



**RACIONALIZAÇÃO DE PROJETOS ARQUITETÔNICOS COM O USO DA
COORDENAÇÃO MODULAR**

**CURITIBA
2012**



KAMILA MEGER
LOUISE LAMB
TATIANA NASSER E SILVA

RACIONALIZAÇÃO DE PROJETOS ARQUITETÔNICOS COM O USO DA COORDENAÇÃO MODULAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós Graduação em Gerenciamento e Execução de Obras, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de especialista.

Orientador: Prof.Maurício Bianchini.Msc.

**CURITIBA
2012**

FOLHA DE APROVAÇÃO

RACIONALIZAÇÃO DE PROJETOS ARQUITETÔNICOS COM O USO DA COORDENAÇÃO MODULAR

Por

KAMILA MEGER

LOUISE LAMB

TATIANA NASSER E SILVA

**TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM GERENCIAMENTO E
EXECUÇÃO DE OBRAS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO
FORMADA PELOS PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.**

Curitiba (PR) ____ de _____ de _____.

Prof. Maurício Bianchini. Msc
Orientador

Nome do Prof.Co-orientador

Nome do terceiro professor integrante da banca

RESUMO

O mercado da construção civil no Brasil está em constante crescimento, maior parte desta expansão está na construção de projetos habitacionais. Desta forma, as empresas estão investindo em processos que melhorem e gerem eficiência e lucratividade, através da racionalização e otimização na construção civil. O presente trabalho teve como objetivo demonstrar a sistemática do aprimoramento de uma técnica, que visa melhorar o rendimento através da ordenação racional, do espaço e de seus componentes baseada na modulação funcional. A partir de uma coleta de dados, estudo de caso em empreendimento da construtora A, conceituação e análise de três elementos construtivos (alvenaria estrutural, esquadrias e revestimentos internos), foi possível analisar que a coordenação modular é um sistema capaz de ordenar e racionalizar obras desde o projeto até o produto final, além de eliminar adaptações locais, minimizar perdas de materiais, aumentarem a produtividade e trazer ganhos financeiros.

Palavras chave: Coordenação modular, alvenaria estrutural, esquadrias, revestimento interno.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Publicação das primeiras normas de Coordenação Modular (BALDAUF,2004).....	19
Figura 2 -	Vista externa do CTRS, em Salvador, BA (AMORIN & DUFAUX, 2005).....	25
Figura 3 -	Malha modular com módulo M=1,25 (AMORIN & DUFAUX, 2005) ...	26
Figura 4 -	Boxes de espaços adaptáveis ao isolamento para cuidados individuais (AMORIN & DUFAUX, 2005)	27
Figura 5 -	Vista Superior de um edifício em Alvenaria Estrutural (ACERVO PRONTOMIX, 2009)	30
Figura 6 -	Casa Modulada em Ribeirão Preto/SP (AMORIM, 2006)	31
Figura 7 -	Modelo de gráfico de Gantt (GESTÃO DE PROJETOS, 2012).....	35
Figura 8 -	Fluxograma de atividades no orçamento(MINICHIELLO, 2007)	39
Figura 9 -	Bloco de alvenaria estrutural (CONSTRUÇÃO DE CASA, 2012)	42
Figura 10 -	Assentamento de alvenaria estrutural. (CONSTRUFACILRJ, 2012)...	45
Figura 11 -	Bloco de concreto sendo grauteado (FREITAS JUNIOR, 2012)	45
Figura 12 -	Aspectos físicos, econômicos, psicofísicos, e artísticos das janelas (FERNANDES,2004)	47
Figura 13 -	Modelo das camadas do Sistema de Revestimento Cerâmico – Centro Cerâmico do Brasil (CCB) (REBELO, 2010).....	50
Figura 14 -	Preparação Argamassa (WEBER, 2012)	53
Figura 15 -	Aplicação de Argamassa (WEBER, 2012)	54
Figura 16 -	Aplicação com desempenadeira (WEBER, 2012)	54
Figura 17 -	Assentamento revestimento (WEBER, 2012).....	55
Figura 18 -	Modulação de Esquadrias (EDITORA PINI, 1997).....	58
Figura 19 -	Relação entre as variáveis do conteúdo de ordem técnica com o projeto de esquadrias (FERNANDES, 2004)	59
Figura 20 -	Elevação das Esquadrias (CONSTRUTORA A, 2012).....	61
Figura 21 -	Planta Baixa apartamento tipo A (CONSTRUTORA A, 2012).	61
Figura 22 -	Planta Baixa apartamento tipo B (CONSTRUTORA A, 2012).....	63

Figura 23 -	Dimensões de uma unidade (RAMALHO & CORRÊA, 2003)	66
Figura 24 -	Blocos família M15. (FREITAS JUNIOR, 2012).....	68
Figura 25 -	Amarração em grampo (FREITAS JUNIOR, 2012)	68
Figura 26 -	Blocos família M20(FREITAS JUNIOR, 2012).....	69
Figura 27 -	Diversidade de blocos utilizados com comprimentos diferentes. (CONSTRUTORA A, 2012).....	71
Figura 28 -	Detalhe uso de compensadores na alvenaria estrutural por causa das esquadrias (CONSTRUTORA A, 2012)	72
Figura 29 -	Shafts distribuídos no hall do pav. Tipo (CONSTRUTORA A, 2012).	73
Figura 30 -	Normas Técnicas aplicadas ao SRC em paredes internas (ABNT, 2012).	74
Figura 31 -	Especificação Revestimento (Construtora A, 2012).....	76
Figura 32 -	Planta Paginação - Cozinha/ Á. Serviço (CONSTRUTORA A, 2012).	76
Figura 33 -	Planta Paginação – Banho 2 (CONSTRUTORA A, 2012)	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensões dos Compartimentos (SECRETARIA MUNICIPAL DE URBANISMO DE CURITIBA, 2012).....	60
Tabela 2 - Dimensões das Esquadrias (CONSTRUTORA A, 2012).....	60

SUMÁRIO

RESUMO	4
LISTA DE FIGURAS	5
1 INTRODUÇÃO	10
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	11
1.2 OBJETIVOS	11
1.2.1 Objetivo Geral	11
1.2.2 Objetivos Específicos.....	11
1.3 HIPÓTESE	11
1.4 JUSTIFICATIVAS	12
1.4.1 Tecnológicas	12
1.4.2 Econômicas.....	13
1.4.3 Sociais	14
1.4.4 Ecológicas.....	15
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 HISTÓRICO DA MODULAÇÃO	17
3.1.1 Modulação no Brasil	20
3.2 NBR 15873:2010 – COORDENAÇÃO MODULAR PARA EDIFICAÇÕES.....	21
3.3 REFERÊNCIAS	24
3.3.1 Hospital Rede Sarah.....	24
3.4 RACIONALIZAÇÃO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS.....	28
3.4.1 Alvenaria de Blocos de Concreto	29
3.4.2 Construção Modular com Sistema de KITS.....	30
3.5 PLANEJAMENTO DE OBRA.	32
3.5.1 Etapas do Planejamento de obra	33
3.5.2 Orçamento	38
3.6 CONCEITOS DOS ITENS QUE SERÃO ANALISADOS	40
3.6.1 Alvenaria estrutural.....	40
3.6.2 Esquadrias.....	46

3.6.3 Revestimento Interno	48
4 ANÁLISE (ESTUDO DE CASO).....	55
4.1 ESQUADRIAS	56
4.1.1 Racionalização das Esquadrias	56
4.1.2 Modulação das Esquadrias	56
4.1.3 Análise das Esquadrias do Projeto.....	58
4.2 ALVENARIA ESTRUTURAL	65
4.3 REVESTIMENTO INTERNO	74
4.3.1 Elaboração do Projeto	74
4.3.2 Análise da Modulação do Piso do Projeto	75
5 PONTOS COMUNS AOS SISTEMAS	78
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80
REFERÊNCIAS.....	81

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a construção civil tem gerado uma grande demanda de obras causada pelo crescimento do setor imobiliário. Com o aumento de projetos a serem executados, houve grandes melhorias na construção civil, que percebeu a necessidade de renovar suas formas de construir para atender as novas demandas. Porém ela ainda não está completamente ao nível que o mercado está pedindo, é necessário custos mais baixos e prazos menores e com qualidade no produto final.

Para um mercado mais competitivo as empresas vêm investindo em processos que melhorem e gerem uma maior eficiência e lucratividade no produto final através da racionalização e da otimização do setor da construção.

Um método utilizado é a aplicação da modulação. Ao se estabelecer uma medida que serve de unidade para determinar as restantes, a modulação visa coordenar as dimensões das partes de um edifício, assegurando, ao mesmo tempo flexibilidade de combinação de medidas e facilidade de produção. É necessário adotar uma medida de referência, chamada módulo, considerada como base de todos os elementos constituintes do objeto a ser confeccionado.

Em execuções de grande escala, como um conjunto habitacional, a modulação, ou o módulo, é uma maneira de aperfeiçoar o processo construtivo, aumentando a produção e diminuindo os custos. Esses aspectos colaboram para a sustentabilidade, uma vez que reduz o desperdício de material e a improvisação nos canteiros de obra.

A modulação pode ser empregada em serviços como alvenaria, esquadrias revestimentos, instalações elétricas e hidráulicas e cobertura. Quando adotado este método, a obra acaba possuindo uma característica mais industrializada, onde se percebe que é necessário haver um maior cuidado na execução garantindo maior qualidade no produto final.

Nesse trabalho serão feitas algumas análises sobre a modulação, como forma de racionalização, fator que hoje é essencial para que o setor da construção civil de edificações mantenha sua competitividade no mercado, sem alterar a qualidade.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O presente trabalho pretende responder a seguinte questão: “Como a coordenação modular pode racionalizar projetos arquitetônicos?”.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Demonstrar a sistematização do aperfeiçoamento de uma técnica que visa melhorar o rendimento através da ordenação racional do espaço e de seus componentes baseada na modulação funcional.

- Sistematização: reunir em um sistema, processo;
- Ordenação: arrumar, determinar;
- Racional: lógica, raciocínio, coeso.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar como a coordenação modular influencia nas condições das construções de conjuntos Habitacionais;
- Identificar a coordenação modular na cadeia produtiva.

1.3 HIPÓTESE

A aplicação da modulação como instrumento de racionalização na construção civil, pode otimizar o processo construtivo, aumentando a produção e reduzindo os custos.

1.4 JUSTIFICATIVAS

1.4.1 Tecnológicas

A descoberta de novos projetos adaptados completamente a arquitetura modular, possibilitou a evolução tecnológica, permitindo a produção seqüenciada. Isso trouxe maior rapidez na execução dos projetos.

A modulação contribui para a racionalização do processo construtivo, gerando flexibilidade e uma precisão maior na definição e alcance de medidas. Além disso, ao se fixar uma medida básica, há um aumento da repetição de componentes e aumento na produção em série, porém, limitam-se as variações dimensionais para um mesmo elemento construtivo.

A modulação, vista como uma melhora na tecnologia tem as funções de adequar as características da construção civil aos processos de produção industrial, de maneira a proporcionar maior produtividade da mão de obra, reduzindo os prazos de execução, melhorar a comunicação entre projetistas, fabricantes e executores de obra através de parâmetros comuns, o que conseqüentemente irá facilitar tanto a coordenação do projeto quanto a manutenção do edifício (LIMA, 1997).

A coordenação modular é um requisito de projeto na industrialização aberta, sendo passível de ser definida como a elaboração de projetos sobre módulos (uma grade de linhas a distâncias iguais) (CUPERUS, 2001).

Enquanto a indústria manufatureira busca o caminho 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. Uma das estratégias para fixar a mão-de-obra e garantir a qualidade 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).

1.4.2 Econômicas

É de comum entendimento que 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). Esse setor é responsável por alavancar a grande maioria dos segmentos produtivos, podendo atuar dentro de sua diversificada demanda industrial ou também indiretamente através da geração de emprego e renda, uma vez que os insumos dessa indústria são responsáveis pelos ganhos de produtividade dos diferentes setores (PASTORE 1998).

No cenário que estamos inseridos a construção civil e a economia brasileira atravessam um período de expansão onde os mais variados segmentos industriais têm almejado otimizar e qualificar suas produções, diminuindo custos e dando ênfase à qualidade seguidos de inovação e tecnologia em busca de uma maior participação de mercado.

