes e produtos parciais gerados ao longo do processo de produção. Estes produtos incorporam diferentes níveis de qualidade, e irão afetar a qualidade do produto final.

O conceito de edifício aberto, o qual tem como idéia central responder às várias necessidades de usuários individuais do projeto, da tomada de decisão e do processo da execução, é uma maneira organizada de resposta às demandas da diversidade, da adaptabilidade e da participação do usuário no ambiente construído. No edifício aberto o ambiente construído é aproximado como um produto constantemente em mudança pela ação humana, com as características centrais do ambiente resultando das decisões feitas em vários níveis. A fim de fornecer aos ocupantes em perspectiva a oportunidade de influenciar sua moradia, os elementos decididos pelo residente devem ser fáceis de mudar. Assim, algumas premissas do edifício aberto são envolver o usuário nas decisões a respeito de seu ambiente; aumentar a adaptabilidade; ajudar no sentido das exigências da acessibilidade em uma sociedade de envelhecimento e promover o desenvolvimento sustentável distinguindo as peças do edifício de acordo com suas extensões de vida.

A ANTAC propõe, como prioridade, a lógica de subsistemas nos componentes pré-fabricados, a coordenação modular e a melhoria da conectividade entre os subsistemas. Em reforço a esta idéia, Barlow (1998) diz que a partir das lições de outras indústrias pode ser possível desenvolver sistemas para a habitação mais econômicos e flexíveis. Para tanto, propõe a aplicação de conceitos como “produção ágil” e “customização de massa”, ou seja, que sejam adaptados às necessidades

individuais dos usuários. Para tornar possível a individualização a custos comparáveis com a produção de massa é necessário a captura dos requisitos individuais do consumidor e o aumento da participação deste no processo de projeto. Percebe-se, assim, que apesar das dificuldades relacionadas sobretudo a falta de padronização na construção civil, a ICC segue as tendências da indústria da manufatura.

3 METODO DE PESQUISA

3.1 CONTEXTO DO CAPÍTULO

Este capítulo apresenta uma descrição do método de pesquisa utilizado para a realização deste trabalho. O capítulo inicia com a descrição da escolha da filosofia e estratégia de pesquisa utilizadas no seu desenvolvimento. Posteriormente são apresentados o delineamento do processo de pesquisa e a descrição das etapas e dos métodos e técnicas para a coleta de dados empregados.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

No campo da pesquisa, existe grande quantidade de literatura dedicada a buscar melhorias na concepção dos projetos para a população de baixa renda. Porém, há um volume de literatura bem menor quando se trata especificamente da modulação dos componentes para sistemas abertos. Existem diversos trabalhos acadêmicos desenvolvidos, mas, apesar da importância do tema, percebe-se que há dificuldades na aplicação dos princípios pelos profissionais da área. Conforme exposto no Capítulo 2, independente de qual o ponto de vista analisado, a busca pela modulação deve ser iniciada no projeto para ser passível de execução.

Com a implantação no Brasil de vários programas habitacionais de interesse social, há a necessidade de formalizar e desenvolver conhecimento sobre este assunto, visto que a modulação dos componentes é uma ferramenta importante para melhorar as habitações, especialmente as destinadas para a população de baixa renda, foco deste trabalho. É importante discutir os problemas e as soluções implementadas com profissionais e acadêmicos que desenvolvem pesquisas na área. Assim, as novas gerações de arquitetos, engenheiros e tecnólogos poderão melhorar a prática profissional.

Esta pesquisa busca contribuir com diretrizes para implementar o princípio da modulação nas habitações de interesse social na Região Metropolitana de Curitiba,

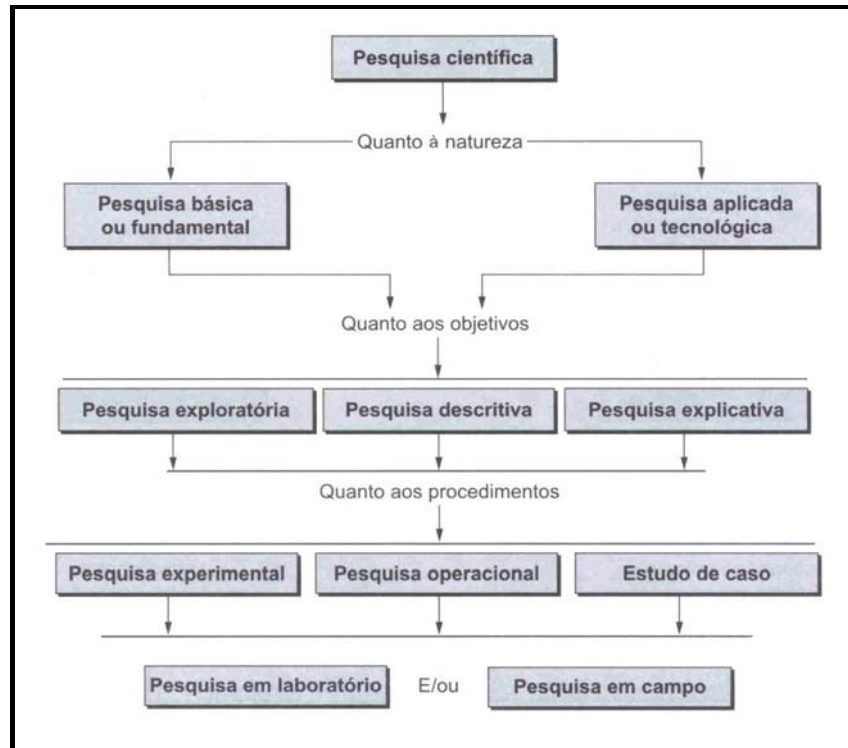
incrementando o avanço do conhecimento nesta área. Para tanto, durante a realização deste trabalho serão investigadas soluções para o seguinte problema de pesquisa: Como implementar sistemas construtivos abertos para Habitação de Interesse Social (HIS) através da modulação, tanto sob a ótica tradicional da construção quanto da manufatura?

Com relação aos objetivos, a presente pesquisa tem características de estudo exploratório, na medida que procura explorar a aplicação do conhecimento desenvolvido para outras tipologias de sistemas construtivos, migrando para o caso específico de sistemas abertos para habitação de interesse social.

Outra justificativa para caracterizar a pesquisa como exploratória é que o foco do trabalho é o estabelecimento de diretrizes, o que implica em entender a dinâmica do fenômeno sob análise muito mais do que estabelecer uma relação causal. As generalizações de um estudo com esta natureza são de natureza analítica e não estatística (YIN, 2005). Segundo Marconi e Lakatos (2003), estudos exploratórios contribuem para desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com o problema de pesquisa em seu ambiente real e, também, apontar outros problemas para pesquisas futuras, além de clarificar conceitos.

De acordo com a estrutura teórica proposta por Jung (2004), relativa à classificação dos métodos de pesquisa, conforme representado na figura 3.1, pode-se afirmar que a presente pesquisa não é do tipo descritiva, pois o objetivo desta não é expor minuciosamente as características conhecidas, componentes do fato ou fenômeno (GIL, 2002). Também não pode ser considerada como explicativa, visto que não busca estabelecer relações de causa e efeito, o que implicaria em utilizar o experimento como método de pesquisa.

FIGURA 3.1 -CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS DE PESQUISA



FONTE: ADAPTADO DE JUNG (2004)

Uma das escolhas quanto ao desenvolvimento de um processo de pesquisa refere-se ao aspecto filosófico. Este expressa a forma como dados e teoria serão relacionados (EASTERBY-SMITH et al.,1991). Existem diversas variantes em relação à posição filosófica mais apropriada. Porém, duas destas posições são mais contrastantes: o positivismo ou racionalismo, e a fenomenologia ou interpretativismo (EASTERBY-SMITH et al.,1991).

A característica principal da pesquisa racionalista ou positivista é a crença de que o fenômeno estudado existe, independente do contexto da pesquisa ou de crenças e concepções do pesquisador (MEREDITH, 1998). Assim, os relacionamentos e observações são considerados por serem independentes da teoria utilizada para explicá-los. Desta forma, podem ser estudados, manipulados e controlados segundo a necessidade do pesquisador, empregando métodos quantitativos para descrever e explicar os fenômenos, na maioria das vezes.

Por outro lado, a fenomenologia ou interpretativismo utiliza tanto métodos quantitativos quanto qualitativos para ajudar o entendimento do fenômeno. Para este conceito, o entendimento é alcançado dentro de uma estrutura de concepções, crenças e perspectivas especificadas pelo pesquisador (MEREDITH, 1998). Pela natureza do problema e pelas questões da pesquisa apresentados no Capítulo 1, estes conduziram a eventos característicos da vida real. Por esta razão, a opção foi por uma abordagem fenomenológica. Nesta, a pesquisadora investigou os processos observados, coletando evidências para possibilitar um melhor entendimento dos fenômenos em observação.

3.3 SELEÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA ADOTADO

A seleção do método de pesquisa utilizou como parâmetro principal a caracterização do problema apresentado na seção anterior. O Quadro 3.1 a seguir demonstra um esquema básico para a escolha do método a ser utilizado.

QUADRO 3.1 -SITUAÇÕES PARA DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE PESQUISA

ESTRATÉGIA	FORMA DE QUESTÃO DE PESQUISA	EXIGE CONTROLE SOBRE OS EVENTOS COMPORTAMENTAIS?	FOCALIZA ACONTECIMENTOS CONTEMPORÂNEOS?
Experimento	Como, por que	Sim	Sim
Levantamento	Quem, onde, quantos, quando	Não	Sim
Pesquisa bibliográfica	Como, por que	Não	Não
Análise documental	Quem, o que, onde, quantos, quando	Não	Sim/não
Estudo de caso	Como, por quê	Não	Sim

FONTE: YIN (2005)

Segundo YIN (2005), existe três condições que devem ser avaliadas para a definição do método de pesquisa. A primeira é o tipo de questão de pesquisa, a segunda é a extensão de controle que o pesquisador tem sobre os eventos comportamentais efetivos, e a terceira é o grau de enfoque nos acontecimentos históricos em oposição aos acontecimentos contemporâneos.

Face às características existentes, a estratégia de pesquisa escolhida foi o estudo de caso. Para Yin (2005), o estudo de caso deve ser utilizado quando são colocadas questões do tipo “como” e “por que”; quando o pesquisador tem pouco ou nenhum controle sobre os eventos e ainda quando o enfoque encontra-se em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real.

Outra peculiaridade do estudo de caso, segundo Meredith (1998), é que essa estratégia tipicamente utiliza múltiplos métodos e ferramentas para coleta de dados, e considera os aspectos contextuais e temporais do fenômeno contemporâneo em estudo.

Os métodos e ferramentas empregadas incluem tanto enfoques quantitativos como qualitativos. Nesta pesquisa foi utilizado o estudo de caso único, que, segundo Yin (2005), é válido para se determinar se as proposições de uma teoria são corretas, ou se algum outro conjunto alternativo de explicações possa ser mais relevante.

Neste contexto, o Quadro 3.2 descreve de forma sucinta as diferentes formas de condução de uma pesquisa e as características de cada um destes métodos.

QUADRO 3.2 -CARACTERÍSTICAS DOS MÉTODOS DE PESQUISA

ESTRATÉGIA	CARACTERÍSTICAS DO MÉTODO DE PESQUISA
Experimental	Baseia-se na determinação de um objeto de estudo, definindo a metodologia para controlá-lo e a forma de observação das reações que as variáveis exercem sobre o objeto. Este tipo de pesquisa viabiliza a descoberta de novos materiais, componentes, métodos, técnicas, etc.
Levantamento	Baseia-se na interrogação direta das pessoas que estão envolvidas nos problemas que se deseja estudar, em seguida realiza-se uma análise quantitativa para obter as conclusões sobre os dados coletados. A estatística é uma ferramenta bastante utilizada em levantamentos porque não se podem analisar grupos sem que haja uma análise estatística do todo.
Estudo de caso	Caracteriza-se pelo estudo de um fenômeno dentro do contexto local, real e especialmente quando os limites entre fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. O estudo de caso pode ser definido como um conjunto de informações que descrevem uma etapa ou totalidade do processo de uma unidade que pode ser uma pessoa, uma família ou uma empresa.
Pesquisa documental	Difere-se da pesquisa bibliográfica porque na pesquisa documental utilizam-se materiais que ainda não receberam um tratamento analítico ou aqueles que permitem alguma nova elaboração segundo os objetivos da pesquisa que se deseja realizar.
Pesquisa bibliográfica	É a pesquisa desenvolvida exclusivamente a partir de material existente como livros e artigos científicos. A pesquisa bibliográfica baseia-se em fontes bibliográficas que podem ser definidas como: livros de leitura corrente, livros de referência, publicações periódicas e impressos diversos.

FONTE: ADAPTADO DE JUNG (2004)

Em função da necessidade da pesquisadora em desenvolver uma estrutura teórica base para a análise dos dados de campo, optou-se também pela utilização do método de revisão bibliográfica como complementar ao método do estudo de caso.

Segundo Yin (2005), o papel da elaboração da teoria preliminar deve ser realizada em fase anterior a qualquer coleta de dados. Assim, a pesquisa bibliográfica é indicada para possibilitar a construção de hipóteses, ou para tornar a visão do problema mais específica (GIL, 2002). A principal vantagem desta abordagem é de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que ele poderia pesquisar diretamente (GIL, 2002).

Na próxima seção serão apresentadas as estratégias de desenvolvimento utilizadas para este trabalho.

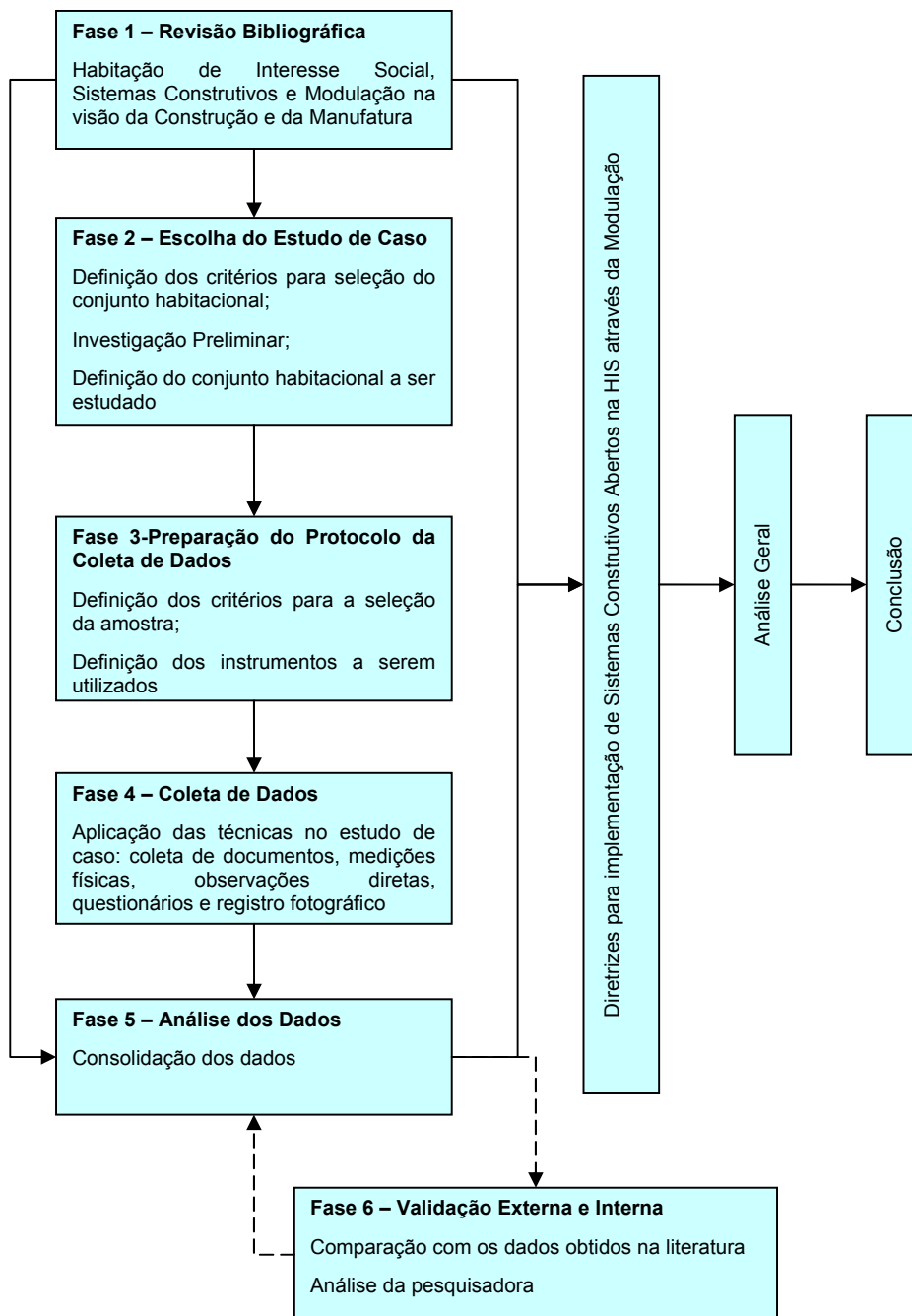
3.4 ESTRATÉGIAS DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

3.4.1 Visão Geral

O método utilizado para o desenvolvimento desta dissertação compreendeu as fases representadas na Figura 3.2.