O mercado brasileiro sofreu franca expansão até a crise de 2009, ano em que a construção civil recuou 0.74%, porém teve forte reação em 2010 apresentando índice de 11.65% de crescimento, conforme dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2011). Desde então sua reação foi mais tímida apresentando 3.62% em 2011, e com estimativa de 4.0% para fecharmos 2012. Os índices refletem a sua volatilidade, reagindo de acordo com que a economia com um todo se mostra. Em um país com déficit de 8 milhões de moradias, é necessário que se pense em soluções a curto prazo para industrializar, padronizar, e uma das soluções se dá através da modulação que se mostra prioritária, para transformar a o mercado da construção em uma dinâmica de alta eficiência com custo otimizado.

Neste cenário de expansão, está inserida a coordenação modular que auxilia e dá condições para que esse cenário se concretize, pois ela é considerada um dos pilares para se industrializar a construção, processo pelo qual se transforma a tarefa de construir em uma atividade de montagem trazendo assim os ganhos da padronização. Essa técnica permite o uso de kits e de componentes que são montados com maior facilidade em projetos de volume de construção, como é o caso da

habitação popular, simplificando e barateando a execução de projetos nos canteiros de obras, garantindo maior eficiência, menores custos e perdas, uma vez que seus ganhos e perdas produtivos são pensados na concepção do projeto, e já é dimensionando antes do início da obra em questão.

Para tanto, surge uma nova demanda que também tem solicitado aos profissionais de arquitetura e engenharia a elaboração de projetos arquitetônicos e de execução racionalizados, que permitem a flexibilidade, evolução e a padronização, aumentando a precisão no uso dos materiais, a qualidade e a durabilidade das edificações.

1.4.3 Sociais

A Coordenação Modular promove a construtividade, o que significa, de forma simplificada, facilitar a etapa de execução (OLIVEIRA, 1999). A execução passa a ser uma montagem tipificada (LUCINI, 2001), pois utiliza componentes padronizados e intercambiáveis que não necessitam de cortes, auxiliando então na redução do desperdício.

A padronização dos componentes, segundo Rosso (1976), ainda viabiliza as exportações, abrindo a possibilidade de os produtos circularem internacionalmente. Segundo o mesmo autor, essa estratégia foi usada por diversos países europeus, como Dinamarca, Espanha, França e Itália, para desenvolver as exportações e equilibrar a balança comercial.

Ocorre uma simplificação do projeto, tanto pelo fato de os detalhes construtivos mais comuns já estarem solucionados em função da própria padronização quanto pelo estabelecimento de uma linguagem gráfica, descritiva e de especificações que será comum a fabricantes, projetistas e construtores (LUCINI, 2001), facilitando o entendimento entre os intervenientes do processo. Isso acaba por disponibilizar mais tempo para o profissional de projeto abordar com mais intensidade a criatividade arquitetônica.

1.4.4 Ecológicas

Com relação aos quesitos de sustentabilidade, a Coordenação Modulação reduz o consumo de matéria-prima e aumenta a capacidade de troca de componentes da edificação (ANGIOLETTI; GOBIN; WECKSTEIN, 1998), facilitando a sua manutenibilidade.

Para os fabricantes de componentes, projetistas e executores, ainda traz agilidade operacional e organizacional, em função da repetição de técnicas e processos e do domínio tecnológico (OLIVEIRA, 1999). Lucini (2001) ainda aponta como vantagem o controle eficiente de custos e de produção.

A execução de princípios de desenvolvimento sustentável é uma das metas fundamentais de políticas europeias (HAKINEN & PULAKKA, 2007). A construção representa a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente, uma vez que edifícios e obras civis alteram a natureza, função e aparência de áreas urbanas e rurais. Portanto, o setor de construção tem uma importância expressiva no cumprimento das metas de desenvolvimento sustentável instituídas para qualquer país. Atividades de construção, uso, reparo, manutenção e demolição consomem recursos e geram resíduos em proporções que excedem a maioria das outras atividades econômicas (SILVA, 2003).

A coordenação modular exige dos materiais e componentes envolvidos no processo da construção do ambiente construído, níveis de confiabilidade metrológica, estabilidade dimensional e normalização. Estas condições impõem desde já o uso racional dos meios e do modo de produção, orientados para minimizar as perdas no sistema garantindo balanço energético característicos de produtos e materiais eco-eficientes. Na arquitetura, a utilização da coordenação modular, há uma ligação muito forte com a sustentabilidade, a partir da redução gradativa de desperdício na execução do ambiente edificado. Por certo, o caráter e a configuração física do projeto arquitetônico tende a ser diretamente oposto à maioria dos resultados arquitetônicos obtidos atualmente.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método aplicado nesta pesquisa contará com duas técnicas de coleta de dados distintas: revisão bibliográfica e estudo de caso.

O objetivo da revisão bibliográfica enquanto técnica de coleta de dados é fornecer subsídios técnicos para a realização da etapa de estudo de caso, quanto ao entendimento do sistema de modulação em projetos arquitetônicos, seu comportamento e aceitação na execução, sua eficiência, procedimentos de modelagem e apuração de resultados esperados.

Para obter os resultados necessários para a análise será realizado um estudo de caso. Podemos considerar estudo de caso como uma abordagem de investigação, onde são utilizados métodos de recolhimento de informações e dados para posterior descrição de um evento ou caso. O caso consiste geralmente no estudo aprofundado de uma unidade individual, podendo ser um caso exploratório, descritivo ou explanatório (YIN, 1993).

No presente trabalho pretende-se com o estudo de caso comprovar se o projeto em análise foi realizado empregando o conceito da coordenação modular nos serviços de alvenaria estrutural, esquadrias e revestimento interno e quais as vantagens e desvantagens de quando se utiliza a modulação em projetos arquitetônicos.

Para isso iremos pesquisar informações sobre pisos e azulejos, esquadrias e blocos em concreto armado. Será necessário verificar com fornecedores aspectos como as medidas padrões de seus produtos, método de fabricação, custos, demandas de mercado, aplicação e execução.

Este projeto arquitetônico é referente à um conjunto habitacional localizado na cidade de Curitiba/PR construído pela construtora A. Ele é composto por seis blocos de habitação coletiva em alvenaria estrutural. Os edifícios possuem dois tipos de plantas diferenciadas em cada pavimento, a planta tipo A com 53,56 m² e a planta tipo B com 68,39m².

Através das informações levantadas, dos dados colhidos e do método conceitual é possível analisar o projeto arquitetônico concluindo se o mesmo foi concebido considerando a modulação como premissa projetual.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 HISTÓRICO DA MODULAÇÃO

Com a industrialização que se processou em vários setores no século XX, a modernização na construção civil passou a ser uma exigência na sociedade e uma forma de sobrevivência para as empresas que atuam nesse setor. A partir disso os profissionais da área iniciaram vários estudos a respeito da pré-fabricação e, conseqüentemente, da Coordenação Modular, visando incrementar a produtividade e elevar o nível de produção.

Pensando dessa forma, o arquiteto Le Corbusier declarou que era preciso que as casas fossem produzidas em série, em fábricas, com linhas de montagem como a Ford montava seus automóveis (CHEMILLIER, 1980).

O arquiteto alemão Walter Gropius, na visão de Rosso (1976), é quem antecipa os tempos e as fases da Coordenação Modular. Gropius projetou e construiu duas casas isoladas: a do bairro operário Weissenhof, em 1927, e a “Casa Ampliável”, em 1932. Elas foram montadas a seco com componentes pré-fabricados: estrutura metálica e vedação com painéis de cortiça revestidos externamente com cimento amianto. Na casa de Weissenhof, a planta era modular, e na “Casa Ampliável”, Gropius obtinha o crescimento da edificação por adição de alguns corpos volumétricos.

Para Grisotti (1971), essas casas até então eram os exemplos, em termos mais aprofundados sobre os estudos de modulação, pois nelas a escolha do módulo teve uma precisa justificação técnico-produtiva. Além disso, foram realizados a Coordenação Modular em três dimensões, a indicação das juntas, o estudo das esquadrias e dos equipamentos fixos, dimensionalmente com a malha de referência, as preocupações com os tempos e custos de montagem. Tudo isso demonstrava a qual grau de profundidade havia chegado a pesquisa de Gropius, seja no nível teórico, seja no estudo tecnológico dos materiais e dos processos de fabricação.

A partir do final da Segunda Guerra Mundial, foi necessário dar mais atenção a maior produtividade, uma vez que os problemas habitacionais decorrentes da

Guerra iriam exigir o desenvolvimento de novos métodos construtivos. Tendo a necessidade de construções rápidas e eficazes, o uso da Coordenação Modular passou a ser um caráter universal, sendo conduzidos em nível de cooperação internacional. (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRIUM, 1972).

Em face de todas as experiências que estavam sendo realizados por diversos países, foi criada, em 1953, a Agência Europeia para a Produtividade (AEP), uma filial da Organização Europeia de Cooperação Econômica (OECE). Faziam parte da AEP a Alemanha, a Áustria, a Bélgica, a Dinamarca, a Espanha, a Grécia, a Holanda, a Irlanda, a Islândia, a Itália, Luxemburgo, a Noruega, Portugal, o Reino Unido, a Suécia, a Suíça e a Turquia. (CAPORIONI; GARLATTI; TENCAMONTI, 1971).

A AEP decidiu organizar um plano especial para o estudo da Coordenação Modular, iniciado em 1953. Participaram desse estudo onze países europeus (Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, França, Grécia, Itália, Noruega, Holanda, Grã-Bretanha e Suécia) e mais o Canadá e os Estados Unidos. (CAPORIONI; GARLATTI; TENCAMONTI, 1971).

Em agosto de 1955, na convenção realizada pela AEP em Munique, foram estabelecidos os requisitos para a adoção da medida correspondente ao módulo-base. Os estudos realizados pela AEP demonstraram que esses requisitos – em parte contraditórios, pelos limitados conhecimentos da época – seriam, pelo menos em tese, satisfeitos pelos módulos 10 cm ou 4 polegadas, como os que melhor se adaptavam as exigências. (CAPORIONI; GARLATTI; TENCAMONTI, 1971).

Em 1958, foi adotado o primeiro anteprojeto de recomendação da ISO: “Regras gerais da Coordenação Modular”.

Em 1970, é publicado, na Austrália, o *Modular Metric Handbook*, como forma de solucionar os problemas decorrentes da mudança do sistema nacional de medidas pé/polegada para o métrico. (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRIUM, 1972).

Na Inglaterra, a adoção do sistema de medida métrico ocorreu em 1972 (NISSEN, 1976), apesar de a previsão inicial para a mudança ser para o ano de 1975. Os estudos para a conversão do sistema tradicional pé/polegada para o métrico já estavam sendo realizados desde o final da década de 60. Em consequência da adoção

do sistema métrico, a indústria da construção também adotaria o módulo decimétrico para a Coordenação Modular.

O plano de implantação do sistema métrico revelava como resultado o fato de 30% de todas as unidades residenciais a serem construídas no Reino Unido no ano de 1970 já terem dimensões métricas. (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRIUM, 1972).

As normas utilizadas na Europa estão centralizadas nas normas da ISO conforme figura 1, com sede na cidade de Genebra, na Suíça. (BALDAUF, 2004).

Módulo	País	Ano
França	10 cm	1942
Estados Unidos	4 polegadas	1945
Bélgica	10 cm	1948
Finlândia	10 cm	1948
Itália	10 cm	1949
Polônia	10 cm	1949
Brasil	10 cm	1950
Bulgária	10 cm	1951
Alemanha	12,5 cm e 10 cm	1951
Noruega	10 cm	1951
Hungria	10 cm	1951
Suécia	10 cm	1952
Portugal	10 cm	1953
União Soviética	10 cm	1954
Grécia	10 cm	1955
Romênia	10 cm	1956
Áustria	10 cm	1957
Iugoslávia	10 cm	1958
Dinamarca	10 cm	1958
Tchecoslováquia	10 cm	1960
Bielo-Rússia	10 cm	1962
Holanda	10 cm	1965
Inglaterra	4 polegadas	1966

Figura 1 - Publicação das primeiras normas de Coordenação Modular (BALDAUF,2004)

3.1.1 Modulação no Brasil

No Brasil ainda é necessário conhecer mais sobre o que se trata a Coordenação Modular e efetivar ações para a sua implementação.(BALDAUF, 2004).