A figura representa as seis fases desta pesquisa, no sentido de apresentar diretrizes para implementação de sistemas construtivos abertos na habitação de interesse social. Na seqüência do trabalho foi realizada uma análise geral sob as duas abordagens citadas: abordagem sob o enfoque da construção e da manufatura.

FIGURA 3.2 -SEQUÊNCIA DAS FASES REALIZADAS NA PESQUISA



3.4.2 Revisão bibliográfica

Em fase anterior a coleta de dados foi realizada a pesquisa bibliográfica, pois, segundo Yin (2005), antes da realização de um estudo de caso é necessário realizá-la, pois a coleta de campo depende da compreensão do que está sendo pesquisado. Outro fator importante na preparação da revisão bibliográfica, é que esta contribui para a interpretação dos resultados obtidos pelo autor e na comparação com aqueles constantes em outros estudos (GIL, 2002). Assim, a revisão bibliográfica se desenvolveu a partir de materiais já elaborados, constituídos de livros, publicações periódicas e impressos diversos (GIL, 2002).

Foi revisada a literatura referente a Habitação de Interesse Social, Sistemas Construtivos, Racionalização, Modulação segundo a Visão da Construção e Modularização segundo a Visão da Manufatura. Os autores mais citados neste trabalho são: Lucini (2001); Cuperus (2001); Sabbatini (1989); Sarja & Hannus (1995); Ferguson (1989); Erixon et al. (2004); Fixson (2003); Blackenfelt (2001); e Mikkola (2000).

A finalidade da revisão bibliográfica foi colocar a pesquisadora em contato com o máximo possível do material escrito, publicado ou registrado sobre o tema em estudo (MARCONI & LAKATOS, 2003). A pesquisa bibliográfica também deu suporte na análise dos dados coletados, e propiciou o exame do tema em estudo sob nova abordagem, contribuindo para a investigação do estágio atual do uso do conceito de modulação nos projetos para habitação de interesse social. Contribuiu também para a delimitação do escopo do trabalho e a forma de coleta e análise dos dados. Outra contribuição é relacionada à apresentação das diferenças nos paradigmas da modulação segundo a visão da construção e na da manufatura.

3.4.3 Escolha do Estudo de Caso

Para a seleção do estudo de caso, foram adotados critérios relacionados ao projeto e à obra. O critério básico é que as habitações tenham características físicas típicas de habitações de interesse social. Este e outros critérios de seleção adotados são apresentados no Quadro 3.3.

QUADRO 3.3 - CRITÉRIOS DE SELEÇÃO ADOTADOS NO ESTUDO DE CASO

PROJETO	OBRA
Ser constituído por unidades térreas	Estar em construção
Ser composto de unidades unifamiliares	Não ter a participação do usuário final na execução
Ter área aproximada de 40 m ²	Executor ser um órgão do setor público voltado para HIS
Possuir vários tipos de plantas baixas	Estar localizado no Estado do Paraná, preferencialmente na Região Metropolitana de Curitiba.

Para a escolha do estudo de caso, inicialmente foram realizados diversos contatos com órgãos que executam habitações de interesse social no Estado do Paraná, para verificar a possibilidade de parceria no trabalho. Após estes contatos, e estabelecida a parceria, foram analisados quais as obras que atendiam os critérios de seleção.

Na seqüência, foi realizada visita a um conjunto habitacional no interior do Estado do Paraná, que foi denominada investigação preliminar. Através da manutenção de contatos com a empresa, a pesquisadora foi informada do início da execução de um conjunto habitacional na Região Metropolitana de Curitiba. Foi realizada investigação preliminar a este conjunto para verificar no local se os critérios de seleção eram atendidos. Visto que o conjunto da Região Metropolitana de Curitiba atendeu os critérios de seleção estabelecidos, este conjunto habitacional foi escolhido para o estudo de caso.

3.4.4 Preparação do Protocolo da coleta de dados

Segundo Jung (2004), um projeto de pesquisa utilizando como método o estudo de caso, necessita da formulação de um instrumento para coletar dados. Este protocolo tem como objetivo principal diminuir a possibilidade de esquecer de coletar dados importantes à pesquisa, servindo também para aumentar o rigor e para possibilitar uma análise comparativa entre os dados obtidos.

Nesta fase foram definidos os critérios de seleção da amostra e os instrumentos a serem utilizados na efetiva coleta de dados. Os dados para o estudo de caso consistiram de evidências destinadas à verificação dos conceitos propostos.

O método utilizado na análise da coleta de dados dos conjuntos do estudo de caso foi desenvolvido segundo uma abordagem qualitativa e quantitativa. Segundo Silva e Menezes (2000), a pesquisa qualitativa considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito. Pode-se entender esta afirmação como um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito. O ambiente natural é a fonte direta para a coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. De acordo com os mesmos autores, a pesquisa quantitativa considera tudo o que pode ser quantificável. Isto significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-los e analisá-los.

De acordo com Yin (2005), a eficácia das técnicas de coleta de dados utilizadas pode ser maximizada, contribuindo assim para o aumento de confiabilidade e a validade de um estudo de caso. Para isso, é preciso utilizar três princípios:

- Usar múltiplas fontes de evidências: os estudos de caso não devem estar limitados a uma única fonte de evidência, devendo ser baseados em uma convergência de informações provenientes de diferentes fontes, quer sejam dados qualitativos ou quantitativos;
- Criar uma base de dados do estudo de caso: a construção de uma base de dados formal, independente do relatório de pesquisa, pode aumentar a confiabilidade da pesquisa e a possibilidade de estudos futuros sobre essa mesma base de dados;

- Manter uma cadeia de evidências: consiste em permitir que um observador externo possa perceber que qualquer evidência proveniente de questões iniciais de pesquisa leve às conclusões finais do estudo de caso.

3.4.5 Coleta de dados

As técnicas ou instrumentos para coleta de dados para a realização da presente etapa da pesquisa foram divididos em cinco grupos, conforme descrito a seguir.

3.4.5.1 Coleta de documentos

Iniciou-se a coleta de dados pela busca de documentos e levantamento nos registros de arquivo da empresa parceira do projeto de maneira a obter subsídios a confirmação das técnicas preconizados. As principais informações a que a pesquisadora teve acesso foram os projetos e as especificações das unidades habitacionais a serem executadas. Foram disponibilizados pela empresa parceira, além dos projetos arquitetônicos, os projetos complementares, como fundações, projeto estrutural, projeto de cobertura, projeto hidro-sanitário e projeto elétrico, além das especificações e quantitativos de materiais.

3.4.5.2 Medições físicas (geométricas)

As medições físicas investigam o ambiente construído diretamente quanto ao seu desempenho, podendo incluir ou não o uso de aparelhos (REIS e LAY, 1994). Foram utilizados para confirmar ou não as medidas apresentadas em projeto. Na presente dissertação foi utilizada a trena como ferramenta para a verificação das medidas de projeto. Foram verificadas medidas de componentes, medidas do projeto arquitetônico e confrontados com as medidas na obra.

3.4.5.3 Observações diretas

Segundo Yin (2005), as observações diretas “podem variar de atividades formais a atividades informais de coleta de dados”. Já na observação direta informal, podem-se perceber evidências que são coletadas durante a análise de outras, como aquelas

provenientes de entrevistas em pesquisas de campo (YIN, 2005). As observações podem ser simplesmente exploratórias ou ainda usadas de modo mais preciso, por amostragem, podendo ser associadas a técnicas de fotografias em intervalos regulares. O foco destas observações diretas na presente pesquisa concentrou-se nos problemas verificados na obra concernentes a modulação, em relação a geometria dos componentes; ou seja, do ponto de vista tradicional da construção. Estes registros foram anotados pela pesquisadora, sendo transcritos para posterior análise. A qualidade dos materiais e da mão-de-obra, bem como a interface com os fornecedores não foi analisada nesta pesquisa.

3.4.5.4 Questionários

Foram realizadas entrevistas com usuários em um conjunto habitacional analisado, e os resultados foram descritos textualmente pela pesquisadora. O objetivo desta entrevista foi avaliar se havia a percepção dos futuros usuários em relação às dificuldades causadas pela não utilização do conceito de modulação nas unidades habitacionais em construção. Esta entrevista foi realizada na etapa da investigação preliminar, no Conjunto Habitacional localizado no interior do Estado do Paraná. Foi também aplicada uma entrevista aos operários do canteiro de obras. Esta foi realizada com o objetivo de identificar entre os operários da construção das habitações a percepção quanto aos problemas de modulação e suas implicações na produtividade e qualidade. Além de responderem o questionário, os operários deram depoimentos de forma espontânea sobre diversos aspectos da construção, sendo que estes foram anotados pela pesquisadora durante a explanação, e depois foram transcritos neste trabalho.

3.4.5.5 Registro fotográfico

Esta técnica de coleta de dados enfatiza análises estéticas e de percepção visual tanto entre usuários em geral, como entre profissionais da área (ORNSTEIN, 1992). A tomada de dados foi direcionada em questões como de modulação nas duas visões abordadas (problemas relacionados a geometria dos elementos construtivos e aos encaixes dos diferentes componentes da obra), problemas técnicos (necessidade de

quebras causando atrasos na obra, perdas e prejuízos diversos), dimensionais (como espessuras de preenchimento usado para compensar por falta de modulação), entre outros. As fotografias são importantes pelo fato de permitir uma análise posterior e a visualização do evento em períodos futuros.

Dessa forma, os registros fotográficos foram efetuados em todas as visitas relacionadas ao canteiro, inclusive na investigação preliminar. O foco dos registros foram os diferentes problemas citados acima em várias etapas e períodos diferentes. O registro fotográfico contribuiu efetivamente para a compreensão e análise dos resultados das outras ferramentas de coleta, visto que desempenham papel importante na conscientização referente as principais falhas existentes.

3.4.6 Análise da Modulação segundo a Visão Tradicional da Construção

Para a caracterização da modulação sob a ótica tradicional da construção (adequação geométrica), foram seguidas as etapas apresentadas:

- a) compor um sistema de malha base (*grid* modular);
- b) definir um reticulado modular de referência;
- c) escolher o módulo M ou multimódulo (nxM), sendo o módulo básico 10 cm de acordo com as normas internacionais;
- d) locar os componentes de construção, sendo que estes podem ser locados de três formas diferentes: simétrica, assimétrica ou de forma lateral;
- e) localizar as zonas neutras, sendo estas as zonas não modulares. Deve-se evitar ao máximo a utilização de zonas neutras, para que as vantagens da utilização de um único sistema de referência se mantenham;
- f) verificar a medida modular;
- g) verificar a medida de projeto;
- h) verificar a diferença entre estas medidas, sendo esta ocupada pela junta de projeto;

- i) definir as dimensões preferenciais a serem utilizados para os componentes da construção;
- j) associar os planos horizontais (coordenação planimétrica) às medidas preferenciais;
- k) associar os planos verticais (coordenação altimétrica) às medidas preferenciais;
- l) associar os planos específicos às medidas preferenciais;
- m) compatibilizar a coordenação modular com os vãos das aberturas, considerando as dimensões dos componentes utilizados;
- n) estabelecer as tolerâncias admissíveis.

3.4.7 Análise da Modulação segundo a visão da Manufatura

Para a caracterização da modulação sob a ótica da manufatura, as etapas apresentadas a seguir são recomendadas. Algumas destas etapas são direcionadas para o desenvolvimento de novos produtos, o que foge ao escopo desta dissertação. Visto que o objetivo desta pesquisa era de propor diretrizes para a implementação de sistemas abertos através da modulação, algumas das etapas citadas na literatura não foram realizadas.

- a) Esclarecer as necessidades dos clientes através da entrevista aberta. Esta etapa não foi realizada, pela razão citada anteriormente.
- b) Verificar as propriedades dos produtos disponibilizados no mercado. Foi efetuada investigação de produtos existentes no mercado da construção civil, através de visitas a lojas de materiais de construção. O critério de escolha para as visitas às lojas foi a variedade de itens que as mesmas apresentavam na época da pesquisa. Nestas visitas foram feitas verificações de materiais disponíveis e analisados diversos catálogos técnicos em relação às interfaces com outros materiais.

- c) Selecionar soluções técnicas com foco na resolução do problema das interfaces entre os componentes. Com os dados dos componentes investigados na etapa anterior, foram selecionadas soluções técnicas possíveis de serem adotadas.
- d) Gerar conceitos definindo soluções para os clientes da HIS, buscando a integração entre os componentes. Esta etapa não foi realizada neste trabalho, pelo mesmo motivo citado no item (a).
- e) Definir e descrever as interfaces encontradas entre os componentes disponíveis no mercado da construção. Com os dados das etapas constantes em (b) e (c), foi possível verificar que existem algumas interfaces entre os componentes disponíveis no mercado.
- f) Buscar a otimização do uso de produtos modulares na HIS. Para esta fase, a realização deste trabalho no sentido da busca pelo uso e otimização de produtos modulares na Habitação de interesse Social.

3.4.8 Análise Geral

O recurso utilizado para a análise dos dados obtidos nas unidades habitacionais selecionadas foi a verificação do uso intencional do princípio de modulação nas diversas etapas construtivas. Foram analisados diversos itens, os quais são apresentados a seguir:

- a) se havia modulação na fase de concepção do projeto, com opção por espaçamentos uniformes entre elementos construtivos;
- b) se havia padronização dos materiais;
- c) se os projetos eram simplificados, com opções por dimensionamento repetido de peças com poucas variações em seu desenho;
- d) se era possível a liberação das montagens em qualquer seqüência executiva;
- e) se havia o uso preferencial de materiais de construção de forma a permitir posterior ampliação;
- f) se existia a busca na redução do número de componentes;

- g) se havia em projeto a preocupação de eliminar embutimentos e sobreposições de elementos construtivos, utilizando as instalações de forma concentrada tanto vertical como horizontalmente no projeto;
- h) se eram utilizados materiais convencionais na obra;
- i) se era perceptível a busca por flexibilidade entre os componentes da construção;
- j) se os materiais utilizados eram intercambiáveis;
- k) se foi possível observar repetição de técnicas e processos;
- l) se havia compatibilidade dimensional entre os componentes;
- m) se havia compatibilidade tecnológica entre componentes;
- n) se foi possível observar o uso do conceito de módulo;
- o) se havia agrupamento de componentes;
- p) se o projeto apresentava interfaces e interações claras;
- q) se foi possível utilizar o conceito de plataforma nos produtos especificados;
- r) se existia modularidade por slot, por bus ou seccnional.

Para efetuar a análise dos dados descritos, foi realizada pesquisa documental em manuais e trabalhos que descrevem a modulação em suas diversas fases, na visão da construção e da manufatura. A partir destes documentos e dos registros, observações e entrevistas realizados pela pesquisadora, foram verificadas as implicações de cada uma destas abordagens nos processos construtivos.

3.4.9 Validação Interna e externa

A validade pode ser interna, quando se refere ao estabelecimento de relações causais, e resulta de estratégias que objetivem eliminar a ambigüidade e a contradição. A validade externa, por sua vez, estabelece o domínio para o qual as descobertas do estudo podem ser generalizadas e pode ser obtida através da replicação da pesquisa (YIN, 2005). Quanto à fidedignidade, Yin (2005) afirma haver a consistência de resultados se forem repetidos os mesmos procedimentos em situação semelhante.

Portanto, se outro investigador seguir exatamente os mesmos procedimentos como os descritos no primeiro, e conduzir o mesmo estudo de caso, ele chegará às mesmas descobertas e conclusões (YIN, 2005).

Foi realizada a triangulação de dados e estes foram comparados com a literatura e analisados à luz da visão da construção civil e da manufatura. Esta triangulação serviu para a validação interna do trabalho.

A validação externa foi realizada através da análise da pesquisadora com base nas observações diretas e nos registros fotográficos.

O próximo capítulo apresenta os resultados obtidos através da realização deste trabalho, apresentando os estudos desenvolvidos nas edificações analisadas, bem como as conclusões oriundas destes.