Em 1950, o Brasil assinou o convênio internacional de coordenação modular decimétrica. Porém, nesse tempo os meios de comunicação e de transporte entre os Estados eram precários. Cada um produzia o que queria para a região dele e não houve interesse em se comprometer com a coordenação modular. (BALDAUF, 2004).

O módulo no Brasil e na maioria dos lugares do mundo é de 10 cm. Como não é viável fazer uma janela com 10 cm, existem os multimódulos para garantir liberdade total. .(BALDAUF, 2004).

Se o mercado pede janelas de, pelo menos, 90 cm, é possível fazer com 0,90 m, 1,00 m, 1,10 m, 1,20 m. Essas, de 10 cm em 10 cm, são as medidas preferíveis, que atendem à coordenação modular. Mas o produtor, regionalmente, tem medidas preferidas. Ou seja, faz de 0,90 m, 1,20 m, 1,50 m e 1,80 m, por exemplo. As demais, ele não faz porque o mercado não solicita. Assim, fica muito claro que coordenação modular não é camisa de força, mas um auxílio à produção. Submódulos valem para medidas pequenas, menores que 10 cm, como para espessura de vidro e juntas. .(BALDAUF, 2004).

Diversos motivos são as causas do pouco uso da modularidade no Brasil, as principais delas são a falha na formação dos engenheiros civis pelas escolas de engenharia, a falta de qualificação dos operários, falta de integração entre os diferentes envolvidos na construção de um empreendimento, falta ou pouco conhecimento sobre o assunto, falta de disseminação na cadeia produtiva, falta de projeto arquitetônico coordenado modularmente, tipo de equipamento disponível, custo elevado para aquisição do equipamento, um conhecimento bastante restrito a respeito da Coordenação Modular por parte das empresas. O Programa Brasileiro de Produtividade e Qualidade no Habitat (PBQP-H) é o programa que deveria fazer mobilização para a resolução dessas questões, pois tem uma ação global sobre a cadeia produtiva (BALDAUF, 2004).

Conscientes de que a Coordenação Modular faz parte do início ao fim da racionalização da construção, os profissionais e estudantes das áreas de Arquitetura e Engenharia devem participar de todo o processo, para que no Brasil seja implantada a Coordenação modular mais rapidamente de forma a favorecer a construção civil. (BALDAUF, 2004).

3.2 NBR 15873:2010 – COORDENAÇÃO MODULAR PARA EDIFICAÇÕES

Para identificarmos as principais características e especificações da coordenação modular para edificações, entendemos como essencial uma maior compreensão da NBR 15873:2010 – Norma de Coordenação Modular para edificações que provém da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), órgão responsável pela normalização técnica no país, fornecendo a base necessária ao desenvolvimento tecnológico brasileiro, sendo uma entidade privada, sem fins lucrativos, reconhecida como o único Foro Nacional de Normalização através da Resolução n.º 07 do CONMETRO, de 24.08.1992.

A NBR 15873:2010 - Norma de Coordenação Modular para Edificações entrou em vigor em 2010 e é uma norma técnica que visa contribuir com o avanço tecnológico do setor da construção civil.

O Brasil foi um dos primeiros países a publicar uma norma sobre coordenação modular. A primeira norma surgiu na década de 1950, já nas décadas de 70 e 80 foi publicado um conjunto de 26 normas técnicas brasileiras, porém a quantidade de normas e as redundâncias e contradições entre si contribuíram para o fracasso na sua adoção. Uma iniciativa do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC) foi reativada através da Associação Brasileira de Normas Técnicas com a participação do Comitê de Tecnologia e Qualidade do Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SINDUSCON-SP), onde uma comissão de estudos criou a nova norma em 2010, substituindo todas as normas antigas (SINDUSCON-SP, 2012).

Para elaboração do projeto da norma foram consideradas seis normas internacionais, a ISO 1791:1983, que define os termos necessários para a concepção e construção de edifícios de acordo com a coordenação modular; ISO 1006:1983, que estabelece o valor do módulo básico para ser usado na coordenação modular de edifícios; ISO 2848:1984, princípios e regras da coordenação modular; ISO 6513:1982, séries de medidas multimodulares preferíveis para dimensões modulares; ISO 6514:1982, que determina os valores dos incrementos submodulares; e a ISO 1040:1983, que define as medidas dos multimódulos para dimensões coordenadoras horizontais.

A nova norma adota medidas padronizadas, onde todos os processos de fabricação devem adotar uma medida padrão – o módulo básico de 100 milímetros, além de definir os termos e os princípios da coordenação modular para edificações. O conceito de coordenação se aplica ao projeto e construção de edificações de todos os tipos e também à produção de componentes construtivos (NBR 15873:2010).

A norma foi criada para permitir que os sistemas e componentes tenham medidas padronizadas de forma industrial e sejam compatibilizados desde o projeto. Assim o controle da produção no momento em que usa técnicas pré-definidas faz com que problemas de interface entre os componentes, elementos e subsistemas diminuam, e que desperdícios e erros de mão de obra sejam reduzidos, tornando a construção mais racionalizada e com alto índice de produtividade (SINDUSCON-SP, 2012).

Atualmente o tema volta a fazer parte da discussão de construtoras e projetistas devido à necessidade de aumento de produtividade aliada à redução de custos. Outro fato que determina a retomada desse sistema é que cada vez mais os empreendimentos imobiliários apresentam plantas flexíveis para atender a demanda do mercado (SINDUSCON-SP, 2012).

Faz-se primordial a discussão de temas relevantes dessa norma como o ajuste de coordenação, que relata a diferença entre uma medida nominal e a medida de coordenação correspondente. O ajuste de coordenação possibilita que existam deformações (mecânicas, térmicas ou por umidade), tolerâncias (fabricação, marcação e montagem) e materiais de união quando necessário, pois na prática a execução pode

trazer diferenças em relação à concepção original, então em sua terminação deve existir uma flexibilidade para essa diferença (NBR 15873:2010).

Outro ponto importante da norma é sobre o componente, ou seja, a unidade distinta de determinado elemento do edifício, com forma definido, com medidas especificadas nas três dimensões e destinada a cumprir funções específicas, garantindo a padronização (NBR 15873:2010).

Esse tópico complementa-se com o módulo Básico que seria a menor unidade de medida linear da coordenação modular, representado pela letra M, cujo valor normalizado é de $M=100\text{mm}$ (NBR 15873:2010). Este valor de referência gera uma padronização perante os fornecedores e executores do projeto, fazendo com que o resultado final seja positivo para ambos os lados (SINDUSCON-SP, 2012).

Em um plano mais amplo na norma são abordados os objetivos da coordenação modular, em que a coordenação modular visa promover a compatibilidade dimensional entre elementos construtivos (definidos nos projetos das edificações) e componentes construtivos (definidos pelos respectivos fabricantes) (NBR 15873:2010). Isso significa:

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

Um último ponto importante de se ressaltar da norma refere-se à multimódulos onde para uma melhor articulação dos elementos e componentes construtivos, é importante a adoção, desde o projeto da edificação, de multimódulos convenientes ao uso e a solução construtiva, diferenciando séries para as medidas modulares verticais e para as medidas modulares horizontais (NBR 15873:2010).

O uso de multimódulos com um maior número de divisores também aumenta as possibilidades de compatibilização de elementos e componentes construtivos de diferentes tipos, funções e origens. Por exemplo, em uma série 6 M, todos os valores são múltiplos de 2 M e de 3M (NBR 15873:2010).

Podemos concluir que a norma visa promover o conceito de padronização e qualidade entre construtores e fabricantes, fazendo com que ambos se empenhem em aderir as questões abordadas e trabalhar para o bem comum (SINDUSCON-SP, 2012).

3.3 REFERÊNCIAS

3.3.1 Hospital Rede Sarah

Um exemplo bem sucedido de utilização de sistemas modulados em edificações é o Hospital da Rede Sarah criada em 1976, com o nome de Subsistema de Saúde na Área do Aparelho Locomotor (figura 02) (MINISTÉRIO DA SAUDE, 2012)

Obra arquitetônica de Lelé caracteriza-se pela busca da racionalização e da industrialização da arquitetura. O arquiteto adequou o projeto da Rede Sarah às necessidades tecnológicas e ambientais do programa hospitalar, estabelecendo princípios que estruturam todos os edifícios da rede, como: padronização de elementos construtivos, espaços verdes, iluminação e ventilação naturais (AMORIN & DUFAUX, 2005).

O Centro de Tecnologia da Rede Sarah (CTRS) foi criado através da Rede de hospitais Sarah. Seus principais objetivos são:

- 1) Projetar e executar os edifícios da rede baseado na industrialização, buscando economia e rapidez na construção;
- 2) Projetar e executar os equipamentos hospitalares, se estes oferecerem vantagens com relação ao mercado e;
- 3) Executar a manutenção dos prédios e equipamentos de todas as unidades da rede.



Figura 2 - Vista externa do CTRS, em Salvador, BA (AMORIN & DUFAUX, 2005)

Os sistemas de pré-fabricação foram aplicados em todas as etapas dos edifícios da rede Sarah, desde a superestrutura, até objetos hospitalares, como a cama-maca. Sempre muito ligado às técnicas construtivas, a pré-fabricação possibilitou criar elementos com formas próprias, e foi arquitetura hospitalar que ele Lelé aperfeiçoou as técnicas da industrialização, desenvolvendo formas mais funcionais e leves, construindo obras que oferecem a população espaços agradáveis, econômicos e funcionais (AMORIN & DUFAUX, 2005).

Outro aspecto importante é a modulação. Em edifícios complexos, como hospitais, que exigem um método construtivo rápido e racionalizado, a padronização é importante, não somente para aumentar a produtividade, como também para a compatibilização dos projetos (AMORIN & DUFAUX, 2005).

Nos hospitais Sarah se adotou uma modulação que possibilita uma maior precisão no alcance das medidas, melhorando o entrosamento entre os diversos projetistas. A modulação estabelecida é utilizada no projeto arquitetônico e nos complementares, além do seu uso na confecção das peças pré-fabricadas, facilitando a comunicação entre os projetos (AMORIN & DUFAUX, 2005).

Os hospitais da Rede Sarah são um exemplo bem sucedido da utilização de sistemas modulados. O arquiteto Lelé afirma que utilizou vários módulos como 1,10m e 1,20m, e acredita que adotar uma medida para modulo é também questão de bom senso, devido à dificuldade de definir qual a melhor dimensão. Atualmente, é utilizado o módulo de 1,25m e os múltiplos desse número por ser mais adequado, além de algumas vantagens, demonstrado na figura 03 (AMORIN & DUFAUX, 2005).

Primeiramente, os módulos adotados de 1,10 e 1,20 apresentaram problemas com relação aos materiais de revestimento de piso, onde foram utilizados porcelanato e prensado melamínico. Na Rede Sarah, com relação aos prensados, foram utilizados peças pré-cortadas de 62,5cm, seguindo assim a modulação básica de 1,25m. Já as cerâmicas, o tamanho utilizado é 50 cm, dificultando o uso do módulo de 1,20m. Isso facilitou o assentamento dos pisos, racionalizou o consumo dos materiais e reduziu o desperdício (AMORIN & DUFAUX, 2005).

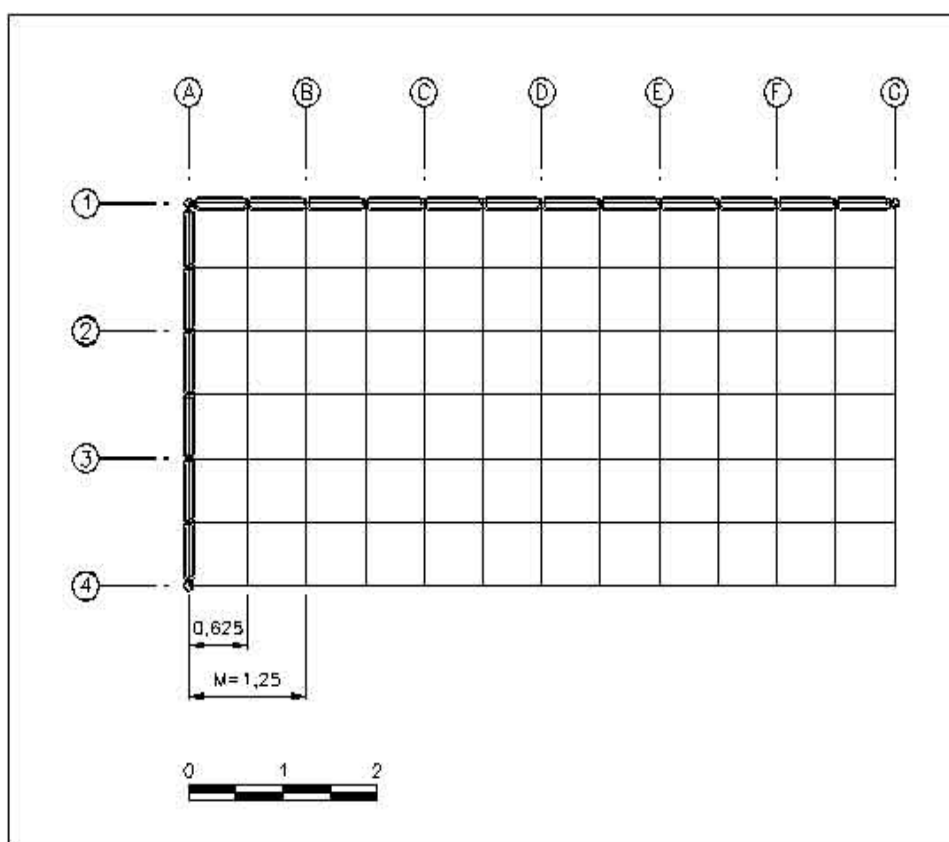


Figura 3 - Malha modular com módulo M=1,25 (AMORIN & DUFAUX, 2005)

As enfermarias do Sarah são grandes salões, permitindo a mobilidade dos pacientes. No entanto, quando é necessário privacidade, é possível isolar os leitos. Cada boxe dos leitos possui uma medida de 2,50m, o que também é facilitado pelo módulo de 1,25m, conforme figura abaixo. (AMORIN & DUFAUX, 2005).



Figura 4 - Boxes de espaços adaptáveis ao isolamento para cuidados individuais (AMORIN & DUFAUX, 2005)

As instalações elétricas foram inseridas em calhas que correm horizontalmente pelas vigas metálicas ou em dutos verticais, servindo inclusive para as redes hidro-sanitárias contra incêndio e para o ar condicionado. Dessa forma, as soluções são padronizadas e diminui-se a variedade de materiais. As paredes de argamassa armada são confeccionadas obedecendo a essa modulação, tendo uma largura de 0.625m. Ao contrário das dimensões horizontais, não há qualquer modulação na direção vertical, sendo esta determinada com a necessidade do projeto (AMORIN & DUFAUX, 2005).

3.4 RACIONALIZAÇÃO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS.

Para que possamos falar sobre a racionalização dos sistemas construtivos, precisamos o conceito de racionalização, padronização, componentização, pré-fabricação, coordenação dimensional e modular. (DUARTE, 1982).

Segundo Mello (2004), padronização é o processo pelo qual partes ou produtos são feitos de tal modo a serem similares, podendo ser comprados dentro de limites considerados aceitáveis em termos de tamanho, forma, qualidade, resistência e etc. Componentização é a diferenciação do sistema construtivo em estruturas autônomas ou separas, ou, ainda, subsistemas funcionais. Isso significa que cada subsistema possui componentes correlacionados entre eles, podendo ser modificado sem acarretar alterações substanciais nos demais. Pré-fabricação é a produção antecipada de componentes ou seções padronizadas de edifícios, em fábrica ou em canteiro de obra, ficando prontas para rápida montagem no local da construção. Coordenação Dimensional correspondem às dimensões dos diversos componentes que estão relacionados entre si, seguindo uma lei matemática, de atividade ou multiplicidade. Coordenação Modular é o estabelecimento de uma gama de dimensões múltiplas e inteiras de uma dimensão básicas ou módulos, para ser utilizado no dimensionamento de elementos do edifício. (MELLO, 2004).

Dessa forma, o conceito de racionalização diz respeito à utilização da maneira mais eficiente dos recursos do processo construtivo, numa abordagem sistêmica com o foco direcionado para as várias etapas dos processos de produção. Além disto, no desenvolvimento de um projeto deve-se analisar aspectos como a eficiência, otimização e a economia (PERALTA, 2002).

Segundo Melhado (1994) a racionalização pode ser aplicada em qualquer método, processo ou sistema construtivo, sendo que isso significa a adoção de medidas de padronização de componentes, materiais, simplificação de operações, aumentando, assim, a produtividade que pode trazer grandes reduções de custos. Tais medidas devem ser adotadas ainda nas etapas de projeto, devido às implicações com relação às dimensões, especificações e detalhamentos que devem constar no mesmo.

A racionalização construtiva tem o objetivo de aperfeiçoar todos os recursos, desde materiais, pessoas, organizações, energia, tecnologia, tempo e finanças, para a execução da edificação em todas as suas fases. A racionalização compreende tudo que está relacionado na cadeia produtiva da construção civil, sendo percebidas, por exemplo, na normalização e certificação de produtos e serviços. (MELLO, 2004).

Nota-se que, através do exposto, o conceito de racionalização está relacionado com o sistema construtivo como um todo. Isto é, medidas de racionalização em um sistema construtivo devem ser adotadas desde o início, inserindo a coordenação modular e dimensional para a padronização dos projetos e elementos, tendo em vista à melhoria da qualidade e a otimização de todos os recursos disponíveis para a execução de uma edificação. (MELLO, 2004).

A seguir, podemos verificar dois exemplos analisados por Azuma (2008) de sistemas construtivos de forma racionalizada.

3.4.1 Alvenaria de Blocos de Concreto

A alvenaria estrutural de blocos de concreto pode ser definida como um sistema construtivo racionalizado, capaz de reduzir consideravelmente a mão de obra empregada, os tempos de execução e, conseqüentemente, os custos finais da construção, se comparando com o sistema tradicional em concreto armado. (PRUDÊNCIO JUNIOR; OLIVEIRA; BEDIN, 2002).

Os projetos devem possuir um detalhamento que não necessite da experiência de mestre de mão de obra para interpretá-los. As soluções para problemas específicos, na medida do possível, devem estar detalhadas a fim de se evitar improvisações, cujos resultados nem sempre são adequados, uma vez que resultam em maior consumo de tempo e, conseqüentemente, diminuem a produtividade de execução da obra. Uma das premissas principais em projeto de alvenaria estrutural é de que exista uma compatibilização entre os projetos arquitetônico, estrutural, elétrico,

hidro-sanitário e preventivo de incêndio para a definição dos projetos executivos (PRUDÊNCIO JUNIOR; OLIVEIRA; BEDIN, 2002).



Figura 5 - Vista Superior de um edifício em Alvenaria Estrutural (ACERVO PRONTOMIX, 2009)

Na figura 5, podemos verificar uma obra em alvenaria estrutural, onde os blocos estão sendo locados de acordo com a modulação estabelecida no projeto.

O processo de modulação em alvenaria estrutural inicia-se com a escolha das dimensões do bloco. Assim, neste sistema construtivo a modulação é atingida através do exato posicionamento dos blocos, considerando as folgas construtivas necessárias para as juntas. Conforme Prudêncio Junior, Oliveira e Bedin (2002), a alvenaria modular de blocos de concreto ou cerâmica modular, possui um caráter executivo, pois nesse tipo de projeto, é necessário que os desenhos retratem fielmente cada parede da edificação, incluindo o posicionamento individual de cada bloco, além dos reforços estruturais, tubulações e pontos de instalações.

3.4.2 Construção Modular com Sistema de KITS

O fornecimento de kits sistêmicos contribui para a redução da informalidade, uma vez que diminui o processamento no canteiro e amplia o mercado; reduz custos e prazos, pois gera maior produtividade; melhorar a qualidade geral das

habitações e contribui para a redução de resíduos, pois diminui perdas e facilita a reciclagem (AMORIM, 2006).

A abordagem sistêmica aperfeiçoa o processo da construção através da adoção de conceitos de produção modular. Para os construtores essa abordagem facilita a montagem das propostas para licitações de gestão de obras e determina melhor eventuais responsabilidades regressas. Para o contratante a construção sistêmica facilita a licitação e, posteriormente, o acompanhamento da obra, as medições e o gerenciamento como um todo. Finalmente, para o fornecedor ou empreiteiro a construção sistêmica amplia seu campo de atuação, tendo assim maior participação na obra. (AZUMA, 2008).

Para obras que contemplam tecnologia simples, a construção é usualmente dividida em subsistemas como: fundação, vedação, esquadrias, cobertura, hidráulica, elétrica e acabamentos (AMORIM, 2006).

A coordenação sistêmica deve ser considerada desde o projeto. A fim de viabilizar esta estratégia, é necessário adotar os princípios da coordenação modular entre os componentes, de maneira que sejam respeitadas as características dimensionais. (AMORIM, 2006).

Esta prática de fornecimento de kits econômicos foi implantada em uma obra da COHAB de Ribeirão Preto/SP, conforme mostra figura abaixo, e permitiu que construções originalmente definidas como mutirão fossem realizadas quase integralmente por empresas contratadas, respeitando o custo geral previsto para o empreendimento (AMORIM, 2006).



Figura 6 - Casa Modulada em Ribeirão Preto/SP (AMORIM, 2006).

3.5 PLANEJAMENTO DE OBRA.

A construção civil é um setor que trabalha na transformação de insumos em produtos. Por ela ter um caráter artesanal diversos aspectos influenciam no resultado final como especificações das matérias primas, qualidade da mão de obra, etc. Assim a intenção de criar um planejamento pode ser entendido como a antecipação de todos os prejuízos que podem vir a ocorrer (GEHBAUER *et al.*, 2002).

O planejamento se constitui do estabelecimento de uma meta, onde se analisam diversos aspectos que podem ser positivos ou negativos para atingir o objetivo desejado utilizando-se de dados e informações. É necessário então avaliar as atitudes e ações que devem ser tomadas para futuramente tomar decisões. O objetivo de planejar é a redução de custos, juntamente com o tempo de execução dos projetos e as incertezas relacionadas ao seu escopo (GEHBAUER *et al.*, 2002). Conforme Syal *et al.* (1992 apud SANTOS& MENDES, 2001), o planejamento é considerado como um processo de tomada de decisão que resulta em um conjunto de ações necessárias para transformar o estágio inicial de um empreendimento em um desejado estágio final.

O processo de planejar pode ser dividido em três níveis hierárquicos: estratégico, tático e operacional. No nível estratégico são definidos o escopo e as metas do empreendimento a serem alcançadas em determinado intervalo de tempo. No nível tático, enumeram-se os meios (recursos) e suas limitações para que essas metas sejam alcançadas. O planejamento tático refere-se a aquisição e organização de recursos, estruturação do trabalho, além do recrutamento e treinamento de pessoal. Finalmente, o planejamento operacional relaciona-se com as decisões a serem tomadas a curto prazo, referentes às operações de produção da empresa (SHAPIRA & LAUFER, 1993).

Devemos analisar que o planejamento na construção civil interliga diversos setores e etapas de um empreendimento, analisando-se desde os estudos de viabilidade até a execução do empreendimento (GEHBAUER *et al.*, 2002).

3.5.1 Etapas do Planejamento de obra

Primeiramente faz-se necessário a realização dos estudos preliminares da obra, iniciando o levantamento de informações gerais indispensável para a elaboração do estudo de viabilidade. Nessa fase deve haver uma ideia de qual será o escopo dos serviços, método construtivo, prazos em geral etc (GEHBAUER *et al.*, 2002).

O estudo de viabilidade de um empreendimento é a comparação entre a estimativa de custo do mesmo e os rendimentos que se espera obter por meio de sua comercialização (GEHBAUER *et al.*, 2002). Analisa-se a concepção do produto, o potencial técnico e financeiro da empresa em relação ao empreendimento, análise de mercado e das possibilidades de rendimento, programa de necessidades do usuário, aquisição do terreno e contratação dos projetistas. O estudo de viabilidade dos empreendimentos deve possuir um levantamento de dados e análises profunda, permitindo decidir sobre a continuidade do empreendimento. Quando a análise técnica-financeira do empreendimento viabiliza deve-se partir para o planejamento propriamente dito, assim podemos concluir que deve-se elaborar o planejamento antes da obra ser iniciada (GEHBAUER *et al.*, 2002).