4 RESULTADOS E ANÁLISES DO ESTUDO DE CASO

4.1 CONTEXTO DO CAPÍTULO

No presente capítulo são apresentados os dados e a análise com respeito à modulação de um projeto de edificação utilizado por uma empresa pública paranaense, atuante no setor de habitação de interesse social. Inicialmente, são apresentados os principais problemas relativos à modulação deste projeto, com base em observações diretas realizadas em conjunto habitacionais localizados em Pato Branco e na Região Metropolitana de Curitiba. Na seqüência, é analisado o referido projeto com respeito ao conceito de modulação tradicional da construção e, a seguir, o mesmo projeto é analisado à luz do conceito de modulação segundo a visão da manufatura. O capítulo encerra com a discussão da integração das duas abordagens, sob a ótica dos potenciais benefícios como sob a ótica das barreiras identificadas para implantação.

4.2 CONTEXTO DO ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado na COHAPAR - Companhia de Habitação do Paraná. Foi fundada em 1965, sendo uma empresa de economia mista, atuando na execução dos programas habitacionais no Estado do Paraná. A missão da empresa é atuar de forma ampla no âmbito da habitação, proporcionando àqueles que tenham pequenos rendimentos, a aquisição, ampliação ou construção de moradia própria, seja na zona urbana ou rural, desde que não sejam proprietários de outra casa. A empresa busca a auto-sustentação em seus projetos, necessitando assim gerar receitas para cobrir seus custos operacionais, manter o atendimento às moradias já entregues e promover a geração de novos investimentos no setor. Face às necessidades cada vez mais prementes de habitações para a população de baixa renda, é importante que as receitas efetivamente gerem investimentos para a população carente. A COHAPAR-PR tem sede em Curitiba, mantendo escritórios regionais distribuídos de forma a contemplar todo o Paraná.

Para a escolha do estudo de caso, foram realizadas diversas reuniões com o Setor de Projetos da COHAPAR-PR, de forma a tornar possível a parceria neste estudo. Após o estabelecimento da mesma, foi escolhida a extensão do universo, entendendo-se esta como o conjunto habitacional mais adequado para a pesquisa, considerando os critérios de seleção.

Em agosto de 2004, no período da definição do estudo de caso, o conjunto habitacional sob o gerenciamento da COHAPAR-PR que reunia os critérios de seleção estava situado no interior do Estado do Paraná, na cidade de Pato Branco. Em outubro de 2004 a pesquisadora obteve, junto a COHAPAR-PR, a confirmação do início das obras e a possibilidade de acompanhamento para a realização da pesquisa em um conjunto habitacional na Região Metropolitana de Curitiba. Foi então realizada investigação preliminar neste conjunto habitacional em dezembro de 2004. Na seqüência, em nova reunião com a COHAPAR-PR, ficou definido junto ao setor técnico que o estudo de caso seria realizado nestas edificações.

A COHAPAR-PR tinha como metas na época da pesquisa equacionar e resolver o déficit habitacional do Estado do Paraná, prioritariamente no que diz respeito à população de baixa renda. Para atingir este objetivo a empresa possuía na época da pesquisa cinco programas habitacionais nas áreas urbana e rural. Na área urbana, desenvolvia os programas Autoconstrução Familiar, Casa da Família, Lote da Família e Direito de Morar. Na área rural, a COHAPAR tem o programa Casa da Família Rural. A seguir são descritas as três diferentes concepções do programa Casa da Família, por tratar-se daquele que serviu de estudo de caso para o presente trabalho.

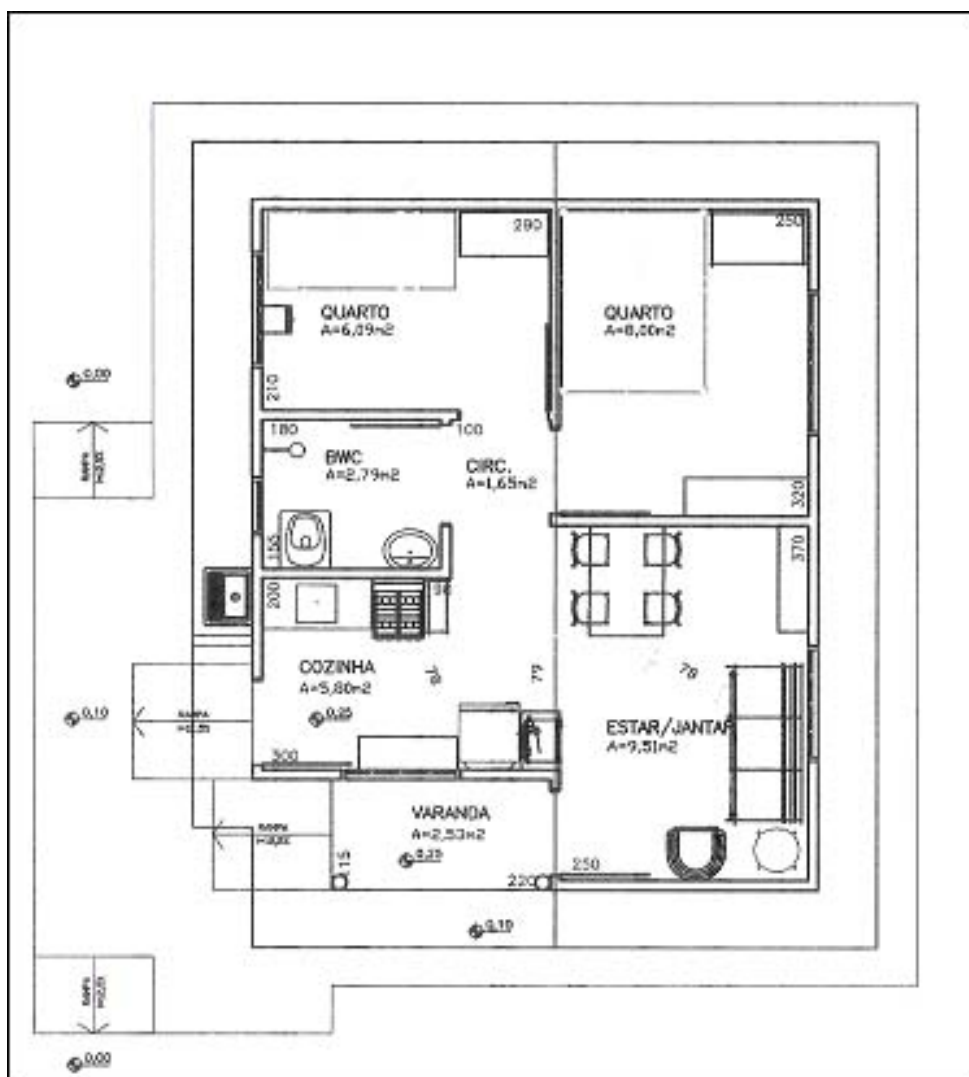
4.3 PROGRAMA HABITACIONAL CASA DA FAMÍLIA

4.3.1 Casa da Família/ PSH

Neste programa, classificado como Casa da Família/ PSH (Programa de Subsídio a Habitação de Interesse Social), as moradias são de alvenaria, com área construída de aproximadamente 40 metros quadrados, com dois quartos, sala, cozinha, banheiro, varanda e cobertura de telhas cerâmicas. É destinado às famílias com renda de até 2 salários mínimos, com prioridade para quem recebe até R\$ 300 por mês. As

famílias não poderão ser proprietárias de outro imóvel, e a prestação mensal não deverá exceder a 20% da renda familiar. A Figura 4.1 demonstra graficamente um exemplo da habitação descrita acima. A Figura apresentada está mobiliada, proporcionando uma melhor visualização da área de utilização. O modelo da figura a seguir é o CF- 40F (Casa da Família), destinada a deficientes físicos.

FIGURA 4.1 -PLANTA BAIXA MOBILIADA CF-40F



FONTE: COHAPAR (2004) S/E

A construção das casas é feita pelo sistema de gestão comunitária, em que as famílias administram em associação a construção de sua moradia, ou com

administração direta do município. O programa tem como parceiros os municípios, que participam com a doação do terreno e infra-estrutura, o Governo Federal, na maioria das vezes utilizando recursos da Caixa Econômica Federal, e o Governo do Paraná, com contrapartida financeira e de serviços. Outros órgãos do Estado entram como suporte para ações necessárias em programas habitacionais populares conseqüentes, tais como geração de renda, saúde, educação, capacitação profissional e indicadores de planejamento do desenvolvimento geral do Estado.

4.3.2 Casa da Família/ FGTS

No Programa Casa da Família/ FGTS (Fundo de Garantia por Tempo de Serviço), as casas são de alvenaria com área construída de 40, 44, 52 e 63 metros quadrados, com dois ou três quartos e demais dependências (sala, cozinha, varanda e banheiro). O programa é destinado a famílias com renda de até três salários mínimos, não proprietárias de moradia. A construção das casas é feita pelo sistema de autogestão, onde as famílias compram o material de construção e contratam a mão-de-obra.

O recurso para a construção é desembolsado em parcelas, de acordo com o cronograma físico-financeiro da obra e sua execução. O programa tem como parceiros os municípios, que participam com a doação do terreno e infra-estrutura, e a Caixa Econômica Federal, com recursos do FGTS.

4.3.3 Casa da Família / PAR

Neste programa, as casas são de alvenaria com área construída de 44, 52 e 63 metros quadrados, sendo que as demais características da edificação são idênticas às dos programas apresentados anteriormente. O programa é destinado a famílias com renda de 2 a 4,5 salários mínimos, não proprietárias de imóvel. As moradias são adquiridas por meio do sistema de arrendamento, com taxa de 0,8% do valor do investimento. Os beneficiários terão direito à propriedade após 15 anos.

4.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO SELECIONADO

O projeto selecionado é composto por 6 (seis) plantas baixas distintas, sendo integrantes do programa Casa da Família/PSH. As áreas das residências variam de 40,03 a 40,36 metros quadrados.

Para a análise da performance deste projeto em termos de modulação no canteiro da obra foram feitas investigações preliminares em dois conjuntos habitacionais distintos, sendo um deles no interior do Estado do Paraná, e outro na Região Metropolitana de Curitiba. Os dois conjuntos habitacionais satisfizeram os critérios de seleção, porém por facilidade de contato direto e locomoção da pesquisadora, o conjunto localizado na Região Metropolitana de Curitiba foi selecionado para o estudo de caso.

Os critérios referentes especificamente ao projeto, como ser composto por unidades térreas e unifamiliares, com área de 40 m² e diversas tipologias de plantas foram atendidos nos dois conjuntos preliminarmente avaliados.

O critério referente a ausência de participação direta dos futuros usuários na construção das habitações também foi satisfeita, visto que a mão-de-obra nestes conjuntos habitacionais é terceirizada, muito embora diversos futuros moradores sejam contratados para execução de trabalhos no canteiro da obra.

O órgão interveniente no processo de construção deveria ser um órgão público comprometido com a construção de habitações de interesse social, o que foi atendido por se tratar da COHAPAR-PR (Companhia de Habitação do Paraná).

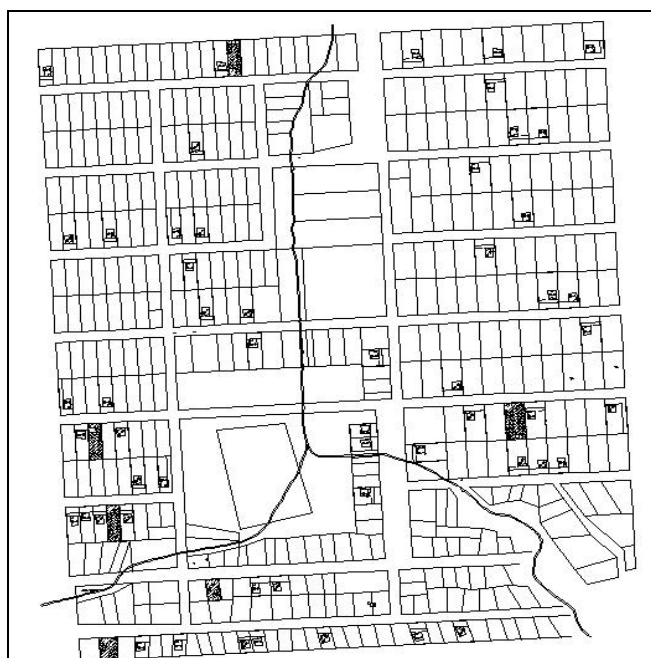
4.5 INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR NO PROJETO CF/ PSH

A investigação preliminar com vistas a levantar problemas decorrentes da falta de modulação no canteiro da obra foi realizada em dois conjuntos habitacionais da COHAPAR/PR.

4.5.1 Investigação Preliminar do Conjunto Moradia Feliz

Para a investigação preliminar, a escolha foi o Conjunto Moradia Feliz, no Bairro São João, na cidade de Pato Branco, Paraná. Constitui-se de 54 unidades habitacionais com área de 40 m², com lotes de produção de 12 e 14 unidades e duração prevista de 6 meses. O programa é financiado com recursos da Caixa Econômica Federal e executado mediante convênio entre a COHAPAR-PR e a Prefeitura Municipal de Pato Branco. A Figura 4.2 mostra graficamente a localização das 54 residências.

FIGURA 4.2 -CONJUNTO MORADIA FELIZ –PATO BRANCO-PR



FONTE - COHAPAR (2004) SEM ESCALA

A investigação preliminar neste conjunto foi realizada em 2 dias. No primeiro dia, foi realizada visita ao Escritório Regional da COHAPAR, situado na cidade de Francisco Beltrão-PR. Esta visita ao Escritório Regional teve como objetivo principal participar de uma reunião com a gerência regional, visando obter dados documentais referentes aos projetos, memoriais descritivos e o cronograma de execução do conjunto habitacional. No dia seguinte, foi realizada visita à obra, em Pato Branco.

Foram feitos registros fotográficos das unidades, além de entrevistas abertas com moradores. Estas entrevistas estão descritas nesta seção. Este contato com os

usuários foi possível pelo fato das residências em execução estarem sendo construídas no mesmo lote da residência anterior do usuário. A família se adapta provisoriamente ao fundo do lote, enquanto aguarda a conclusão da nova residência.

Na Figura 4.3 é possível visualizar a casa em obras e a habitação provisória.

FIGURA 4.3 -CASA EM CONSTRUÇÃO COM HABITAÇÃO PROVISÓRIA



Neste conjunto habitacional, a especificação é para o uso de fôrmas de vigas baldrame metálicas, com fiadas de tijolos diretamente no solo para o ajuste de modulação. A existência de poucos conjuntos das formas mostrou a necessidade de se executarem vigas baldrame com fôrmas convencionais de madeira. As fôrmas metálicas, conforme mostrado na Figura 4.4 são de comprimentos diversificados, porém não foi verificado o uso intencional da modulação na utilização das mesmas.

FIGURA 4.4 -FORMAS METÁLICAS



Foi realizada entrevista aberta com seis moradores do conjunto habitacional, onde quatro delas já habitavam nas novas residências, e as outras duas estavam provisoriamente instaladas no fundo do lote. Todas as pessoas que responderam as perguntas eram mulheres com filhos. As entrevistas foram realizadas de forma individualizada, porém as respostas foram idênticas. Em relação à questão do tamanho da moradia ser satisfatório, todas as pessoas entrevistadas disseram não ser, fazendo referências principalmente ao tamanho da cozinha. Segundo elas, a cozinha deveria ser maior, e o tanque deveria ser localizado no interior da habitação ou em área coberta. Quando questionadas a respeito de ampliação, todas as entrevistadas responderam que pretendem ampliar as residências, assim que tiverem condições de arcar com a compra de material necessário. No questionamento referente ao “saber fazer” a ampliação, apenas uma moradora demonstrou ter conhecimento da proposta de ampliação sugerida pela COHAPAR-PR nos projetos das edificações. Por fim, para avaliar se havia alguma percepção das moradoras quanto a questão da compra de material, foi perguntado se estas saberiam qual o padrão de azulejos mais adequado (em termos geométricos) a ser comprado. As respostas foram unânimes, no sentido de demonstrar preocupação com quebras e perda de material, sem porém demonstrar conhecimento de como proceder para diminuir estas perdas.

Face às respostas obtidas, a pesquisadora pode avaliar que existe a percepção da importância da modulação, mesmo que de forma empírica, pela preocupação em evitar perdas por quebra ou sobra de material nas ampliações que todos pretendem realizar. Às respostas a esta entrevista aberta demonstram que a modulação em projeto seria um facilitador para a população realizar melhorias, reformas e ampliações nas casas.

4.5.2 Investigação Preliminar do Jardim Angico

O conjunto habitacional Jardim Angico surgiu da necessidade do reassentamento da população das áreas de invasão da Vila Pantanal e da Vila Aquário. Estas duas áreas estão localizadas em região de inundação, às margens do Rio Mascate, próximo às cavas do Rio Iguaçu. A viabilização do conjunto habitacional foi possível pela parceria entre a Prefeitura Municipal de Fazenda Rio Grande, o Governo do Estado do

Paraná através da COHAPAR e os governos Federais, representados através da Nossa Caixa. A Figura 4.5 indica a área de construção das unidades. A seguir descrevemos a investigação preliminar realizada neste conjunto habitacional. Na seção seguinte, este conjunto, escolhido para o estudo de caso, será descrito de forma mais detalhada.