Após a viabilidade técnica-financeira é necessário conseguir as licenças e alvarás para realizar a obra de acordo com a legislação vigente. Assim que essas liberações forem obtidas, realiza-se o planejamento prévio da execução onde todos os trabalhos da obra serão planejados antes do seu início, escolhendo os métodos construtivos e os meios de produção mais adequados. O objetivo deste planejamento é obter o maior rendimento possível com baixos custos de execução (GEHBAUER *et al.*, 2002).

3.5.1.1 Planejamento Prévio

O planejamento prévio irá analisar as seguintes questões: planejamento dos métodos de execução (comparação entre os métodos construtivos, analisando a técnica e o custo), planejamento de obra (cronograma), planejamento dos recursos

operacionais e financeiros (mão de obra, materiais, máquinas e equipamentos) e planejamento do canteiro de obras (GEHBAUER *et al.*, 2002).

3.5.1.1.1 Planejamento dos métodos de execução

O planejamento dos métodos de execução é a combinação entre a mais eficiente mão de obra com os meios de produção e materiais disponíveis mais baratos (GEHBAUER *et al.*, 2002.). Fatores como dimensão da obra, qualidade construtiva, condições locais do canteiro de obra, prazos pré-determinados, disponibilidade de equipamentos, capital disponível e rentabilidade ideal influenciam na escolha do método construtivo.

No planejamento de métodos de execução devemos considerar qual a logística que será proposta. Logística é uma área que abrange as ações que estão relacionadas com a otimização e a racionalização no recebimento, armazenagem, movimentação e disponibilização de insumos, materiais, ferramentas, equipamentos, mão de obra e informações. O conceito deve ser abordado com base em dois aspectos: o interno e o externo. O interno diz respeito ao arranjo físico do canteiro, trata-se da área de transporte, armazenagem e manuseio do material dentro da obra. A logística externa faz interface com os fornecedores, planejamento e programação da entrega, transporte e descarga na obra (GEHBAUER *et al.*, 2002).

3.5.1.1.2 Planejamento de obra (cronograma)

O cronograma é a programação da execução das tarefas que compõem uma obra ou serviço, definindo a ordem de sucessão em que serão executadas, em função dos prazos contratuais e dos custos constantes no orçamento. Podem ser elaborados três tipos de cronograma, pois o nível de informação do empreendimento e do mercado varia dependendo do momento em que se encontra o planejamento. O primeiro é o cronograma geral, onde são delimitadas as etapas de execução mais importantes com

prazos gerais. Já o cronograma detalhado possui informações mais detalhadas e precisas de cada etapa do trabalho e suas respectivas atividades. Por ultimo temos o controle do cronograma durante a execução da obra, onde ocorrem as adaptações dos desvios ocorridos em relação ao cronograma geral (GEHBAUER *et al.*, 2002).

Os cronogramas são calculados usando como base os índices de produtividade, ou seja, o número de horas de trabalho por unidade produzida. Esses índices são determinados por meio de registros sistemáticos, pesquisas sobre o processo de construção com coleta de dados das atividades, índices tirados de literatura especializada, dados técnicos de máquinas e equipamentos e informações de orçamentistas, planejadores e gerentes de obras experientes (GEHBAUER *et al.*, 2002).

Existem quatro modelos para apresentar um cronograma: lista de prazos, cronograma de barra ou gráfico de Gantt, linha de balanço ou tempo-caminho e rede de precedências (GEHBAUER *et al.*, 2002).

O mais utilizado é o cronograma de barras ou gráfico de Gantt, representado pela figura abaixo. A sua vantagem está relacionada à facilidade de leitura, compreensão e a visualização clara do conjunto de atividades. Ele pode ser elaborado no Software Excel ou pelo Software Microsoft Project, este ultimo é composto por duas partes: uma tabela com as definições das atividades e uma área gráfica com barras indicando o início e o término das atividades, conforme a figura abaixo (NOCÊRA, 2000).

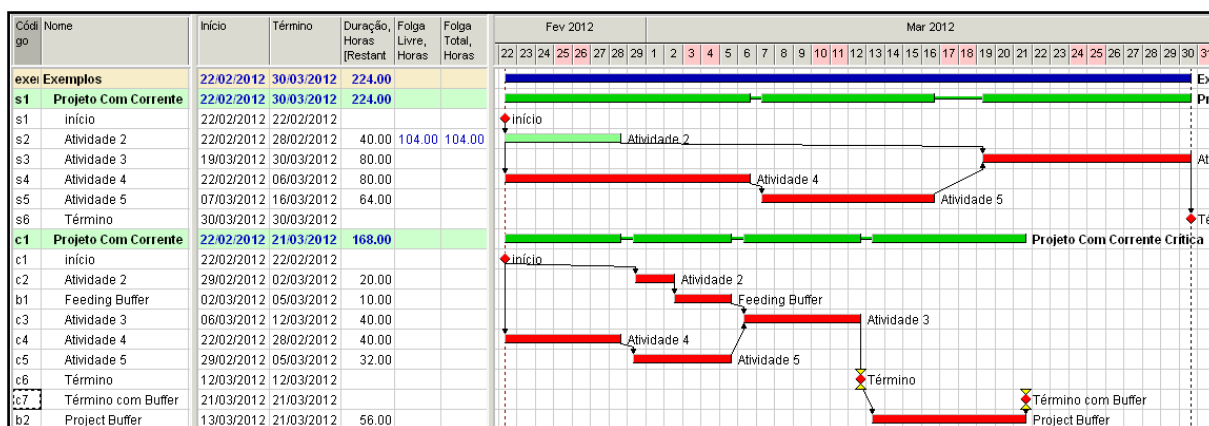


Figura 7 - Modelo de gráfico de Gantt (GESTÃO DE PROJETOS, 2012)

Durante a obra todos os serviços devem ser programados semanal e mensalmente. As programações semanais devem ser elaboradas tendo em vista atender as previsões mensais e estas a atender a previsão global do planejamento. Porém, não basta somente garantir o atendimento físico programado, deve-se assegurar também que, no mínimo, os custos fiquem dentro das estimativas do planejamento detalhado (GEHBAUER *et al.*, 2002).

3.5.1.1.3 Planejamento dos recursos operacionais e financeiros (mão de obra, materiais, máquinas e equipamentos)

Podemos considerar o planejamento dos recursos como sendo o planejamento dos prazos de execução dos serviços. Ele deve fornecer informações sobre o momento e a quantidade em que será executado determinado serviço, considerando aspectos como mão de obra, materiais, serviços de empreiteiros e recursos operacionais (GEHBAUER *et al.*, 2002).

O controle de materiais e mão de obra é executado fazendo a comparação entre o realizado e o planejado, através das notas fiscais (materiais) e os índices de produtividade (mão de obra) (GEHBAUER *et al.*, 2002).

Através dos índices de produtividade planeja-se quantos funcionários serão necessários para determinada atividade e quando eles deverão começar a executar o serviço na obra. Também é necessário que exista um planejamento de como essa mão de obra será organizada e supervisionada. Para isso pode-se criar um organograma onde será demonstrada as responsabilidades e os responsáveis pelo processo (GEHBAUER *et al.*, 2002).

O planejamento dos recursos operacionais está relacionado com todas as máquinas, equipamentos, materiais auxiliares e todos os equipamentos e instalações do canteiro de obras. Este planejamento tem relação direta com o planejamento de execução da obra e com o planejamento do canteiro de obras. Deve-se primeiramente listar os equipamentos que serão permanentes no canteiro de obras e os equipamentos que serão temporários. Após essas informações deve-se verificar qual a máquina mais

recomendada para o serviço e o tempo que ela permanecerá na obra e será utilizada para o serviço (GEHBAUER *et al.*, 2002).

Para planejar os recursos operacionais deve haver o planejamento da mão de obra, distribuindo-os em categorias profissionais em função dos serviços, índices de produtividade e de acordo com a cultura da empresa. As equipes devem ser previstas de forma adequada pela decorrência dos custos diretos de mão de obra, e também sobre os indiretos, envolvendo necessidades de escritórios, alojamentos, refeitórios, transportes, apoio administrativo, etc (GEHBAUER *et al.*, 2002).

3.5.1.1.4 Planejamento do canteiro de obras

Canteiro de obras é um local destinado à execução e apoio de uma obra. O planejamento do canteiro deve começar durante a análise de como irá se desenvolver uma obra, pois nele deverá estar bem claro onde recebe-se o material, para onde ele é levado, qual o fluxo interno que melhor otimiza os serviços e a produtividade. Deve-se elaborar um layout do canteiro de obras que contemple cada etapa da obra de forma integrada e evolutiva, considerando-se também a segurança de trabalho voltada à prevenção de acidentes (GEHBAUER, *et al.*, 2002).

Independente do método utilizado para planejar, deve-ser entender que o planejamento é essencial para o sucesso de um empreendimento, principalmente em se tratando do mercado da construção civil, onde existe pouca disponibilidade de recursos, instabilidade no mercado, entre outros obstáculos. O planejamento da construção torna-se indispensável para que se absorvam informações e conhecimentos, direcionado à utilização nas execuções dos serviços. Em função destas situações, é fundamental a criação de um sistema capaz de garantir o perfeito cumprimento das metas preestabelecidas para a execução da obra. O planejamento tem várias funções, entre elas a de servir como assessor para a aquisição de materiais, para fechamentos de contratos, para orientações técnicas nas aplicações de materiais ou nas execuções de serviços (GOLDMAN, 1997).

3.5.2 Orçamento

O orçamento também faz parte do planejamento de obra, principalmente hoje, onde o mercado da construção civil apresenta novos cenários e nova perspectiva econômica. Ainda existe a necessidade de dominar com segurança as finanças dos empreendimentos, mantendo a rentabilidade. Torna-se então necessário gerar informações de qualidade, relevantes e em tempo hábil para as tomadas de decisões, e principalmente integrar o processo de gestão da empresa e o processo de gestão de custos (ÁVILA; LIBRELOTTO; LOPES, 2003).

Orçamento é a determinação dos gastos necessários para a realização de um projeto, de acordo com um plano de execução pré estabelecido (LIMA, 2000).

Orçar é quantificar insumos, mão de obra ou equipamentos necessários à realização de uma obra ou serviço, bem como os respectivos custos e o tempo de duração dos mesmos (ÁVILA; LIBRELOTTO; LOPES, 2003).

Podemos então considerar o orçamento como uma previsão (ou estimativa) do custo ou do preço de uma obra. O custo total da obra é o valor correspondente à soma de todos os gastos necessários para sua execução, desde a fase de projeto até a limpeza geral, englobando supervisão, encargos legais, custos financeiros etc (ÁVILA; LIBRELOTTO; LOPES, 2003).

Segundo Goldman (2004), “O orçamento detalhado da obra é, sem dúvida, a mais importante ferramenta para o planejamento e acompanhamento dos custos de construção.” O fluxograma apresentado na figura 08 representa os processos que norteiam a elaboração do orçamento.

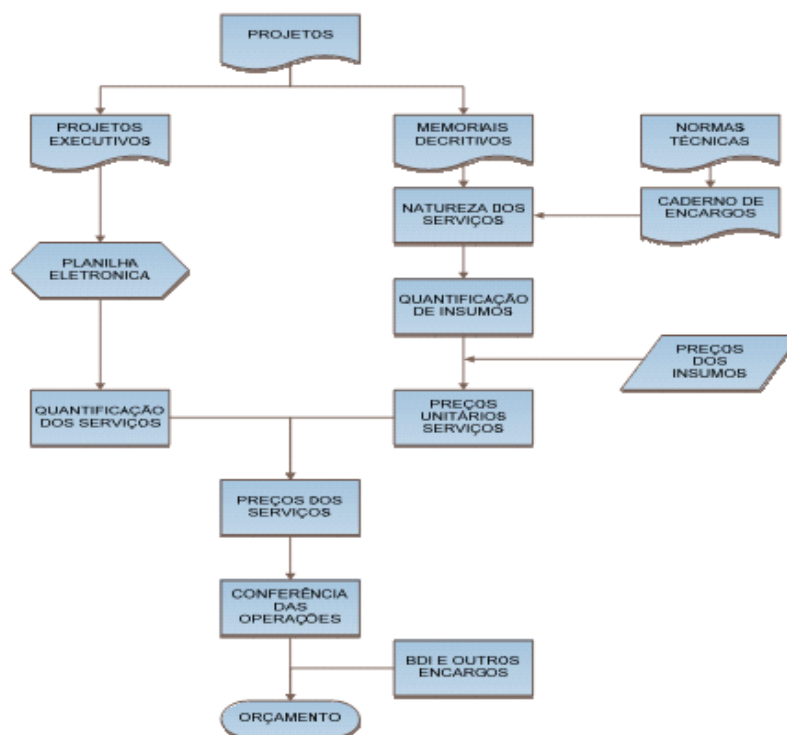


Figura 8 - Fluxograma de atividades no orçamento(MINICHIELLO, 2007)

Existem dois tipos de orçamento que são mais utilizados: estimativa de custo e orçamento discriminado ou analítico (ÁVILA; LIBRELOTTO; LOPES, 2003).