FIGURA 4.5 - CONJUNTO JARDIM ANGICO- FAZENDA RIO GRANDE –PR



FONTE: PREFEITURA MUNICIPAL FAZENDA RIO GRANDE (2005) SEM ESCALA

O conjunto está situado na Região Metropolitana de Curitiba, no município de Fazenda Rio Grande, sendo composto por 221 (duzentas e vinte e uma) unidades unifamiliares térreas. A investigação preliminar neste conjunto foi realizada em um único dia em cinco habitações (uma de cada tipologia, excluindo a destinada a deficientes, por não haver nenhuma em execução na data da investigação). O objetivo principal da investigação preliminar foi conhecer o local da obra e o corpo técnico responsável pela execução da obra. Na visita foram obtidos dados documentais, como o memorial descritivo e o cronograma da obra.

Os projetos arquitetônicos já haviam sido disponibilizados anteriormente pela COHAPAR na visita ao escritório regional em Francisco Beltrão. Nesta visita, como em

todas as demais realizadas no decorrer do estudo de caso, foi realizada observação direta através do registro de imagens. A Figura 4.6 é de uma unidade em construção.

FIGURA 4.6 -UNIDADE EM CONSTRUÇÃO



Na figura mostrada o preenchimento de blocos sob a janela foi efetuado após a execução e revestimento do restante da alvenaria, o que configura problemas relacionados ao processo construtivo. É possível também perceber problemas de alinhamento na cobertura.

4.6 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

4.6.1 Aspectos Gerais

Tendo em vista as dificuldades enfrentadas pela população das Vilas Aquário e Pantanal com as inundações constantes, foi realizada uma parceria entre a Prefeitura Municipal de Fazenda Rio Grande, o governo do Estado do Paraná via COHAPAR-PR e o governo Federal através da Nossa Caixa. A prefeitura doou a área de 132.000 metros quadrados para a instalação do conjunto habitacional. Coube também a Prefeitura Municipal a infraestrutura, como abertura de ruas de acesso às residências, rede de águas pluviais e de energia elétrica. Não há rede de esgoto sanitário no município, de forma que o destino final do esgoto é o sumidouro. Na Figura 4.7 se visualiza a área conhecida com Vila Pantanal. A linha de árvores que se visualiza ao fundo está às margens do Rio Mascate.

FIGURA 4.7 -VISTA GERAL DA VILA PANTANAL



Os projetos das unidades analisadas foram desenvolvidos pela COHAPAR e a responsabilidade técnica pela execução é de responsabilidade do mesmo órgão. Os insumos, por sua vez, são gerenciados por uma empresa contratada, que gerencia também a contratação da mão-de-obra. Alguns dos futuros proprietários participam como contratados da construção das moradias, mas a regra geral neste conjunto é não ter a participação direta dos futuros usuários. A Associação dos Moradores participa com reuniões freqüentes para acompanhar a desenvolvimento da obra. O cadastramento das famílias e a verificação sócio-econômica das mesmas foram de responsabilidade da COHAPAR.

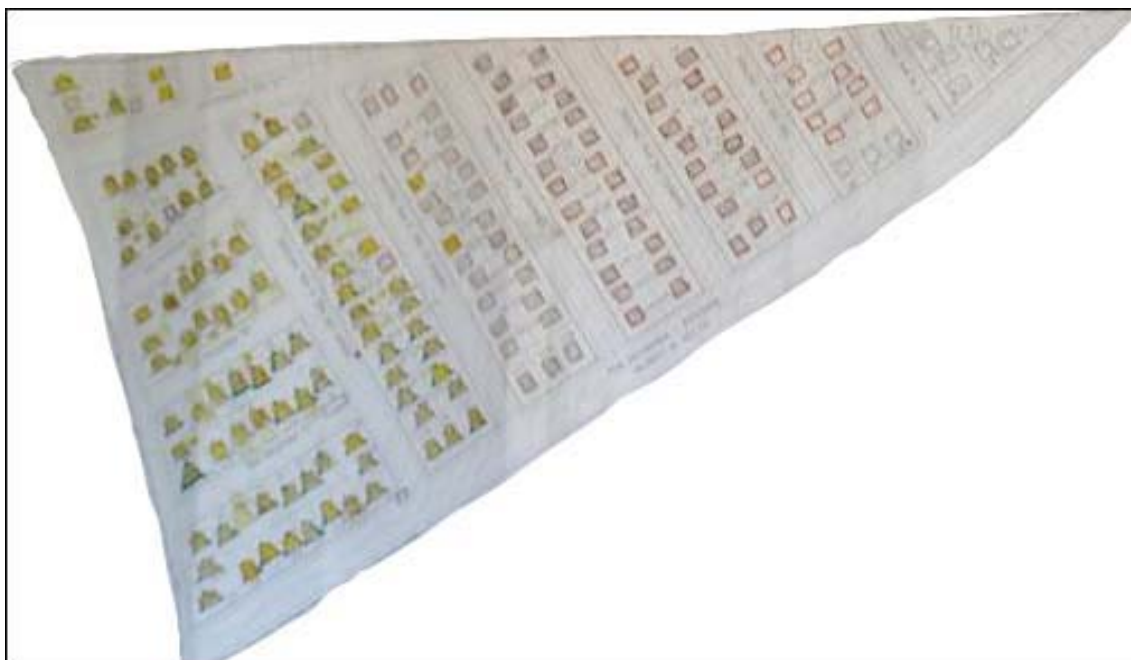
Como critérios básicos para escolha das famílias a serem relocadas, a Prefeitura Municipal realizou estudo planialtimétrico, e o cadastramento relacionado à renda familiar. A Prefeitura utilizou o estudo planialtimétrico para identificar as residências localizadas nos locais mais propensos a inundação; quanto ao critério da renda familiar, a abrangência salarial para ser cadastrado era receber até 2 salários mínimos. Na Vila Aquário residiam na época da pesquisa aproximadamente 224 famílias, e na Vila Pantanal em torno de 80 famílias.

O início da construção das unidades foi em novembro de 2004 e o cronograma prevê a finalização em agosto de 2005. Segundo o cadastramento prévio, das 221

residências, 168 serão habitadas por famílias provenientes da Vila Aquário e as 53 restantes por famílias provindas da Vila Pantanal. O prazo de financiamento é de 72 meses, e a prestação custa no máximo 20% da renda familiar, que é de até 2 (dois) salários mínimos.

Para facilitar o planejamento e o acompanhamento da execução, o loteamento foi dividido pela COHAPAR-PR em 14 (quatorze) quadras. As divisões do loteamento em quadras pode ser visualizado na Figura 4.8. As unidades com marcação na figura são as que estavam em andamento na época da pesquisa (entre março e maio de 2005).

FIGURA 4.8 -DIVISÃO DAS QUADRAS DO JARDIM ANGICO



No Quadro 4.1 é apresentada uma tabela com o número de unidades de cada tipologia existente, totalizando as 221 unidades do conjunto Jardim Angico. Cada quadra contém todas as tipologias de projeto, com exceção do tipo CF-40F, pois esta tem apenas 2 (duas) unidades projetadas em todo o conjunto habitacional, por ser destinada a deficientes físicos.

QUADRO 4.1 -NÚMERO DE UNIDADES DE CADA TIPOLOGIA CONSTRUTIVA

Tipo/Código	Número de unidades
CF-40 A	24
CF40-A1	19
CF40-B	25
CF40-B1	19
CF40-C	42
CF40-D	19
CF40-D1	17
CF40-D2	16
CF40-E	38
CF40-F	2

A tipologia utilizada para o estudo de caso foi a CF40-A1, sendo que no conjunto foram previstas a construção de 19 (dezenove) unidades da mesma no conjunto habitacional analisado. Estavam sendo construídas durante a realização das visitas efetuadas ao local 13 (treze) destas residências, em diferentes fases de execução.

4.6.2 Caracterização das habitações

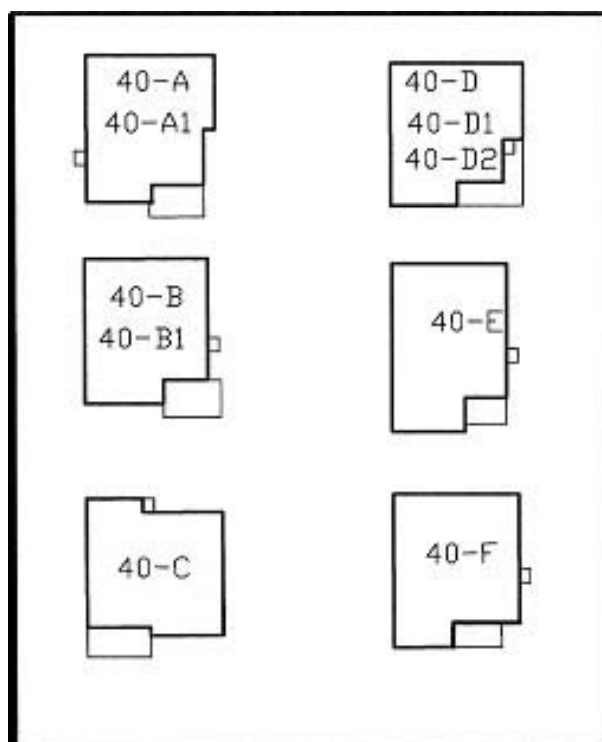
O conjunto habitacional analisado é composto de 6 (seis) projetos arquitetônicos distintos, com áreas que variam de 40,03 m² a 40,36 m², codificadas de CF-40A a CF-40F. As áreas dos lotes são de aproximadamente 180,00 metros quadrados para cada unidade habitacional. Todas as habitações são constituídas de dois dormitórios, sala, cozinha, banheiro e varanda. O tanque está localizado em área externa à residência. O Quadro 4.2 demonstra as diferentes tipologias do conjunto habitacional, e as respectivas áreas de construção das mesmas.

QUADRO 4.2 - TIPOS DE CF40/PSH COHAPAR-PR

Tipo/Código	Área (m ²)
CF40-A/ CF40-A1	40,03
CF40-B/CF40-B1	40,09
CF40-C	40,14
CF40-D/CF40-D1/CF40-D2	40,20
CF40-E	40,36
CF40-F	40,12

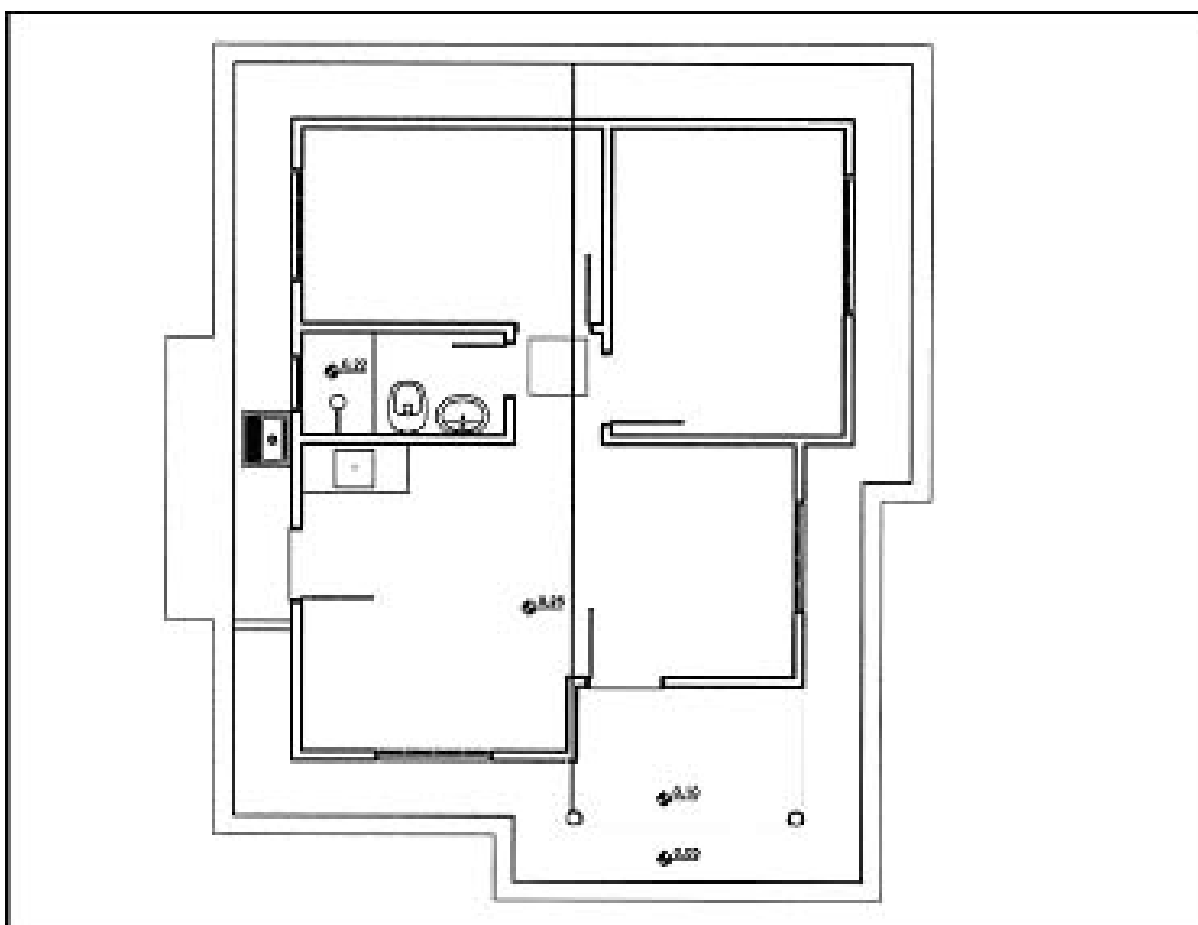
A Figura 4.9 apresenta um croqui contendo as diversas tipologias do projeto arquitetônico. As plantas que contêm na identificação a mesma letra (por exemplo, CF40-A e CF40-A1), têm como característica possuir plantas baixas idênticas. A diferenciação das unidades acontece pela diferente concepção do projeto de cobertura.

FIGURA 4.9 - TIPOLOGIAS DAS UNIDADES HABITACIONAIS



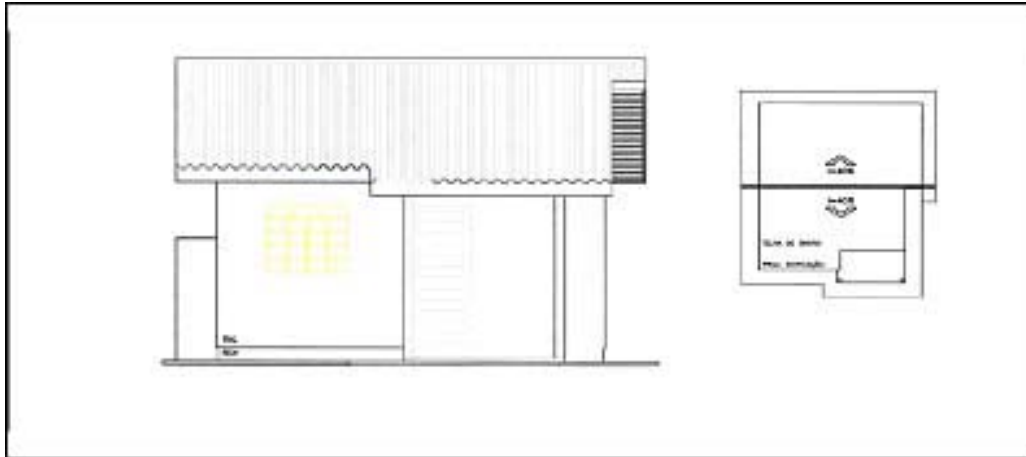
Na Figura 4.10 é apresentada a planta baixa referente às unidades CF40-A e CF40-A1. O objetivo da inclusão desta imagem é demonstrar graficamente o que foi exposto no parágrafo anterior, ou seja, que as plantas codificadas com a mesma letra possuem plantas baixas idênticas, porém com concepção de cobertura diferenciada. Esta variabilidade de estilos arquitetônicos faz com que esteticamente o conjunto seja valorizado, e os usuários se sintam valorizados pela diferenciação de projeto.

FIGURA 4.10 -PLANTA BAIXA TIPO CF40-A E CF40-A1



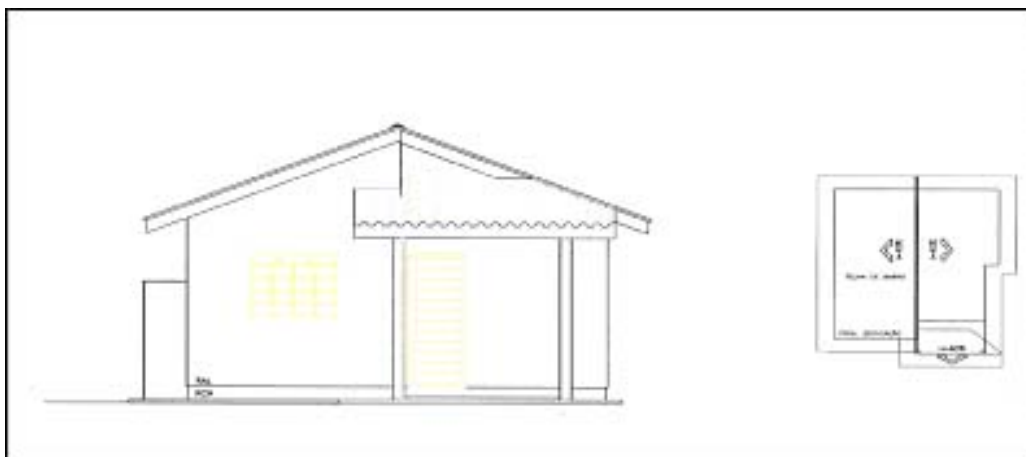
Para exemplificar o que foi descrito, apresentamos na Figura 4.11 a elevação e a cobertura da casa CF 40- A1, e, na Figura 4.12, a elevação e planta de cobertura da CF40-A, ambas com 40,03 m².

FIGURA 4.11 -ELEVAÇÃO E COBERTURA DA CF-40 A1



Na figura 4.12 são apresentadas a elevação e a cobertura da CF40-A. Pode-se afirmar que, observadas somente as elevações, as habitações não aparentam ter a mesma planta baixa. Como comentado anteriormente, esta é uma forma racionalizada de diferenciar a habitação para o usuário, visto que as fundações, alvenaria e instalações são idênticas nas duas residências. O morador, assim, passa a ter uma identificação maior com a sua residência.

FIGURA 4.12 -ELEVAÇÃO E COBERTURA DA CF40-A



Na seção seguinte serão apresentados alguns problemas relativos à modulação encontrados no canteiro de obras, os quais foram observados diretamente e fotografadas nas visitas realizadas ao conjunto habitacional.

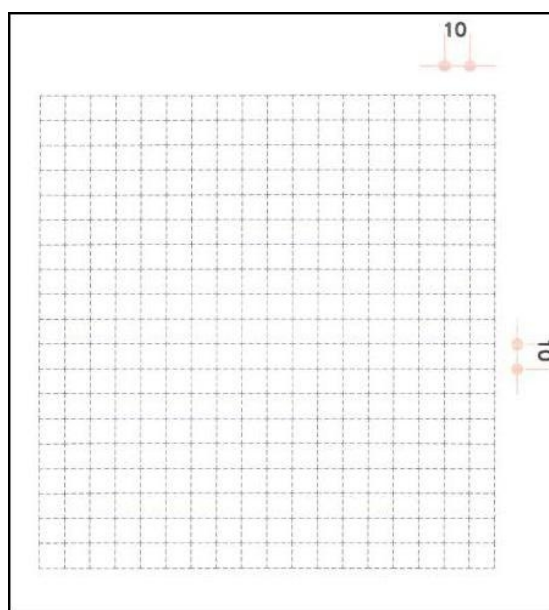
4.7 VERIFICAÇÕES EM RELAÇÃO À MODULAÇÃO

4.7.1 Análise Segundo a Visão Tradicional da Construção

Para a caracterização da modulação sob a ótica de geometria, foram consideradas as seguintes etapas :

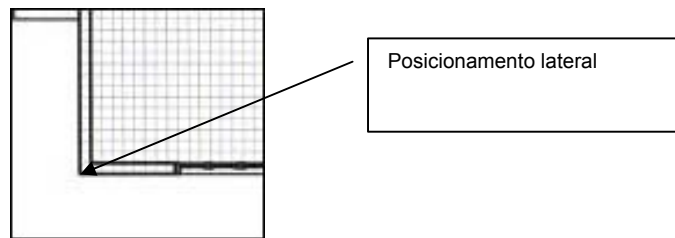
- Composição de um sistema de malha base (*grid* modular), e definição do reticulado modular de referência, conforme mostra a Figura 4.13;

FIGURA 4.13 –*GRID* MODULAR



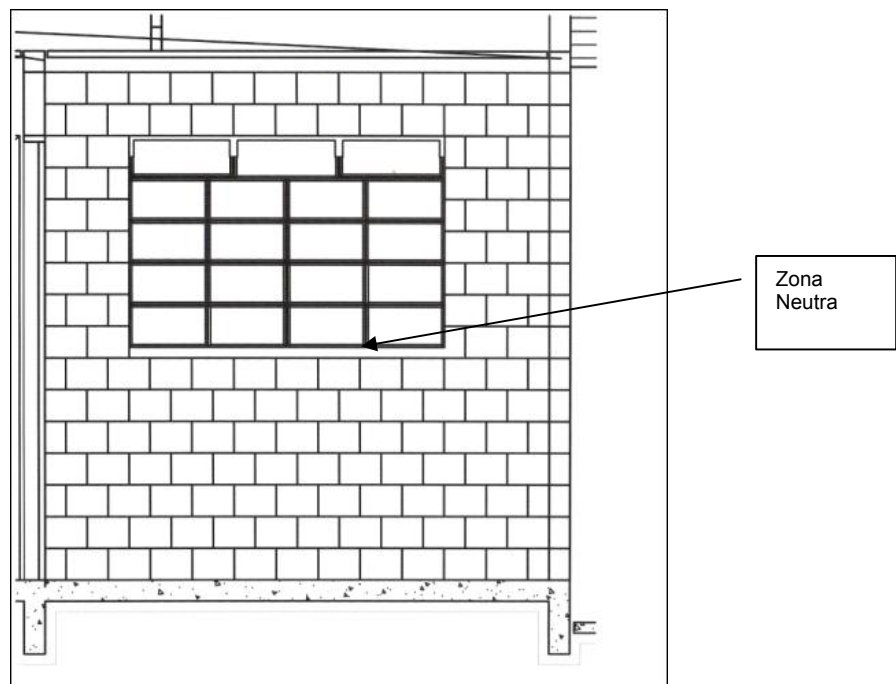
- Seleção do Módulo M de 10 cm e locação dos componentes de construção, conforme mostra a Figura 4.14, com o posicionamento da alvenaria em relação à linha de referência na posição lateral;

FIGURA 4.14 –LOCAÇÃO NA POSIÇÃO LATERAL



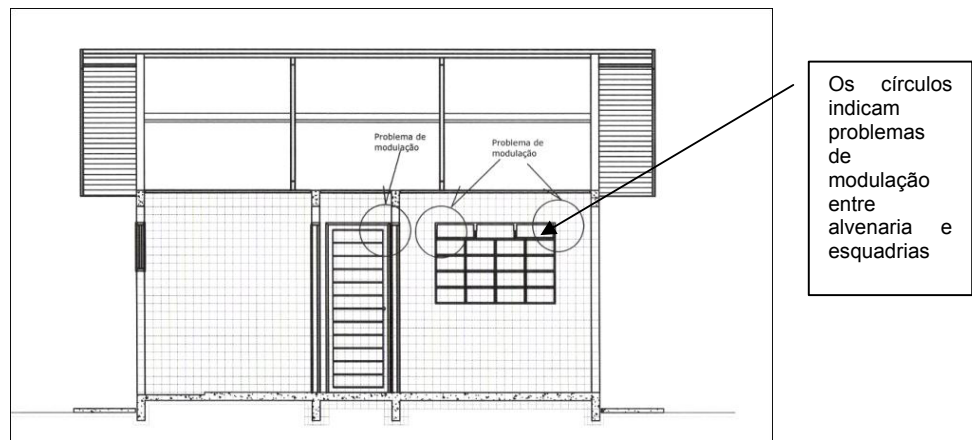
- Localização das zonas neutras, sendo estas as zonas não modulares. No projeto analisado, a principal zona neutra existente é a alvenaria de blocos e as janelas da sala, quartos e cozinha, conforme exemplo mostrado na Figura 4.15.

FIGURA 4.15 –ZONA NEUTRA



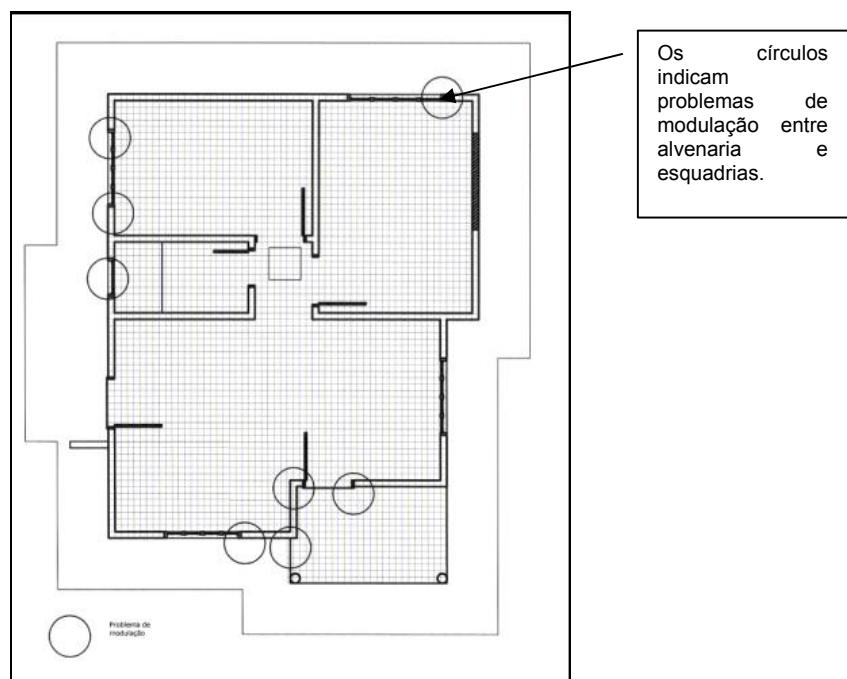
- Compatibilizar a coordenação modular dos blocos com os vãos das aberturas, considerando as dimensões utilizadas no sentido vertical, estabelecendo as tolerâncias admissíveis, conforme Figura 4.16.

FIGURA 4.16 –COMPATIBILIZAÇÃO ALTIMÉTRICA



- Da mesma forma, compatibilizar a coordenação modular dos blocos com os vãos das aberturas no plano, considerando as dimensões utilizadas e estabelecendo as tolerâncias admissíveis, conforme mostrado na Figura 4.17.

FIGURA 4.17 –COMPATIBILIZAÇÃO PLANIMÉTRICA



Na análise para a CF40-A1, ficou evidenciado que não houve a busca intencional pela modulação geométrica em projeto. Medidas simples, como, por exemplo, ajustes na localização das esquadrias em relação aos blocos cerâmicos, poderiam ter sido

usadas. Esta mudança na localização física das esquadrias seria uma forma de modular os componentes construtivos, oferecendo facilidades na execução e menos perda com cortes de material, além de aumentar a produtividade do trabalho. O maior desafio é desenvolver elementos construtivos que garantam a interface entre os componentes, de modo a diminuir as zonas neutras.

4.8 Problemas Gerais de Modulação Identificados no Processo de Construção

4.8.1 Aspectos Gerais

A obtenção das características do processo de construção das habitações foi baseada em dados coletados através de registro fotográfico, realizado durante as visitas ao conjunto habitacional. Os componentes utilizados para a construção das unidades são convencionais, utilizando estacas do tipo broca; formas de madeira para as vigas de baldrame; blocos cerâmicos de 6 furos para execução da alvenaria (dimensões 9x14x19 cm); vergas pré-moldadas, concretadas no próprio canteiro; as formas das cintas de respaldo são de madeira; a estrutura da cobertura é executada com tesouras de madeira, e os demais componentes são também cortados e montados no local; a cobertura é com telhas cerâmicas e o forro é de madeira.

4.8.2 Fundações e Vigas de Baldrame

As especificações prevêm para as fundações o uso de um gabarito metálico, desdobrável, como medida de padronização e eliminação de serviços de controle dimensional.

Verificou-se que o transporte, manuseio e utilização intensa do equipamento tende a retirar a estabilidade de seus ângulos, acarretando a necessidade de se executar o serviço adicional de construção de um gabarito de madeira. Quanto às formas das vigas de baldrame, estas são de madeira, conforme Figura 4.18, sendo prevista a execução de fiadas de blocos cerâmicos no solo.

FIGURA 4.18 - VISUALIZAÇÃO DAS VIGAS BALDRAME



Foram verificadas perdas com material

Análise: As vigas de baldrame poderiam ter formas padronizadas para cada tipologia construtiva, visto haver repetitividade das unidades. As formas poderiam se pré-cortadas e montadas no local. Este procedimento seria mais racional, pela repetição existentes, evitando perdas de tempo e de trabalho humano.

4.8.3 Alvenaria

Não existe na obra projeto de modulação da alvenaria, cabendo ao pedreiro de cada unidade a decisão sobre o assentamento dos blocos cerâmicos. São diversos os fornecedores dos blocos cerâmicos, sendo que as medidas dos blocos são diferentes. A argamassa de assentamento é preparada em betoneira numa central e transportada aos locais de obra e blocos cerâmicos estão depositados na central e são transportados imediatamente antes da sua utilização.

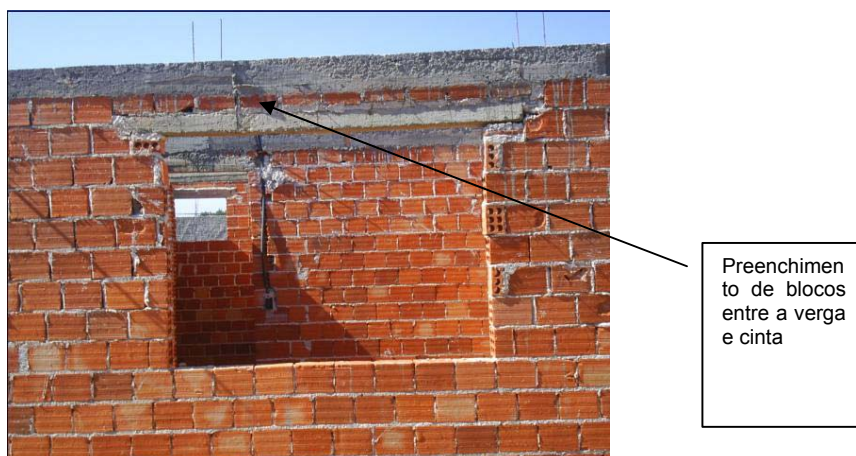
Nas Figuras 4.19 e 4.20, é perceptível que a falta de modulação em projeto acarreta problemas na execução. Na primeira imagem citada, a verga está encostada na cinta superior; na Figura 4.20 foi necessário o preenchimento com blocos entre a verga e a cinta de respaldo.

FIGURA 4.19 - VERGA JUNTO À CINTA



Na visita foi realizada a conferência geométrica nas duas unidades, em relação a altura piso-teto, constatando-se que esta altura (no caso da obra analisada, do contrapiso até a parte superior da cinta) é a mesma nas duas unidades. Desta forma, é possível afirmar que a falta de padronização dos blocos e a falta de modulação em projeto acarretam esta falta de padronização na obra.

FIGURA 4.20 - ARGAMASSA ENTRE VERGA E CINTA



Análise: Nas duas figuras acima é perceptível que não há projeto de modulação de alvenaria, através das diferenças de medidas mostradas nas figuras. Foi constatado também, na verificação no local que os blocos utilizados nos dois casos são de fornecedores diferentes, com variações nas dimensões que excedem o permitido pela

norma. Esta variação configura outro problema, que é a falta de padronização dos fornecedores para o mesmo componente construtivo. A padronização de componentes auxiliaria na resolução deste problema, evitando os cortes dos blocos sobre as esquadrias.

4.8.4 Vergas

A Figura 4.21 mostra as vergas de portas e janelas pré-moldadas em concreto sendo confeccionadas no próprio canteiro de obras, obedecendo a projeto específico da COHAPAR-PR.

FIGURA 4.21 - CONCRETAGEM DAS VERGAS NO CANTEIRO



Observou-se na figura 4.22 a colocação de vergas maiores que o previsto no projeto, obstruindo assim a passagem das tubulações elétricas, além do custo adicional que o fato acarreta.