No orçamento estimado utilizam-se indicadores genéricos, como o custo unitário básico (CUB), divulgados mensalmente pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil. Esses indicadores podem variar dependendo do uso do imóvel, padrão da construção e número de pavimentos. O valor do CUB não inclui custos específicos como valor do terreno, fundação, áreas externas, impostos e taxas. Este tipo de orçamento irá estimar a quantidade de materiais e serviços e os preços médios de cada item. A diferença essencial entre uma estimativa e um orçamento é o nível de detalhamento das informações disponíveis sobre o custo que se deseja avaliar do empreendimento. Assim não se pode concluir que este seria um orçamento mal realizado e sim uma etapa preliminar ao orçamento propriamente dito. Este tipo de orçamento é muito utilizado na fase do estudo de viabilidade do empreendimento (ÁVILA; LIBRELOTTO; LOPES, 2003).

O orçamento discriminado ou analítico, segundo Gonzáles (2007), é aquele composto por uma relação dos serviços ou atividades a serem executados na obra. Os preços unitários de cada um destes serviços são obtidos por composições de custos, as

quais são, basicamente, "fórmulas" empíricas de preços, relacionando as quantidades e preços unitários dos materiais, dos equipamentos e da mão-de-obra necessários para executar uma determinada unidade do serviço. As quantidades de serviços a serem executados são medidas ou determinadas pelos projetos.

Para este tipo de orçamento é necessário decompor os serviços que serão executados e possuir as especificações, como dimensões, quantidades necessárias e especificações técnicas dos materiais utilizados. Após a descrição dos serviços é realizada a composição de custos unitários, ou seja, o conjunto de custos fixos, variáveis, reais, atribuídos, específicos e não específicos, como materiais, mão-de-obra, encargos sociais, benefícios, despesas administrativas, etc (GONZÁLES, 2007).

A partir dessas informações (serviços e custos) é possível realizar o levantamento de materiais e serviços, número de operários por etapa, cronograma físico e financeiro da obra, além do controle de execução da obra. necessidade do projeto (ÁVILA; LIBRELOTTO; LOPES, 2003).

3.6 CONCEITOS DOS ITENS QUE SERÃO ANALISADOS

Nesse tema iremos conceituar três elementos construtivos que serão em breve analisados em relação à modulação em um projeto de um Edifício Residencial. Nessa análise faremos um estudo sobre os seguintes temas: Alvenaria estrutural, esquadrias e revestimentos internos.

3.6.1 Alvenaria estrutural

Podemos definir alvenaria como um elemento maciço e compacto resultante da unificação de blocos justapostos com argamassa. Ela vem sendo utilizada a milhares de anos como forma de vedação de diversos tipos de construções (MARTINS, 2009).

Um dos tipos de alvenaria existentes é a alvenaria estrutural. Esse processo construtivo se caracteriza pelo uso de paredes como principal estrutura de suporte do edifício, dimensionadas através de cálculo racional (FRANCO, 2004). Nela os pilares e as vigas utilizados no sistema convencional são substituídos por blocos que resistem às cargas através da resistência à compressão.

A alvenaria estrutural é utilizada desde os primórdios, como por exemplo, o Coliseu de Roma, construído entre 70 e 90 d.C. Na década de 60, dois professores da Universidade de Edimburgo na Escócia desenvolveram um projeto de pesquisa que incluiu a construção de um edifício de 5 andares para análises, cálculos e testes sobre alvenaria estrutural, avançando as pesquisas sobre esse método construtivo (RICHTER, 2007).

No Brasil a sua utilização começou no início do sec. XVII. Ela era em grande parte empregada em edifícios mais econômicos e racionais, desfavorecendo a sua divulgação. A partir da década de 70 ela começou a ser considerada pelo setor da construção civil como uma alternativa eficiente, racional e econômica para a execução de edifícios residenciais e industriais (RAMALHO; CÔRREA, 2003). Observa-se atualmente uma tendência crescente desse tipo de processo, mas ainda é necessário especializar a mão de obra existente.

Existem quatro tipos diferentes de alvenaria estrutural conforme Franco (2004). Elas podem ser:

- alvenaria não armada, quando ela é uma alvenaria simples, formada por componentes e argamassa;
- alvenaria armada, quando ela é reforçada por uma armadura passiva de fios, barras ou telas de aço, dimensionadas racionalmente para resistir a esforços atuantes;
- alvenaria parcialmente armada, quando ela incorpora uma armadura mínima em sua seção por motivos construtivos e que não é considerada no dimensionamento;
- alvenaria protendida, quando a alvenaria é reforçada por uma armadura ativa (pré-tensionada) que se submete à tensões de compressão.

A alvenaria estrutural é formada por diversos blocos vazados de concreto. Pode-se definir bloco vazado como blocos com células contínuas (vazados) perpendiculares a sua seção transversal (são assentados com os vazados na direção vertical) nos quais a área líquida deve ser igual ou inferior a 75 % da área bruta, conforme a norma NBR 6136/2007.



Figura 9 - Bloco de alvenaria estrutural (CONSTRUÇÃO DE CASA, 2012)

Atualmente possuímos diversos fabricantes de blocos pois a procura por esse tipo de sistema construtivo vem crescendo consideravelmente. Assim deve-se exigir que os blocos ofereçam qualidade e economia as edificações, através de alguns requisitos como: apresentar dimensões e formas adequadas, compacidade, resistência, bom acabamento geométrico, boa aparência visual, isolamento termo-acústico entre outros. Esses aspectos são padronizados nas normas técnicas (FREITAS JUNIOR, 2012).

Outros aspectos que também devem ser utilizados como requisitos e indicadores de qualidade dos blocos conforme Désir (2012) são:

- Resistência à compressão: A compacidade depende dos critérios de dosagem e influencia diretamente a resistência do bloco assim como o índice de absorção. A cura é um fator determinante na resistência a compressão dos blocos, a qual deve ser avaliada aos 28 dias. A resistência é a capacidade que a parede de alvenaria possui de suportar as diversas ações mecânicas previstas em projeto, tais como as cargas da

estrutura, vento, deformações, choques, etc. Esta resistência está diretamente ligada a alguns fatores como: características dos componentes e das juntas, aderência do conjunto, esbeltez da parede, ligação entre paredes, entre outros. Os blocos são comercializados em classes de resistência que variam desde de 4,5MPa até 16MPa. A classe de resistência 4,5MPa tem uso restrito ao uso em paredes com revestimento e não expostas às intempéries. Sua determinação deve atender as prescrições da NBR 6136/2007;

- Absorção de água: Está diretamente relacionada à impermeabilidade dos produtos, ao acréscimo imprevisto de peso à parede saturada e à durabilidade. A determinação da Absorção total de blocos de concreto estrutural é contemplada na NBR 6136. O índice de absorção é utilizado como um indicador de durabilidade. A absorção Individual de blocos de concreto deve ser menor ou igual a 10%;
- Precisão dimensional e perfeição geométrica: A qualidade e o tipo do bloco de concreto são fundamentais para o bom desempenho do sistema estrutural. Por isso, é importante saber se a região do empreendimento possui fabricantes de blocos que ofereçam o produto adequado e dentro das normas técnicas. O processo de fabricação (mistura homogênea, prensagem, secagem e cura controlada), confere aos produtos grande regularidade de formas e dimensões possibilitando a modulação da obra já a partir do projeto, evitando-se improvisos e os costumeiros desperdícios deles decorrentes. É importante observar as dimensões estabelecidas em norma, bem como seus limites de tolerância. Quando vazados, observar ainda a espessura das paredes que compõem os blocos para não comprometer sua resistência. As dimensões padronizadas dos blocos admitem tolerâncias de aproximadamente 2mm para a largura e 3mm para altura e comprimento. Se forem detectadas não conformidades nas dimensões dos blocos (altura, largura e comprimento), isso indica, em geral, falha no processo de produção, isso é: na fabricação ou na fiscalização dos lotes. Os problemas com precisão

dimensional afetam diretamente a coordenação modular e contribuem para aumentar os desperdícios de blocos;

- Textura superficial: Os blocos devem ser homogêneos, compactos e com arestas vivas (indicador de precisão dimensional). Devem estar livres de trincas, fraturas para não prejudicar o seu assentamento, resistência e durabilidade. A textura superficial é importante seja para alvenaria sem revestimento onde o bloco é o acabamento, seja em alvenaria com revestimento onde deve apresentar rugosidade, textura e porosidade superficial adequadas para haver aderência com a argamassa e promover monoliticidade ao conjunto. Em geral, a textura varia de lisa a áspera dependendo dos materiais utilizados e das condições de fabricação.

No processo da alvenaria estrutural também são determinantes que os detalhes construtivos possuam propriedades desejáveis para que o conjunto funcione da maneira adequada e atenda as necessidades dos usuários (FREITAS JUNIOR, 2012).

Pode-se citar como um exemplo a argamassa utilizada no assentamento dos blocos. Essa argamassa possui a função de ligação entre os blocos, conforme demonstrado na figura abaixo onde está sendo realizado o assentamento dos blocos com argamassa. Geralmente ela é confeccionada na própria obra através da mistura de cimento, cal e areia. Ela também pode possuir origem industrializada pré-misturada em sacos ou fornecida à granel. As argamassas utilizadas devem possuir resistência à compressão de aproximadamente 70% da resistência do material do bloco utilizado. A argamassa de assentamento deve ter resistência inferior a do material do bloco para que a camada de argamassa de assentamento absorva as deformações da alvenaria estrutural (FREITAS JUNIOR, 2012).



Figura 10 - Assentamento de alvenaria estrutural. (CONSTRUFACILRJ, 2012)

Também é realizado no processo de construção da alvenaria estrutural o graute. O graute é um concreto com agregados finos (cimento, areia e pedrisco) que é utilizado para preencher os vazios dos blocos em pontos onde se quer aumentar a resistência localizada da alvenaria e também preenchimento das canaletas. A sua resistência varia com a relação água/cimento e o ideal é que o graute possua a mesma resistência do material do bloco utilizado (área líquida do bloco) (FREITAS JUNIOR, 2012).



Figura 11 - Bloco de concreto sendo grauteado (FREITAS JUNIOR, 2012)

3.6.2 Esquadrias

As esquadrias não podem ser consideradas apenas um elemento construtivo que liga o meio externo do meio privado, e podemos perceber isso quando observamos edificações antigas que possuem em suas esquadrias muitos detalhes arquitetônicos que simbolizavam os valores culturais e estéticos vividos. Todas as esquadrias de antigamente possuíam trabalho manual e artístico, mas com o passar dos anos, esse processo foi sendo substituído acompanhando a tendência da arquitetura moderna, a qual precisava aperfeiçoar e criar produtos de larga escala. (SANTIAGO, 1996).

Para que esse aperfeiçoamento pudesse atender a rapidez e a qualidade desejada, foi elaborada a norma NBR 10821 (ABNT, 2000), que fala que o desempenho de uma esquadria depende das características de utilização e instalação. Para isso, deve-se observar o projeto das mesmas atentando-se para as dimensões, posições na fachada e também o meio externo onde ela está inserida. A norma ainda trata sobre alguns temas relacionados às esquadrias como:

- Estanqueidade à água da chuva;
- Estanqueidade ao ar;
- Estanqueidade a insetos e poeiras;
- Insolação sonora;
- Iluminação;
- Ventilação;
- Facilidade de manuseio;
- Manutenção;
- Durabilidade;
- Resistência aos esforços de uso
- Resistência a cargas de vento;
- Economia.