FIGURA 4.22 -PASSAGEM PARA TUBULAÇÃO ELÉTRICA OBSTRUÍDA PELA VERGA



Na Figura 4.23, a verga utilizada também tem comprimento maior que o previsto, sendo preciso trabalho de corte na verga pré-moldada, atrasando e onerando o processo construtivo. Outro problema constatado é que a ferragem embutida no concreto da verga ficará sem o recobrimento previsto após o corte, podendo causar patologia à unidade.

FIGURA 4.23 -VERGA COM SOBRA LATERAL



Análise: Conforme as figuras apresentadas acima, apesar das vergas terem sido pré-moldadas no canteiro da obra, com comprimentos de 1,0m ou 1,5m, estas não foram corretamente utilizadas, acarretando *re-trabalhos* e perdas diversas.

4.8.5 Esquadrias

A Figura 4.24 demonstra que o vão para a colocação da abertura foi maior do que o necessário durante a execução da alvenaria, gerando trabalho em espera, e posterior retrabalho. Por vão de colocação de esquadria entende-se o tamanho da esquadria mais a folga para a instalação da mesma.

FIGURA 4.24 - PREENCHIMENTO BLOCOS APÓS COLOCAÇÃO ESQUADRIA



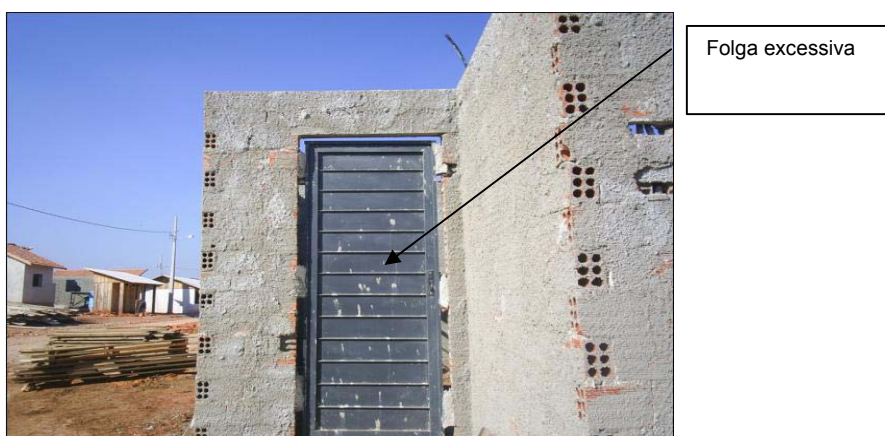
A Figura 4.25 reforça a necessidade de re-trabalho para a execução do acabamento na alvenaria já demonstrado na figura apresentada anteriormente. Além da demora na conclusão da tarefa, a prática aplicada pode acarretar problemas de patologia, como fissuras na junção da alvenaria previamente existente com a executada depois, causando infiltração de água da chuva.

FIGURA 4.25 - REVESTIMENTO JUNTO À ESQUADRIA



Outro problema verificado, conforme mostra a Figura 4.27, foi a existência de folgas excessivas durante a execução da alvenaria, complicando desnecessariamente a colocação das mesmas.

FIGURA 4.26 - FOLGA DEMASIADA ENTRE ESQUADRIA E ALVENARIA



Foi também registrada através da Figura 4.27 a falta de proteção adequada na fase de colocação das esquadrias, gerando trabalho posterior de limpeza das

aberturas, com danos à pintura e a proteção mecânica existente, na medida em que for efetuada a raspagem da argamassa.

FIGURA 4.27 - FALTA DE PROTEÇÃO NA ESQUADRIA



Análise: O procedimento de retornar à unidade em construção para o preenchimento de uma fiada de blocos sob a janela após o revestimento é um procedimento que demonstra a falta de modulação. Em uma análise preliminar poder-se-ia indicar como solução a utilização de janelas maiores no sentido da altura, ou buscar junto ao mercado fornecedor um bloco que satisfizesse a dimensão necessária, ou executar contra verga pré-moldada para o preenchimento do vão, entre outras medidas. A modulação em projeto teria sido de grande auxílio para a solução deste problema, trazendo benefícios como economia e agilidade ao processo.

4.8.6 Cobertura

A madeira para a confecção das tesouras é fornecida pré-cortada segundo projeto específico à central da obra, conforme Figura 4.28. As peças são montadas pelos operários, sendo depois transportadas aos locais de utilização.

Há tolerância de 10 cm em cada peça de madeira adquirida para a confecção das tesouras. Nas visitas ao conjunto habitacional não foi observado o uso de gabarito para a confecção das tesouras.

FIGURA 4.28 - FORNECIMENTO DA MADEIRA PARA CONFEÇÃO TESOURAS



No conjunto habitacional em estudo a madeira para os caibros é fornecida a granel, conforme mostra a Figura 4.29. Na imagem apresentada o operário está avaliando de forma visual as condições de utilização do material.

FIGURA 4.29 - FORNECIMENTO DA MADEIRA A GRANEL



A Figura 4.30 mostra que os caibros da cobertura são fornecidos com dimensões excedentes, sendo cortados individualmente na obra, gerando perda de material e mão-de-obra.

FIGURA 4.30 - CAIBROS COM COMPRIMENTO EXCESSIVO



Residência em construção

A Figura 4.31 demonstra problemas relacionados ao alinhamento na cobertura, gerando *re-trabalho*, além de gastos adicionais com material de vedação das intempéries.

FIGURA 4.31 - COBERTURA DESALINHADA



Problemas com relação à colocação das telhas cerâmicas

A Figura 4.32 mostra a tesoura muito próxima da alvenaria. Se existisse modulação da cobertura, a parte da tesoura que está colocada em paralelo à alvenaria poderia ser eliminada, gerando economia de material.

FIGURA 4.32 - TESOURA PRÓXIMA À ALVENARIA



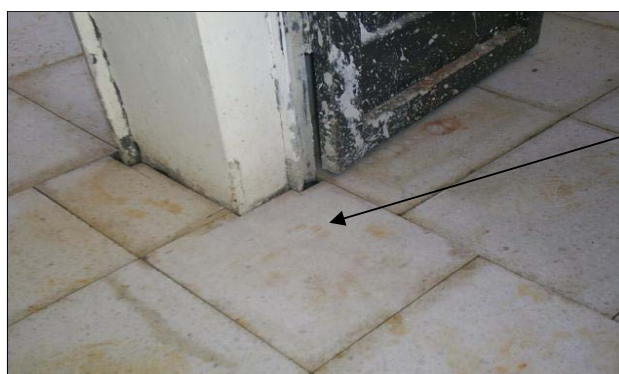
Tesoura a 20cm da alvenaria

Análise: A compra da madeira pré-cortada pode ser de grande ajuda para a prática da modulação e a redução de custos na obra. No conjunto habitacional analisado, a empresa utilizou a madeira das tesouras pré-cortadas, demonstrando que há uma busca pela racionalização construtiva. Porém, a falta de gabarito para a confecção dos diferentes modelos de tesouras, e o fato da madeira para os caibros e ripas serem compradas a granel na época da pesquisa, acarretou perdas de material e de trabalho humano.

4.8.7 Pisos

As dimensões dos pisos utilizados, conforme medição geométrica realizada na obra, eram de 20cm x 30cm ou 30cm x 30 cm. A falta de modulação em projeto causa transtornos como os que verificamos na Figura 4.33, na qual se observa o grande número de cortes para a execução do piso.

FIGURA 4.33 - DIVERSOS CORTES REALIZADOS NO PISO



Cortes diversos no piso

A Figura 4.34 mostra que pela falta de modulação no piso, foi necessário corte de um filete de 3cm em todas as peças da área destinada à cozinha.

FIGURA 4.34 - FILETE DO PISO AO LADO DA PAREDE



Outro problema observado nas unidades analisadas é com respeito a falta de intercambiabilidade entre os ralos, e o piso. Este problema mostra a falta de integração dos diferentes fabricantes de material na construção civil. Para a colocação do tubo de espera para o vaso sanitário foi necessário cortar duas peças cerâmicas, como mostra a Figura 4.35, e a peça cerâmica na junção com a parede também precisou ser cortada em toda a extensão.

FIGURA 4.35 - INTERFACE PISO COM RALOS E TUBOS SANITÁRIOS

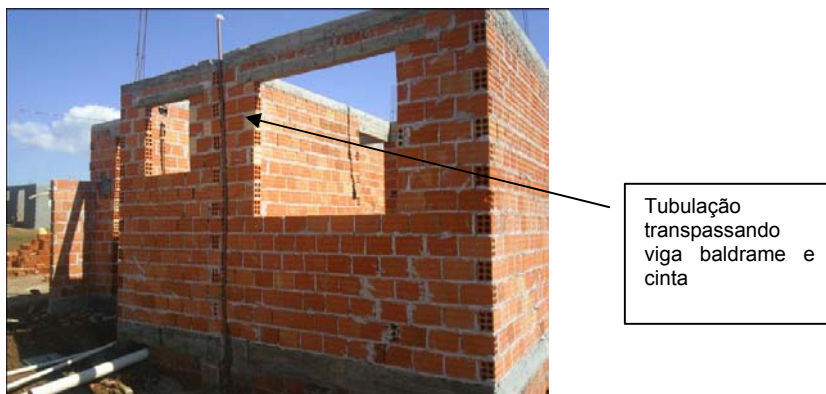


Análise: a modulação dos pisos, especialmente dos cerâmicos é importante no processo construtivo, especialmente nas habitações de interesse social. Os cortes, além de representar perda de material, onera o processo pelo dispêndio de tempo de mão-de-obra e pela necessidade de utilização da máquina de corte.

4.8.8 Instalações:

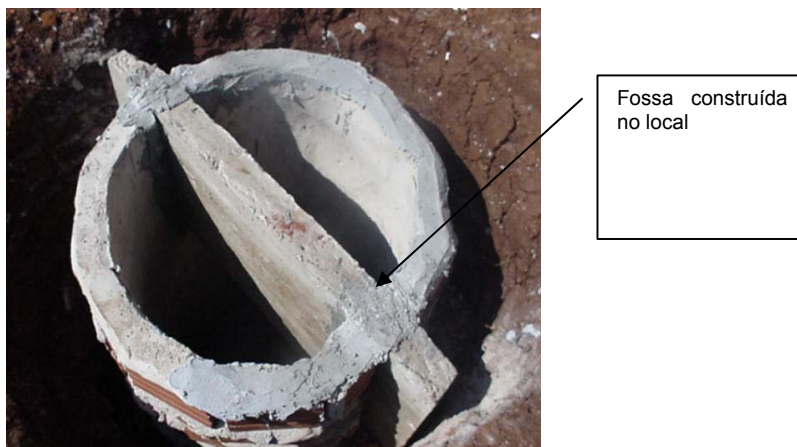
Na Figura 4.36 observa-se a necessidade de corte na viga de baldrame e na cinta para passagem da tubulação, demonstrando a falta de planejamento nas etapas fundação/alvenaria/cintas.

FIGURA 4.36 – CORTE NO BALDRAME E CINTA SUPERIOR



Na Figura 4.37 observa-se a construção da fossa séptica, que é executada no local da obra.

FIGURA 4.37 - FOSSA SÉPTICA



Análise: as instalações elétricas e hidro-sanitárias geram grandes perdas na construção civil. A modulação de elementos construtivos, a utilização de formas de execução racionalizadas e a padronização dos componentes são fundamentais para a HIS.

4.9 RESULTADOS DAS ENTREVISTAS

4.9.1 Entrevista com operários

Neste estudo de caso foram aplicadas as questões apresentadas a seguir, com vistas a identificar se entre os operários da construção das habitações havia a percepção quanto aos problemas de modulação neste conjunto habitacional, comparando as impressões destes em relação a conjuntos similares. Em que tivessem trabalho. As questões foram apresentadas de forma às respostas pudessem ser respondidas como:

1. Mais simples do que os outros projetos;
2. Mais complicado do que os outros projetos;
3. Não sei.

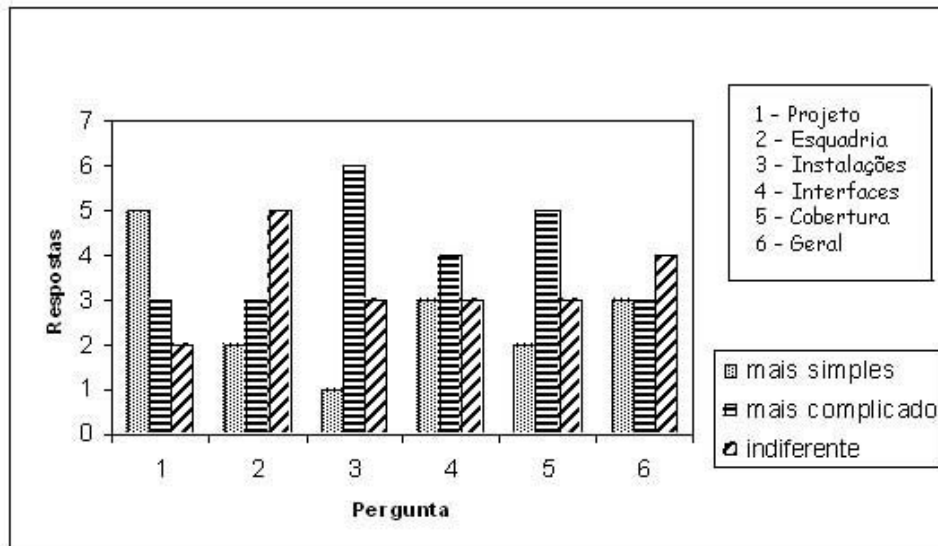
As perguntas apresentadas foram:

- a) O que o senhor acha dos projetos deste conjunto habitacional?
- b) E quanto a colocação das esquadrias?
- c) Como são as instalações das residências deste conjunto?
- d) Como é o levantamento e a junção nos cantos das alvenarias das unidades?
- e) E quanto a cobertura das residências?
- f) Numa análise geral, em que nível de dificuldade é a execução da obra?

Foram entrevistados 10 (dez) trabalhadores (pedreiros, carpinteiro, serventes e instalador). Todos os entrevistados estavam executando serviços na casa CF-40 A e CF40-A1 no momento da realização da entrevista. A entrevista auxiliou no entendimento da pesquisadora quanto à percepção dos operários em relação a problemas causados pela falta de modulação.

A Figura 4.38 resume os resultados obtidos. A pesquisadora obteve ainda o depoimento espontâneo de diversos trabalhadores a respeito dos serviços executados, que estão listados no final desta seção.

FIGURA 4.38 - COMPARAÇÃO DO CONJUNTO QUANTO A DIFICULDADE DE EXECUÇÃO EM RELAÇÃO A OBRAS SIMILARES



Analisando as respostas dos operários, percebe-se que a maioria considerou as instalações mais difíceis que em obras similares. A pesquisadora não obteve evidências que validassem esta resposta nas observações diretas. Quanto a pergunta de número 5, também considerada mais difícil que em conjuntos similares, a análise efetuada é que o motivo são os diversos tipos de cobertura existente. São seis plantas baixas e dez tipos de coberturas diferentes. Essa diferenciação de modelos na cobertura, e, conseqüentemente na fachada das residências é uma forma de valorização para o usuário. Pelo que se pode constatar através da pesquisa, esta diferenciação interfere na produtividade. Uma solução simples para a melhoria da construtibilidade seria confeccionar gabaritos para cada modelo de cobertura.

4.9.2 Depoimento espontâneo dos operários

Nas entrevistas desenvolvidas junto aos trabalhadores do conjunto habitacional, seguindo o roteiro constante no Anexo II, revelaram que o problema da modulação afetava diretamente o nível de produtividade dos pedreiros.

O pedreiro 01, por exemplo, afirmou em depoimento espontâneo que “as vergas *deveriam ter a mesma altura dos blocos, para evitar o enchimento com argamassa ou o corte dos tijolos.*”. O pedreiro 02 reforçou este argumento afirmando que “...os *blocos são diferentes uns dos outros. Às vezes dá certo na altura do respaldo, outras é preciso fazer vários ajustes que são bastante demorados.*”. O carpinteiro 1 citou a questão do corte da madeira “...*seria melhor se a madeira viesse no tamanho certo para colocação, a gente ganharia tempo.*”. Outro pedreiro, de número 3, deu o seguinte depoimento em relação ao corte dos pisos: “...*é difícil a colocação, tem muitos cortes, principalmente no banheiro.*”. O pedreiro 1 também deu seu depoimento em relação ao piso “...*não dá certo nos cantos, (ver figura 4.27), tem muita perda de material e demora pra fazer.*”.

Pelos depoimentos acima descritos, a pesquisadora constata que existe, mesmo que de forma empírica, a percepção pela mão-de-obra de que o uso do conceito de modulação auxiliaria na execução da obra.

4.10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos resultados provindos de procedimentos de coleta de dados como pesquisa documental, observação direta, entrevistas, registro fotográfico evidenciaram que o conceito de modulação de componentes não está presente de forma intencional nos projetos analisados.