As janelas das edificações residenciais mantêm as funções de ventilação e iluminação natural, proteção do interior dos ambientes, seja do calor ou frio, ruídos,

chuva ou vento. Conforme tabela abaixo, outras funções podem ser atribuídas às janelas.

Aspectos físicos, econômicos, psicofísicos e artísticos das janelas		
Aspecto	Função	
Físico	Permitir a renovação e circulação natural do ar	Preservar a saúde dos usuários; evitar a degradação de componentes; prover conforto higrométrico e térmico.
	Agilizar e equilibrar as trocas térmicas	Regular trânsito e emissão de radiações térmicas; atuar na estabilidade de trocas condutivas dos fechamentos opacos; regular trocas convectivas; prover conforto térmico.
	Proporcionar passagem de luz	Garantir quantidade de luz natural; filtrar a luz; prover conforto visual.
	Promover isolamento sonora	
	Promover Segurança	Resistir estruturalmente; vedar ambientes; evitar acesso de intrusos.
	Proporcionar combate ao fogo	Restringir a propagação de fogo; servir como rota de fuga removendo pessoas.
	Garantir estanqueidade à água	
Econômico	Minimizar investimentos para climatização	
	Otimizar gastos operacionais com a climatização	
	Minimizar investimentos para iluminação artificial diurna	
	Otimizar gastos operacionais com iluminação artificial diurna	
Psicofísico	Manter contato visual com o mundo exterior	Estimular sistema visual, proporcionando variações na focalização visual e fornecendo informações primárias de condições de tempo, hora, dia e do céu; evitar a monotonia.
	Gerar atmosfera de sossego e conforto	Prover privacidade e evocar libertação de sentimentos
Artístico	Agregar volume ao ambiente interno	
	Caracterizar fachada	Harmonizar aparência da edificação; diferenciar fachada, indicando a condição social; imprimir volume à fachada.
	Compor-se com vizinhança externa e interna	Associar e integrar materiais

Figura 12 - Aspectos físicos, econômicos, psicofísicos, e artísticos das janelas (FERNANDES, 2004).

No Brasil, o setor de esquadrias dispõe de quatro matérias-primas, sendo duas tradicionais, como a madeira e o aço, e as outras duas um pouco mais recentes, como o alumínio e o PVC (RUMO, 1990). Independente da matéria-prima dos perfis, a facilidade de movimentação das esquadrias, com redução de ruídos, e a estanqueidade estão diretamente relacionadas às técnicas de instalação e a qualidade dos acessórios, ferragens e materiais de vedação.

3.6.3 Revestimento Interno

3.6.3.1 Definição

Modulação é quando as medidas do projeto arquitetônico são adaptadas para as dimensões dos materiais que vão ser utilizados na edificação (blocos, azulejos, aberturas, pisos, etc.) (CERÂMICA PORTINARI, 2012).

Paginação é o nome que se dá ao modo de combinar e encaixar cerâmicas em pisos e paredes (CERÂMICA PORTINARI, 2012).

A aplicação de pisos cerâmicos deve ser feita a partir do projeto de paginação que além de orientar em todas as etapas da colocação do revestimento, determina a quantidade de materiais necessária para a obra (CERÂMICA PORTINARI, 2012).

Realizado por empresas do setor cerâmico ou por arquiteto, o projeto de paginação serve como guia, que contém informações precisas sobre a execução do piso, desde o começo dos trabalhos até a etapa de rejuntamento (CERÂMICA PORTINARI, 2012).

3.6.3.2 Conceito

A história dos revestimentos cerâmicos remonta há séculos, tendo sua origem perdida entre o oriente (China) e oriente médio (Turquia), apesar de sua tecnologia em decoração ser avançada para a época, sua produção era artesanal (CERÂMICA PORTINARI, 2012).

Por muitos séculos o revestimento cerâmico foi sinônimo de produto luxuoso, usado no piso e parede das casas de pessoas ricas. Após a II Guerra Mundial, a produção de cerâmica (lajotas e azulejos) apresentou um desenvolvimento industrial considerável com o surgimento das técnicas de produção. A possibilidade de produzir em escala industrial baixou os preços e os tornou acessível à grande parte da população (CERÂMICA PORTINARI, 2012).

Na fase inicial deste período, os revestimentos cerâmicos foram usados principalmente para satisfazer necessidades funcionais, tais como higiene e facilidade de limpeza e, desse modo, empregado em banheiros e cozinhas. A indústria cerâmica evoluiu com rapidez, desenvolvendo novos materiais que ampliaram consideravelmente as opções e tipos de revestimento disponíveis (CERÂMICA PORTINARI, 2012).

Como resultado, a cerâmica gradualmente passou a ser uma opção para outros ambientes domésticos, como salas de estar, halls de entrada e quartos, um material a ser usados em ambientes públicos e industriais e em áreas externas e internas (CERÂMICA PORTINARI, 2012).

3.6.3.3 Funções do Revestimento Cerâmico

Segundo a Cerâmica Portinari (2012), a grande vantagem da utilização do revestimento cerâmico é:

- Durabilidade do material;
- Facilidade de limpeza;
- Higiene;
- Qualidade do acabamento final;
- Proteção dos elementos de vedação;
- Isolamento térmico e acústico;
- Estanqueidade a água e aos gases;
- Segurança ao fogo;
- Aspecto estético e visual agradável.

De acordo com a Cerâmica Portinari (2012), a qualidade e a durabilidade de uma superfície com revestimento cerâmico esta relacionada aos seguintes aspectos:

- Planejamento e escolha correta do revestimento cerâmico;
- Qualidade do material de assentamento;
- Qualidade da construção e do assentamento e
- Manutenção.

3.6.3.4 Caracterizações do Revestimento Cerâmico

O revestimento cerâmico é composto por um sistema onde seus elementos trabalham de forma a interagir com a base a qual se aderem (REBELO, 2010).

Analizando o modelo de camadas para revestimentos cerâmicos em paredes internas, podemos identificar cinco itens essenciais:

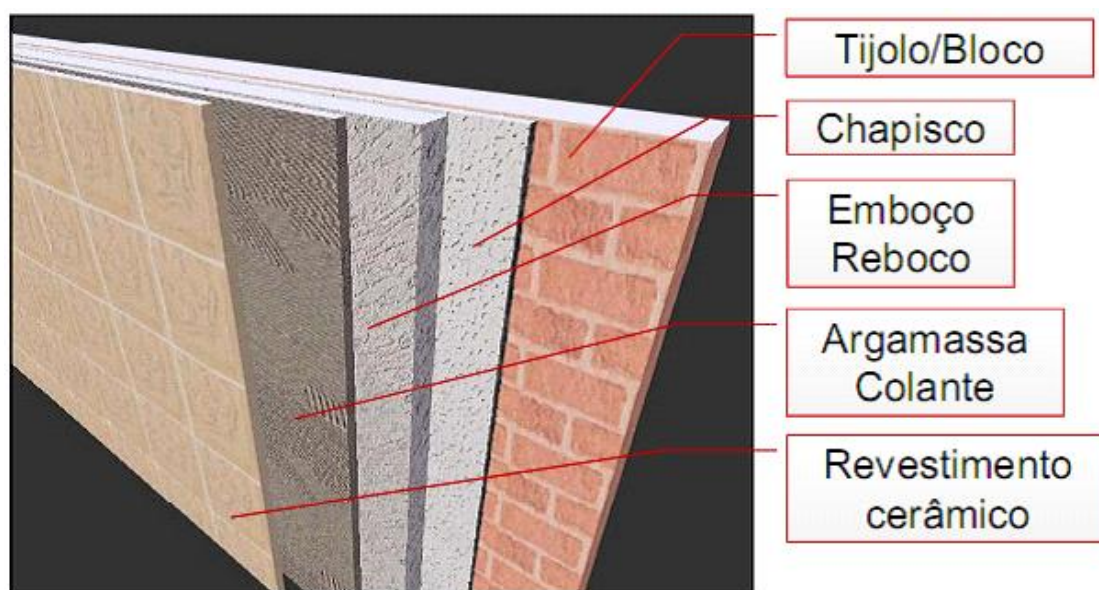


Figura 13 - Modelo das camadas do Sistema de Revestimento Cerâmico – Centro Cerâmico do Brasil (CCB) (REBELO, 2010)

- Substrato ou base: É o componente de sustentação dos revestimentos, via de regra formado por elementos de alvenaria/estrutura.
- Camada de regularização ou emboço: É a camada de revestimento aplicada diretamente sobre a base, com a finalidade de uniformizar a absorção da superfície e melhorar a aderência da camada subsequente, geralmente usada em fachadas exteriores.
- Emboço: É a camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base, propiciando uma superfície que permita receber outra camada de reboco ou de revestimento decorativo.

De acordo com a NBR 7200 (ABNT, 1998) - (Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento): “A aderência entre argamassa de emboço e unidade de alvenaria (tijolos e blocos cerâmicos, de concreto,

etc.) é um fenômeno essencialmente mecânico, devido, basicamente à penetração da pasta aglomerante ou da própria argamassa nos poros ou entre as rugosidades da base de aplicação”.

- Camada de fixação – argamassa colante: “A argamassa colante é uma mistura constituída de aglomerantes hidráulicos, agregados minerais e aditivos, que possibilita, quando preparada em obra com adição exclusiva de água, a formação de uma pasta viscosa, plástica e aderente” segundo definição na norma da NBR 13.755 (ABNT,1996). Revestimentos de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento.
- Peças do revestimento cerâmicas: Conforme norma da NBR 13.816 (ABNT, 1997). Placas cerâmicas para revestimento – Terminologia, placas cerâmicas para revestimento são definidas como sendo material composto de argila e outras matérias primas inorgânicas, geralmente utilizadas para revestir pisos e paredes, sendo conformadas por extrusão ou por prensagem, podendo também ser conformadas por outros processos.

Após o processo de secagem e queima a temperatura de sintetização, na qual começa a formação de fases vítreas, adquirem propriedades físicas, mecânicas e químicas superiores as dos produtos de cerâmica vermelha (REBELO, 2010).

Juntas: Tem por finalidade controlar as movimentações da obra, diminuindo incidência de trincas e fissuras no revestimento. As juntas são espaços deixados entre duas placas cerâmicas ou entre dois painéis de paredes (REBELO, 2010).

O assentamento das placas cerâmicas deve respeitar e acompanhar as juntas previstas em projeto (REBELO, 2010).

Rejuntamento: É o processo para o preenchimento das juntas entre duas placas cerâmicas consecutivas, e tem por função apoiar e impermeabilizar protegendo as arestas das peças cerâmicas. Da mesma forma que a argamassa colante, o tipo de argamassa para rejuntamento a ser usado depende do ambiente em que será aplicado (REBELO, 2010).

3.6.3.5 Tipos de paginação

Quando definimos a paginação com peças quadradas existem três paginações bastante comuns: (CERÂMICA PORTINARI, 2012).

- Tradicional,
- Fileiras de placas alinhadas entre si e em relação a parede;
- Diagonal, onde as placas alinham-se entre si, mas ficam na diagonal em relação a parede, e ainda
- Xadrez, que mistura peças de duas cores.

A paginação tradicional tem perda de 10%, enquanto na diagonal pode chegar a 15%.

- Já no uso de peças retangulares, têm-se outras opções:
- Amarração de tijolo é um exemplo: as fileiras de placas ficam desencontradas, sugerindo uma aparência igual à de uma parede com tijolos.
- Escama de peixe, usado no assentamento de peças pequenas. Mas devemos ter certo cuidado com os efeitos que podem provocar tanto visuais da estampa e da disposição da peça, até a simples escolha horizontal/vertical pode ampliar ou reduzir o espaço e aparência de profundidade.

Outra opção é o uso de peças grandes e retificadas, que aparentam unidade visual. As tendências acabam sempre seguindo a simplicidade.

3.6.3.6 Colocação do piso

- Pré Aplicação (WEBER, 2012).
 - 1) Verificar se a superfície não está irregular, com poças ou caroços;
 - 2) Todas as superfícies devem estar limpas, secas e livres de óleos ou tintas;
 - 3) De acordo com o ambiente definir o tipo de argamassa a ser utilizada;

- 4) Verificar no projeto a paginação do piso e o ponto de início de aplicação;
- 5) Não é necessário molhar a cerâmica, ou deixá-la de molho no dia anterior.