Através da observação direta e dos registros fotográficos, foi possível perceber que perdas de material e trabalho humano poderiam ser evitados se houvesse a concepção de modulação em projeto. As entrevistas, por sua vez, demonstram que existe a percepção empírica nos usuários e nos operários quanto a importância da modulação no que tange a eliminação de perdas de material e mão-de-obra.

O mercado da construção civil oferece diversos produtos com os quais é possível proceder a modulação dos componentes, porém a falta da concepção na fase do projeto muitas vezes inviabiliza o uso destes elementos na fase da execução da obra. Visando auxiliar os profissionais da área, a seguir são apresentadas algumas diretrizes que podem ser usadas como ferramentas para viabilizar a modulação. Estas diretrizes

foram divididas em relação ao projeto, interface com a mão-de-obra e aos componentes.

Em relação ao projeto:

Os projetos devem ser simplificados, de modo a simplificar a execução dos trabalhos no canteiro de obras. Por projetos simplificados entende-se, por exemplo, a entrega para a obra em folhas A4, em escala de fácil leitura, para melhor manuseio. No que tange aos detalhes, evitar detalhes de difícil compreensão e execução no canteiro de obras, considerando-se a mão-de-obra utilizada para execução. Projetar para ser possível a atualização do projeto com facilidade. De forma a permitir esta facilidade de atualização, foi perceptível através dos estudos de campo a necessidade de incorporação de soluções que não tem feito parte das soluções normalmente utilizadas pelos arquitetos e engenheiros envolvidos com a habitação de interesse social. O uso de *shafts*, por exemplo, para permitir a rápida instalação, inspeção, manutenção e, principalmente, atualização, é um exemplo de solução projetual de baixo custo que poderia ser incorporada no projeto destas habitações. Projetar de modo a permitir a repetição de técnicas e processos, ou seja, na fase do projeto especificar métodos de trabalho que permitam repetição, propiciando assim o aprendizado por repetição. Especificar materiais de construção que permitam posterior ampliação. Premissa muito importante, visto que o projeto deve prever toda a vida útil da construção; o que, no caso da habitação de interesse social significa ampliações diversas ao longo do tempo. O projeto deve buscar formas de permitir a customização em massa. A literatura demonstra a importância da valorização do usuário para propiciar a manutenção do bem adquirido; a customização em massa alia este conceito a menor custo, fundamental na HIS. Especificar componentes com intercambiabilidade, de forma a possibilitar a modulação, buscando utilizar famílias e plataformas de produtos.

Em relação à interface com mão-de-obra:

Buscar projetar de forma a ser possível liberar a montagem em qualquer seqüência executiva. Esta premissa auxilia na utilização racionalizada na mão-de-obra,

considerando que eventuais atrasos nos materiais serão supridos com montagens em seqüência diferente do convencional. Buscar informações sobre a habilidade da mão-de-obra a ser utilizada na obra. Este conhecimento é muito importante na HIS, considerando-se que em muitas obras a mão-de-obra não é minimamente qualificada. Projetar de modo a simplificar as substituições práticas no canteiro de obras, evitando assim desperdícios com *re-trabalhos*. Projetar com vistas para seqüências práticas e simplificadas de execução; eliminar ou diminuir os embutimentos de elementos construtivos, no sentido de não haver sobreposições dos elementos. A sobreposição dos elementos dificulta a execução, onera o custo e diminui a qualidade final da obra, por fragilizar os componentes envolvidos nos embutimentos. Os embutimentos geram também dificuldades em relação às ampliações, pois normalmente estes não estão previstos em projeto, e assim, não estarão visíveis.

Em relação aos componentes:

Buscar a especificação de componentes com compatibilidade entre os elementos, utilizando sempre que possível especificar elementos construtivos padronizados. Isto equivale a dizer que os materiais devem ser especificados de forma a diminuir cortes e ajustes, diminuindo assim as perdas de material. Prever o uso de peças pré-fabricadas sem complexidade, com um claro desenvolvimento das seqüências construtivas, facilitando o processo de construção, evitando erros por falta de entendimento. Projetar buscando a redução da variedade de tipos, dimensões e número de componentes construtivos. Havendo a redução de variedade, a facilidade de aprendizagem cresce, diminuindo erros e agilizando o processo construtivo, contribuindo assim para minimizar o custo final da obra. Observar a definição de espaçamentos uniformes entre os elementos construtivos. Havendo espaçamentos uniformes, a montagem será facilitada, com menos uso de ferramentas na execução das tarefas. Especificar materiais convencionais, de forma a permitir a posterior ampliação pelo próprio usuário, fato muito comum na habitação de interesse social. Verificar se há compatibilidade dimensional e tecnológica entre os componentes especificados, buscando a flexibilidade entre estes, com interfaces entre os componentes da construção. Não havendo compatibilidade

entre os diversos componentes, o consumo de tempo e material será maior, onerando desnecessariamente a edificação, sem nenhum valor agregado.

Check-List

O Quadro 4.3 ressalta os elementos que podem ser utilizados como lista de verificação (check-list) para a implementação de sistemas construtivos abertos para a HIS através da modulação, sob os enfoques da construção civil e da indústria da manufatura.

A estrutura da elaboração desta lista foi baseada nas recomendações de Meseguer (1991):

- a lista de verificação deve ser apresentada com três colunas, encabeçadas com os títulos: Sim - Não - Não se Aplica;
- as questões devem ser formuladas em forma de perguntas de enunciado positivo;
- na formulação das questões deve-se tentar conseguir que as respostas sejam necessariamente Sim ou Não, sem que caiba outra alternativa;
- a forma das perguntas deve ser tal que a resposta sim corresponda sempre ao aspecto positivo questionado.

QUADRO 4.3 – CHECK-LIST

ITENS A SEREM VERIFICADOS	SIM	NAO	NSA
Os detalhes de projeto são simplificados			
Percebe-se a repetição de técnicas e processos			
A obra é projetada para a habilidade da mão-de-obra			
O projeto busca a redução da variedade de tipos, dimensões e número de componentes utilizados			

A obra foi projetada para simplificar substituições práticas no canteiro			
Os elementos construtivos são padronizados			
Foram previstas utilização de peças de pré-fabricação com baixo grau de complexidade			
Há um prévio desenvolvimento das seqüências construtivas			
O projeto busca formas de permitir a customização em massa			
Os projetos foram elaborados buscando seqüências práticas e simplificadas de execução			
O projeto apresenta interfaces claras entre os componentes			
O projeto é de fácil atualização			
Há espaçamentos uniformes entre os elementos construtivos			
A liberação das montagens é possível em qualquer seqüência			
Há busca de especificação de materiais de construção que permitam posterior ampliação			
Os materiais utilizados na obra são convencionais			
Há a preocupação de eliminar embutimentos e sobreposições de elementos construtivos			
Há compatibilidade dimensional e tecnológica entre os componentes			
Há busca por flexibilidade entre os elementos utilizados			
São especificados componentes com intercambiabilidade			
Observa-se a modulação na fase de projeto, utilizando o conceito de módulo			
São verificadas interfaces entre os componentes da construção			
É possível verificar o uso do conceito de plataforma de produtos			

As edificações utilizam o conceito de famílias de produtos			
Há produtos que usam modularidade por slot, bus ou seccional			

A lista de itens apresentada acima é baseada nas duas abordagens deste trabalho, ou seja, na visão da construção e na visão da indústria da manufatura. A utilização do check-list visa oferecer uma contribuição na busca de melhorias para os projetos das habitações de interesse social. O resultado esperado é contribuir para o aumento do padrão de vida dos usuários.

5 CONCLUSÃO

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A hipótese principal desta pesquisa, que é a possibilidade de obter sistemas construtivos abertos utilizando componentes existentes no mercado não se confirmou, tomando como base apenas os componentes analisados nesta pesquisa. A análise foi feita sob os enfoques da modulação tradicional da construção, geométrica, e sob o enfoque da indústria da manufatura, que tem uma visão mais abrangente, com vistas na intercambiabilidade entre diversos elementos, componentes e materiais necessários para a execução de residências voltadas para população de baixa renda.

No mercado de construção civil existem componentes passíveis de modulação, mas é necessário transpor diversas barreiras de ordem cultural e técnica para que se faça uso efetivo destas ferramentas no canteiro de obras. Os técnicos da área, como arquitetos, engenheiros e profissionais de design devem contemplar desde o projeto componentes que sejam moduláveis, possuam interfaces e interações, e sejam intercambiáveis. Projetos com ênfase nos princípios de construtibilidade, especialmente o da modulação, e também com vistas em conceitos já usados na indústria da manufatura certamente trariam grandes benefícios para a construção de habitações de interesse social. Um benefício a ser citado é a redução do desperdício de materiais, pela diminuição de cortes do material utilizado. Em relação ao meio-ambiente, também há diversas vantagens, entre elas, a redução sensível da quantidade de resíduos da obra.

Através de entrevistas e de observação direta, foi possível perceber que os operários da construção tem a percepção empírica da importância da padronização dos componentes construtivos e na repetição dos elementos construtivos. Esta percepção demonstrada pelos operários pode ser traduzida como uma busca pela modulação, ainda que fortemente calcada na visão geométrica. Considerou-se atendido o objetivo geral desta dissertação, sendo a proposição de diretrizes que auxiliem na modulação dos componentes construtivos, nas visões da construção e da manufatura.

A pesquisa serviu também para solidificar o significado dos conceitos de construtibilidade, especialmente da modulação, no que tange às diferenças entre os paradigmas sob a ótica da construção e da manufatura. A construção civil deve buscar na indústria da manufatura informações e o aprendizado. As inovações não precisam ser necessariamente complexas, sendo que muitas soluções da indústria da manufatura podem ser adaptadas para o canteiro de obras.

Finalmente, a pesquisa indicou que a modulação desde a concepção do projeto tem o potencial de produzir melhorias significativas no que tange a qualidade e custos das habitações de interesse social. A aplicação da modulação é fundamental para a difusão dos conhecimentos entre as visões da manufatura e da construção civil para que se obtenha respostas no curto prazo, melhorando assim as condições de construtibilidade e habitabilidade nas habitações de interesse social.

5.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MÉTODO DE PESQUISA

O método do estudo de caso, utilizado nesta pesquisa, foi adequado, visto que o tema exigia uma exploração dentro do contexto real dos acontecimentos. Foi considerado o estudo de caso único, pelos conjuntos investigados preliminarmente possuírem as mesmas características. Na pesquisa de campo realizada foi perceptível que a falta de informações quanto à modulação no processo construtivo é causa de dificuldades para os envolvidos. Foram assim relacionados os desperdícios de material e de trabalho humano decorrentes desta deficiência.

O presente estudo analisa habitações de interesse social na Região Metropolitana de Curitiba, Paraná, em apenas uma localidade, e somente em uma tipologia de projeto arquitetônico. Todavia, o trabalho oferece subsídios para estudos semelhantes a serem desenvolvidos em universos maiores.

Pode-se afirmar que a utilização de técnicas já aplicadas em outras indústrias, como a da manufatura, podem auxiliar na melhoria das práticas na indústria da construção civil. A validação dos resultados obtidos em campo foi realizado comparando-os com os resultados obtidos na literatura, principalmente do Brasil. A

maioria dos problemas causados verificados durante a execução das habitações nas unidades habitacionais refere-se à falta de utilização do conceito de modulação em projeto.

Algumas dificuldades foram constatadas em relação à aplicação das técnicas de coleta de dados no estudo de caso. Na entrevista com os operários, por exemplo, estes demonstraram receio da exposição pessoal ao falar das dificuldades encontradas na execução dos projetos. Por este fato, algumas entrevistas duravam mais tempo que o estipulado, pois era necessário que inicialmente a pesquisadora explicasse o motivo do questionário, deixando claro que as dificuldades que eventualmente fossem citadas na execução dos serviços não seriam usadas como forma de punição ao entrevistado. Este fato é um exemplo da importância da utilização de mais de um instrumento para obter resultados válidos e com maior eficiência na pesquisa.

5.3 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

A partir dos resultados e das análises obtidos nesta dissertação e ao longo de sua execução, foi possível indicar uma série de sugestões para o desenvolvimento de futuras pesquisas na área:

- Avaliação do impacto econômico decorrente da falta de projeto de modulação nas habitações de interesse social;
- Metodologia para elaboração de kits de construção de habitação de interesse social utilizando componentes existentes no mercado da construção civil;
- Diretrizes para a aplicação da tecnologia usada na indústria da manufatura às da construção, adaptando-as às peculiaridades desta indústria.
- Avaliar mais tipologias de projeto no sentido de obter uma percentagem maior na coleta de dados para aplicação de uma técnica estatística, gerando resultados passíveis de generalização.

5.4 CONCLUSÃO FINAL

O déficit habitacional do país, especialmente nas regiões metropolitanas vêm crescendo nos últimos anos, apesar dos esforços no sentido de amenizar o problema. Houve um crescimento das necessidades da população na busca de moradia que aliem baixo custo construtivo a boas condições de habitabilidade.

Os resultados obtidos no estudo de caso ilustram que os conceitos de construtibilidade, especialmente no que concerne a modulação de componentes, estão sendo pouco utilizados na indústria da construção civil. Apesar dos avanços da tecnologia, pouca coisa mudou nas últimas décadas no canteiro de obras. As perdas de materiais e de trabalho humano continuam grandes. A indústria da manufatura, mais adiantada tecnicamente, pode contribuir com subsídios importantes para a indústria da construção.

Para que os usuários das habitações de interesse social possam habitar residências com melhores condições gerais, órgãos públicos ligados à construção de habitações para baixa renda, projetistas e engenheiros de obra, fornecedores de insumos precisam se unir, trocando informações que permitam a melhoria das interfaces entre os diversos elementos que compõe as residências.

Não obstante o tipo de indústria a ser analisada, é possível afirmar que a modulação é uma maneira de realizar projetos para melhor atender a população. Portanto, considera-se que o atributo da modulação para implementação de sistemas construtivos abertos deveria necessariamente fazer parte dos projetos, particularmente em instituições e organizações envolvidos com habitações de interesse social.

REFERÊNCIAS

ABDOMEROVIC, M.; BLAKEMORE, G. **Project process interactions**. International Journal of Project Management. www.elsevier.com/locate/ijproman. Acesso em 20.22.04

ABIKO, A. K. **Introdução à gestão habitacional**. São Paulo, EPUSP, 1995. Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/12.

ABIKO, A. K. **Gestão Habitacional e Mutirão**. São Paulo: EPUSP, 1996.

ABIKO, A. K. **Intervenção habitacional em cortiços de São Paulo**. São Paulo, SP.1998

ANDRADE, M. **Coordenação Dimensional como Ferramenta para a qualidade em projetos de habitação Popular**. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UnB. Brasília, 2000.

ANTAC/MDIC. **Plano estratégico para ciência, tecnologia e inovação na área de tecnologia do ambiente construído com ênfase na construção habitacional**. Versão 1. Brasília, ANTAC/MCT, abril 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5706. **Coordenação modular da construção**. Rio de Janeiro, 1977.

NBR 5708. **Vãos Modulares e seus fechamentos**. Rio de Janeiro, 1982.

NBR 5710. **Alturas modulares de piso a piso, de compartimento e estrutural**. Rio de Janeiro, 1982.

NBR 5718. **Alvenaria Modular**. Rio de Janeiro, 1982.

NBR 5729. **Princípios fundamentais para a elaboração de projetos coordenados modularmente**. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Plano estratégico para Ciência, Tecnologia e Inovação na área de Tecnologia do Ambiente Construído com ênfase na construção habitacional.** Coordenação de Carlos Torres Formoso. Porto Alegre. ANTAC. 2002. 50p

BAER, W.A. **Economia brasileira.** Ed. Nobel, São Paulo, 1996.

BALDWIN, C.Y.; CLARK, K. **Managing in an Age of Modularity.** Harvard Business view, 1997. Disponível no endereço eletrônico: www://users..du.se/~pke/Course.htm. Acesso em 03.04.05.

BARLOW, J. **From craft production to mass customization? Customer-focused approaches to housebuilding.** International Group for Lean Construction annual Conference, 9^a, Guarujá, data . Proceedings.Guarujá, 1998,.

BARROS, M. M. B. de. **A implantação de tecnologias construtivas racionalizadas no processo de produção de edifícios: proposição de um plano de ação.** São Paulo, SP. 1997. In: Seminário Internacional, Gestão e Tecnologia na Produção de Edifícios, 1997, São Paulo. Artigo técnico.

BARTH, H. **Desenvolvimento de um processo Construtivo em painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos.** São Paulo, SP 2003. Artigo Técnico.

BLACHÈRE, G. **Tecnologias de la construcción industrializada.** Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1977.

BLACKENFELT, M. **Managing Complexity by Product Modulazition** (Doctoral Thesis). Stockholm:Royal Institute of technology, 2001

BOBROFF, J. **A new approach of quality in the building industry on France.** Lisboa, 1989

BRANDÃO, D. Q.; HEINECK, L. F. M. **Classificação das formas de aplicação da flexibilidade arquitetônica planejada em projetos de edifícios residenciais.** In: ENTAC., 2., Florianópolis, abr., 1998. **Anais....** Florianópolis: UFSC, 1998. p. 215-222.

BUSSAT, P. **Die modulordnung in hochbau.** Editora karl Kramer, Stuttgart, 1963(trad. FAU-Univ. Cordoba, Arg.1973)

CABRITA, A. M. R. **Definição da qualidade da habitação de forma acessível a seu adquirente.** In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO, 2., Lisboa, 1990. **Anais...** Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1990. p. 145-156.

CAMPOS, P.E. **Novos paradigmas do ciclo aberto: componentes com valor agregado.** Disponível no endereço eletrônico: www.comunidadeconstrucao.com.br. Acesso em 01.09.2004

CARDOSO, F. F. **A gestão da produção de vedações verticais : alternativas para a mudança necessária.** In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: vedações verticais, 1998, São Paulo. Artigo técnico.

CARDOSO, L. R. A.; ABIKO, A.K. **Construção Habitacional por mutirão: gerenciamento e custos.** São Paulo: Boletim técnico da Escola Politécnica da USP/PCC, 1993.

CARVALHO, M. S. & SAURIN, T. A. **Tópicos sobre Flexibilidade como Estratégia Competitiva na Indústria da Construção Civil - Subsetor Edificações.** Porto Alegre: NORIE/UFRGS, Nov/1995.

CAVAGLIÁ, G. **Os ritmos da tecnologia.** Techne, editora PINI, 1994

CIB/W60 Report, **International Council for Building Research Studies and Documentation.** Publication 64, Jan., 1982.

CONCÍLIO, V. P.; ABIKO, A. K. **Mutirão habitacional: adequação de processos e sistemas construtivos**. Boletim técnico BT/PCC/206. São Paulo : EPUSP, 1998. 20 p.

CORRÊA, M. C.; FABRÍCIO, M. M.; MARTUCCI, R. **A Qualidade como parâmetro para uso do conceito de flexibilidade**. In. Seminário Internacional - NUTAU'96. Tecnologia, Arquitetura e Urbanismo. Anais: FAU-USP, São Paulo, 1996.

CUPERUS, Y. **An introduction to open building**. INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION ANNUAL CONFERENCE, 9a, Singapura, 6-8 agosto 2001. Proceedings... Singapura, NUS, 2001. pp.261- 270.

DAVIDSON, C.H. **Industrialized construction –a commentary**. In: Industrialization in Concrete building construction. Detroit, American Concrete Institute, 1975.

De WECK et al. **Product family and platform Porfolio Optimization**, Proceedings of DECT-03: ASME Design. Engineering technical conferences, September 2-6, Chicago, II, 2003.

DORFMAN, G. **Contribuição à visão integradora das técnicas de edificação e de seu processo de mudança**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, UFRGS, P. Alegre, 1989.

DORFMAN, G. **Flexibilidade como balizador do desenvolvimento das técnicas de edificação no século XX**. UNB/FAU/Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília: UNB, 2002

EASTERBY-SMITH, M.; THORPE, R.; LOWE, A. **Management Research: an introduction**. London: Sage, 1991

EGGEN, O. **Modular Product Architectures**. (2003). Disponível no endereço eletrônico: <http://design2.maskin.ntnu.no.pdf>. Acessado em 04.03.05

- ERIXON, G. **Modular Function Deployment- A Method for Product Modularization**. (1998). Disponível no endereço eletrônico <http://ww.lib.kth.se/abs98/erix0320.pdf>. Acesso em 20.04.05
- ERIXON, G. STAKE, R., KENGER, P. (2004). **Development of Modular Products** Disponível no endereço eletrônico <http://ww.users.du.se/~pke> . Acesso em 03.04.05
- FACHIN, O. **Fundamentos da metodologia**. 4 ed. São Paulo: Ed.Saraiva, 2003.
- FARAH, M. F.S. **Diagnóstico tecnológico da indústria da Construção Civil: caracterização geral do setor**. In: IPT, Projeto de Divulgação Tecnológica Lix da Cunha. Tecnologia de edificações. São Paulo: IPT: Pini, 1988.
- FARAH, M.F.S. **Tecnologia, Processo de Trabalho e Construção Habitacional**. São Paulo,1992. Tese (Doutorado), Departamento de Ciências Sociais da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- FERGUSON, I. **Buildability in practice**. Mitchell Publish Company Limited. Londres, 1989.
- FISCHER, S. **Diretrizes de projeto arquitetônico e design de interiores para permitir a expansão de habitações de interesse social**. Dissertação de Mestrado. Curitiba : UFPR, 2003.
- FISHER, L. **Can't someone tell me how to measure quality?** Quality SIG newsletter, (1988). Disponível no endereço eletrônico: www.stcsig.org/quality/1998_2.pdf. Acesso em 20.04.05
- FIXSON, S. **The Multiple faces of modularity**. (2003). Disponível no endereço eletrônico: http://imvp.mit.edu/papers/02/Fixson_multiplefaces.pdf. Acesso em 22.04.05.
- FRANCO, L.S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada**. Tese (Doutorado)-Escola Politécnica. USP, 1992.

FRANCO, L.S. **O projeto das vedações verticais: características e a importância para a racionalização do processo de produção.** In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais (1o : 1998 : São Paulo) Anais.

Fundação João Pinheiro. **Déficit Habitacional no Brasil 2000.** SEDU-PR, Projeto PNUD BRA – 00/019, Programa Habitar Brasil – BID. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 2001.

GEHBAUER, F.et al. **Planejamento e gestão de obras: um resultado prático da cooperação técnica Brasil-Alemanha.** Coordenação e redação Marisa Eggensperger. Curitiba : CEFET-PR, 2002.

GERSHENSON, J.K. et al. **Modular Product design: a lifecycle view.** Journal of Integrated Design and Process Science, 1999

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HEIKKILÄ et al. **Products and Modularity.** H: Helsinki University Press, 2002. Disponível no endereço: <http://www2iah.fi/~tokarjal/~producstandmodularity.pdf>. Acesso em 02.05.05

HILLSTRÖM, F. (1994). **On axiomatic design in modular product envelopment..** Licentiate Thesis, Göteborg: Chalmers University of Technology. Disponível no endereço eletrônico: www.users.du.se/~pke. Acesso em 05.05.05

HUANG, C.C. **Overview of Modular Product Development.**RO (A), Vol.24. N 23, 2000. Disponível no endereço eletrônico: <http://www.nr.stic.gov.tw/ejournal/v24n3/149-165.pdf>. Acesso em 28.04.05

IBGE. **Censo Demográfico 2000: características da população e dos domicílios- resultados do universo.** Rio de Janeiro, 2000.

INO, A. **Sistema Modular em Eucalipto Roliço para Habitação.** Tese de doutorado, Escola Politécnica –USP, São Paulo, 1992

IPT, Projeto de Divulgação Tecnológica Lix da Cunha. **Tecnologia de edificações**. São Paulo: IPT: Pini, 1998.

IPARDES. **Paraná: diagnóstico social e econômico**. Curitiba, 2003.

ISO 6241. **Performance Standards in Building - Principles for their Preparation and Factors to be Considered**. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 1984.

JEANNERET, C.E. **Le Corbusier**. Disponível no endereço eletrônico: <http://www.educ.fc.ul.pt/icm/icm2000/icm33/Corbusier.htm> Acesso em 05.06.05

JOBIM, M.S.S. **Método de avaliação do nível de satisfação dos clientes de imóveis residenciais**. Porto Alegre. Dissertação (Mestrado) UFRGS, 1997.

JUNG, C.F. **Metodologia para Pesquisa e Desenvolvimento - aplicada a novas tecnologias, produtos e processos**. Ed. Axcel Books, 2004

KELLETT, P.; FRANCO, F. **Technology for Social Housing in Latin America: An Evaluation of the CYTED Research and Development Programme**. Habitat International, Vol. 17, No. 4. pp. 47-58, 1993.

KENGER, P. **Proceedings from the 2nd seminar on development of Modular products**. Dalarna University, Sweden, 2004

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. CIFE technical Report Stanford University, 1992.

KRÜGER, E. L. **Avaliação de Sistemas Construtivos para a Habitação Social no Brasil**. VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Qualidade no Processo Construtivo, ENTAC 1998

LACERDA, M. **Notas de aula**. UFPR, 2003

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2003

LIMMER, C. **Planejamento, orçamentação e Controle de projeto de Obras**. RJ, 1993

LUCINI, H.C. **Perspectivas tecnológicas na produção Habitacional**. Porto Alegre. 1998. Curso de Racionalização do projeto e tecnologias da construção

LUCINI, H.C. **Manual técnico de Modulação de Vãos de Esquadrias**-1 ed. São Paulo: Pini, 2001

MARCHETTI, D. S.; SILVA, P. F. da; VIEIRA, T. C. **Conforto térmico em habitação com populações de baixa renda : uma análise bioclimática**. Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2º, Florianópolis, 1993.

MARTUCCI, R. **Projeto tecnológico para edificações habitacionais: utopia ou desafio?** São Paulo, 1990. Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP

MEIRELLES, H.L. **Direito de Construir** -7 ed. São Paulo: Malheiros, 1983

MEREDITH, J.R. **Building operations management Theory through case and Fiels Study**. Journal of Operation management.v. 16. Elsevier, 1998

MESEGUER, AG. **Controle e garantia da qualidade na construção**. Tradução Roberto Falcão Bauer, 1991

MIKKOLA, J.H. **Product Architecture Design: Implication for Modularization and Interface management**. LINK workshop. Copenhagen Business School, 2000.

Disponível no endereço eletrônico:

<http://www.business.auc.dk/druid/conferences/mikkola.pdf>. Acesso em 08.05.05

MILLER, T.D.; ELGARD, P. ***Defining modules, Modularity and Modularization***. ISBN 87- 89867-60-2, Design for Integration in manufacturing, Proceedings of the 13th IPS Research seminar, Fuglose, 1998.

MITIDIERI, C. V. ***Avaliação de desempenho de componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitações: proposições específicas à avaliação do desempenho estrutural***. São Paulo. Tese (Pós - graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, USP, 1998.

MUFFATO, M., ROVEDA, M. (1999) ***Developing product platforms: analysis of the development process***. University of Padua, Italy

NUIC, L.; SOUZA, H.; ARAÚJO, E.C. ***Coordenação modular aplicada a galpões em estrutura metálica***. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 2003, São Carlos, SP.

O'CONNOR J.T., RUSCH, S.E., SCHULZ, M.J. ***Constructability concepts for engineering and procurement***. Journal of Construction Engineering and Management, v. 113, n2, June 1987.

OLIVEIRA, M.C.G. de. ***Os fatores determinantes da satisfação pós-ocupacional de usuários de ambientes residenciais***. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) –UFSC. Florianópolis, 1998.

OLIVEIRA, O. ***Gestão da Qualidade na Construção Civil***. 2001. Dissertação (Mestrado)- PUC. SP, 2001.

OKPALA, D.C.I. ***Housing Production Systems and Technologies in Developing Countries: a Review of the Experiences and Possible Future Trends/Prospects***. Habitat International, Vol. 16, No. 3, pp.9-32,1992.

ORNSTEIN, S.W. ***Avaliação de pós-ocupação do ambiente construído***. São Paulo: Nobel, 1992.

ORNSTEIN, S. W.; ROMÉRO, M. A. **Avaliação Pós-Ocupação: métodos e técnicas aplicados à habitação social**. São Paulo: Coletânea Habitare/FINEP, 2002.

OYEBODE, A. **Modularity and Quality** In: Proceedings from the 2nd seminar on development of Modular Products, Dalarna University, Sweden, 2004.

PEIXOTO, F.M. **Sistemas hidráulicos prediais: proposta de diretrizes para a racionalização do seu processo construtivo**. Dissertação (Mestrado) UFRGS, 2000

PELEGRINI, A. V. **O processo de modularização em embalagens voltado para a customização em massa: uma contribuição para a gestão do design**. Dissertação de Mestrado- UFPR. Curitiba, 2005

PERSSON, D. **Modules and Interfaces**. Proceedings from the 2nd seminar on Development of Modular Products, Dalarna University, Sweden, 2004

PICARELLI, M. et al. **Habitação: representação**. Sinopses, São Paulo, n. 17, p. 42-48, jun. 1992.

PICCHI, F. A. **Sistema de qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. São Paulo, 1993. 462 f. Tese (Doutorado em Engenharia)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

REIS, A.T.L., LAY, M.C.D. **Métodos e técnicas para levantamento de campo e análise de dados: questões gerais**. In: WORKSHOP AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO, São Paulo, 1994. Anais... São Paulo: NUTAU-USP

RODRIGUEZ, M.A.A.; HEINECK, L..F.M. **Coordenação de projetos: uma experiência de 10 anos dentro de empresas construtoras de médio porte**. In: II Simpósio brasileiro de gestão da qualidade e organização do trabalho no ambiente construído, **Anais**, Fortaleza, 2001.

ROMAN, H.R. et al. **Alvenaria Estrutural – programa de capacitação empresarial**. Módulo 1: administradores de obras, CD, Florianópolis, 2000.

RONDINA, H. **Contrato de Obra pública y privada**. Santa Fé (Argentina): Universidade Nacional Del Litoral, 1993

ROSSO, T. **Racionalização da Construção**. São Paulo:FAUUSP, 1980

SABBATINI, E.H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. EPUSP, São Paulo, 1989. (Tese de Doutorado).

SALGADO, M. S. **Racionalização da Construção: caminhos para a habitação popular no Município do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado FAU/UFRJ, 1992

SANCHEZ, R. **Using Modularity to manage the Interactions of technical and industrial Design**. Design management Journal, Vol .2. Boston MA: design Management institute, 2002

SARJA, A; HANNUS, M. **Modular systematics for the industrializes building**. Technical research Centre of Finland, ESPOO,1995

SAURIN, T.A. **Diretrizes e Procedimentos para o Planejamento de canteiros de obras**. Porto Alegre, RS. PQPCC/RS, 1995

SCHARMM, W. **Notes on case studies of instructional media projects**. Working Paper. Washington: Academy for Educational Development, 1971

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia de pesquisa e elaboração da dissertação**. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2000

SILVA, M. V. A. **Estudo da produção de habitações com alvenaria estrutural em blocos cerâmicos**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, 1995.

SOUZA, R. de. **A avaliação de desempenho aplicada a novos componentes e sistemas construtivos para habitação**. São Paulo: IPT, 1981.

SZÜCS, C. P. **Flexibilidade Aplicada ao Projeto da Habitação Social**. In: VII Congresso Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC 98, 1998, Florianópolis. Anais do ENTAC 98. Florianópolis: ANTAC, 1998. v. I. p. 621-628.

SZÜCS, C. P.; BRUNETTO, A.; SOUZA, M. E. F. et al. **Qualidade do Projeto da Habitação Social: uma questão regional**. In: Congresso Internacional Arquitetura e Urbanismo - NUTAU 98, 1998, São Paulo. São Paulo: EDUSP, 1998.

TASCHNER, S. P. **Política Habitacional no Brasil: retrospectivas e perspectivas**. São Paulo: FAU/USP, 1997. (Cadernos de pesquisa do LAP-21).

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o Desenvolvimento de um Modelo do processo de projeto de Edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. Porto Alegre: CPGEC-UFRGS, 1999. Dissertação (Mestrado)

ULLRICH, T., EPPINGER, D. (2000). **Product design and Development**. Singapore. Disponível no endereço eletrônico: www.users.du.se/~pke/Course.htm. Acesso em 06.05.05

VAN WIE, M.J., et al. **Interfaces and Product Architecture**. Proceedings of DETC01: ASME 2003 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Set.2-6, Chicago, IL, 2003

VARGAS, N. **Racionalização: o desafio da construção Civil**. Apontamentos do Curso promovido pela ASSECON/CE , Fortaleza, CE, 1991

VERHULST, K. (1997). **Architutures for product families**. Elsevier Science B.V. The Netherlands

VIEIRA, T.C., MARCHETTI, D.S., SILVA, P.F. **Conforto Térmico em habitação com populações de baixa renda: uma análise bioclimática**. Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Florianópolis, 1993

WERNA, E. **As políticas urbanas das agências multilaterais de cooperação internacional para países em desenvolvimento.** São Paulo, SP. 1993

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 3. ed. Trad. Daniel Grassi. Porto Alegre: Bookman, 2005.