3.6.3.6.1 Modo de Aplicação

Aplicar sobre contrapiso/piso-zero ou emboço/reboco curados há 14 dias, ou seja, executados 14 dias antes de aplicar o revestimento (cerâmica ou azulejo); (WEBER, 2012).

- Preparação da Argamassa: abra um pacote de argamassa em uma bacia de aplicação limpa e seca. Adicione água e vá misturando até ter uma massa uniforme, sem bolinhas de massa representada na figura 14. Dê preferência para fazer a mistura com utilizando um misturador (WEBER, 2012).

Obs: verifique a quantidade de água na embalagem da argamassa. Em seguida, deixe a massa descansar por 10 a 15 minutos;



Figura 14 - Preparação Argamassa (WEBER, 2012)

- Aplicação da Argamassa: iniciar aplicando a argamassa na superfície com o lado liso da desempenadeira, gerando uma espessura de 3mm a 4mm, em ângulo de 60° (figura 15) (WEBER, 2012).



Figura 15 - Aplicação de Argamassa (WEBER, 2012)

- Aplicar a argamassa com a desempenadeira (figura 16) no processo de dupla camada nos seguintes casos:
- Placas com área igual ou superior a 900cm^2 (ex: $30\text{cm} \times 30\text{cm}$).
- Placas com reentrâncias e saliências maiores que 1 mm no verso.
- Em pisos com alto tráfego ou áreas externas (WEBER, 2012).



Figura 16 - Aplicação com desempenadeira (WEBER, 2012)

- Peças maiores que $30\text{cm} \times 30\text{cm}$: Passar argamassa no fundo da peça da mesma maneira. Primeiro com o lado liso da desempenadeira, em seguida faça sulcos com o lado dentado na direção contrária dos sulcos da parede;
- Assentamento da peça: Aplicar a peça no local, movimentando-a levemente para que chegue na posição correta, não esquecendo de utilizar o espaçador. A largura do espaçador depende do tamanho da

peça. Em seguida ir batendo na peça com o martelo de borracha para que a peça assente completamente sobre a argamassa, amassando os sulcos criados anteriormente (figura 17) (WEBER, 2012).



Figura 17 - Assentamento revestimento (WEBER, 2012)

- Retirar o excesso de argamassa que sobe pelas juntas das peças com uma espátula;
- No máximo até 1 hora após o assentamento das placas, remover a argamassa colante existente nas juntas de assentamento. Limpar a superfície das peças cerâmicas com um pano úmido ou estopa, ou então com uma esponja, até remover todo o resíduo de argamassa;
- E por último rejuntar o piso.
- Liberar o tráfego para as pessoas da obra após 72h, para o público e tráfego após 7 dias (WEBER, 2012).

4 .ANÁLISE (ESTUDO DE CASO).

Após a realização da pesquisa que consta na revisão bibliográfica foi possível analisar uma obra de um edifício residencial localizado na cidade de Curitiba/PR construído pela construtora A. Esse edifício é considerado uma construção de conjunto habitacional com seis blocos de habitação coletiva em alvenaria estrutural. Os edifícios possuem dois tipos de plantas diferenciadas em cada pavimento, a planta tipo A com 53,56 m² e a planta tipo B com 68,39m.

4.1 ESQUADRIAS

4.1.1 Racionalização das Esquadrias

Nos dias atuais, a construção civil busca ter a melhor relação custo benefício possível, e a primeira grande possibilidade de racionalizar a produção estão no momento da concepção do edifício.

Um item importante e muito significativo no custo total da obra são as esquadrias, pois quando se tem a possibilidade de compatibilizá-las com a vedação, estruturas, instalações e os revestimentos, diminuí-se os problemas e aumenta a produtividade.

Através da racionalização das esquadrias é possível a redução dos custos, e é pensando nisso que muitas construtoras têm procurado o desenvolvimento das esquadrias que ofereçam maior velocidade de instalação. Para atender esse interesse tanto dos construtores quanto dos fornecedores, as indústrias de esquadrias começaram a investir na modernização dos meios de produção e fabricar esquadrias que possam ser instaladas com rapidez e qualidade no acabamento.

4.1.2 Modulação das Esquadrias

Como já exposto ao longo de toda a pesquisa, a modulação contribui para a racionalização do processo construtivo, pois colabora para o aumento da repetição dos componentes e para a produção em série.

Com a padronização dos vãos e a coordenação modular das esquadrias não poderia ser diferente, pois além de melhorar a qualidade das esquadrias tem o objetivo de industrializar o sistema construtivo.

Segundo um estudo feito pela Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (ASBEA) juntamente com o (Sindicato da Indústria da Construção Civil (SINDUSCON-SP) e a Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio (AFEAL), para fazer recomendações técnicas para a norma de Coordenação

Modular da ABNT nas áreas de vedação e esquadrias, é possível melhorar a qualidade das esquadrias sem aumentar o custo.

Conforme Cambiaghi (1997), para garantir melhor entrosamento entre arquitetos e construtores deveria ser feito um manual com todos os tipos de esquadrias, suas dimensões e aplicações em vãos confeccionados com blocos de vedos de diversos tipos. Como consequência teria uma redução de desperdícios, e de quebra todos ganhariam com o provável barateamento das esquadrias, pela produção em escala.

Em uma reportagem feita pela editora PINI em São Paulo em 1997, chamada Janelas Enquadradas, acessada através do site da Editora Pini (2012), o vice-presidente da Asbea explica que, em seu escritório, os projetos já buscam essa padronização dimensional de vedos e esquadrias, como no do edifício residencial situado na Lapa, zona oeste de São Paulo, por exemplo, com vãos padronizados e coordenados com a alvenaria de blocos cerâmicos. Ali, os apartamentos de 69 m² de área útil têm esquadrias de correr de alumínio anodizado preto moduladas em 60 cm x 60 cm, de acordo com o vão da alvenaria. A arquiteta Cecília HarumiDeyama Saito, da construtora Pinto de Almeida, responsável pela obra, diz que essa padronização favorece a produtividade e a qualidade das obras. "Assim, fica mais difícil errar no canteiro."

As esquadrias possuem grandes variedades de linhas disponíveis no mercado, e devido a isso muitas construtoras passaram a adotar consultores e projetos de esquadrias para desfrutar das vantagens econômicas geradas por esquadrias projetadas, fabricadas e instaladas com acompanhamento especializado.

De acordo com o engenheiro Carlos Barbara, com o projeto de esquadrias é possível racionalizar o dimensionamento, aliando custo menor com melhor qualidade, e utilizar perfis no limite de sua capacidade, sem sub ou super dimensionamento. (EDITORA PINI, 1997).

A utilização dos submódulos de 10 cm, que é considerado o módulo padrão universal, gera a facilidade de adoção do sistema métrico, que garante flexibilidade e economia, trazendo maior racionalidade na adoção de dimensões de projeto.

A utilização desta modulação em esquadrias não causa problemas pela fácil adaptação de medidas mínimas de normas, como 60 cm, 90 cm, 1,20m e 1,80m em

vãos livres. As medidas verticais, como de peitoris, corrimãos, rodapés, vergas de portas e janelas, são facilmente adaptadas aos múltiplos e submúltiplos deste módulo, criando interessante possibilidade de padronização.

Para fazer um projeto de esquadrias padronizadas é necessário atentar-se para o vão modular e as folgas, a diminuição entre elas é a medida nominal e a soma entre elas é o vão modular que dará origem a esquadria padronizada, como mostra figura 18:

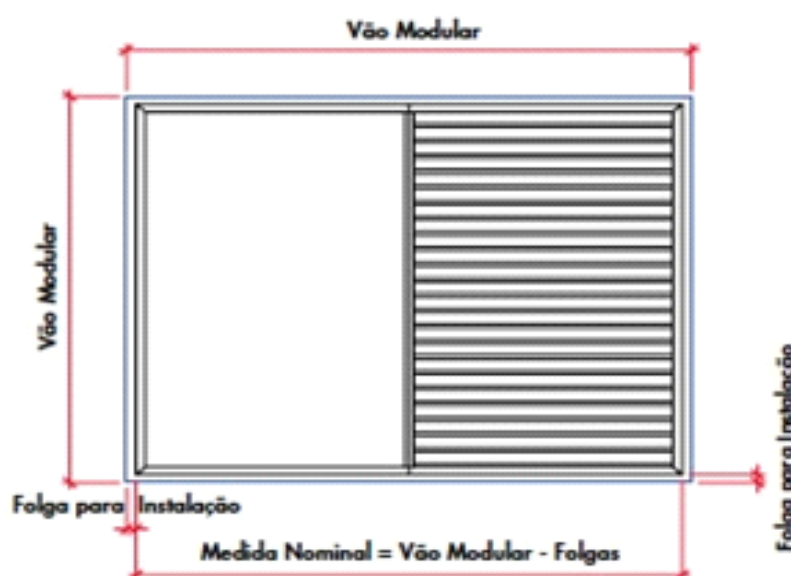


Figura 18 - Modulação de Esquadrias (EDITORA PINI, 1997)

4.1.3 Análise das Esquadrias do Projeto

De acordo com Fernandes (2004), a esquadria residencial pode ser considerada, como o componente da edificação, que apresenta maior número de funções. Além do aspecto funcional, as portas e janelas adaptam-se a soluções técnicas compatíveis com cada edificação atendendo as exigências ambientais, climáticas, da legislação e das próprias limitações da matéria-prima. Estas e outras variáveis intervêm no desenvolvimento de um projeto otimizado de esquadrias, que visa qualificar tecnicamente esses componentes, isto é, apresentar um perfil de

desempenho, que garanta a satisfação humana no ambiente construído, com um custo adequado.

Guella (2004), ainda complementa dizendo que as principais variáveis técnicas, que intervêm nas esquadrias, são a legislação vigente, o processo de produção e os procedimentos e técnicas de instalação. A importância do conhecimento das variáveis técnicas pode resultar em atendimento às exigências da legislação, que exige dimensões e condições mínimas, e conseqüentemente, ao conforto dos usuários. Verifica-se através da figura 19, que ocorrem interações entre as variáveis do conteúdo de ordem técnica e o projeto das esquadrias.

CONTEÚDO DE ORDEM TÉCNICA X PROJETO DAS ESQUADRIAS	
VARIÁVEIS (conhecer:)	Principais interações com o projeto das esquadrias (para:)
Legislação (normas técnicas, códigos de edificação)	Definir dimensões mínimas das esquadrias Adequar os comandos e funcionalidade à acessibilidade
Processo de projeto (representação gráfica, memorial descritivo)	Facilitar a representação gráfica ideal Dimensionar adequadamente a esquadria Definir diretrizes do produto (simplicidade, padronização, modularização, etc.) Facilitar instalação Determinação do custo final
Processo de fabricação	Evitar projetos inviáveis Determinação do custo final
Processo de instalação	Definir o sistema mais seguro e econômico Adequação às técnicas construtivas e de gerência da obra Determinação do custo final

Figura 19 - Relação entre as variáveis do conteúdo de ordem técnica com o projeto de esquadrias (FERNANDES, 2004)

Para a análise da obra do edifício residencial, é preciso entender a relação citada acima e também conhecer a norma técnica NBR 10821, que trata do desempenho de caixilhos, janelas para edificações de uso residencial e comercial, dentre outras. Esta norma, não estabelece qual o material predominante para compor uma janela, nem seu perfil, acabamento ou tipo de movimentação, mas o desempenho mínimo quanto à permeabilidade ao ar, estanqueidade à água, resistência às cargas

uniformemente distribuídas e às operações de manuseio, sendo estas as exigências do usuário para o componente. Porém, em Curitiba, cidade onde a obra analisada está situada, deve-se levar em consideração também o anexo III do Decreto n 212/2007, o qual estabelece algumas dimensões mínimas de esquadrias em relação ao tamanho dos compartimentos. Podemos verificar como é feita essa relação através da tabela 1.

TABELA DE DIMENSÕES DOS COMPARTIMENTOS - USO HABITACIONAL								
	Compartimento	Círculo Insc. Diam. Min. (m)	- A - Área Min. (m²)	Iluminação Mínima m²	Ventilação Mínima m²	- PD - Pé-direito (m) Mín. - Máx	Profundid. Máxima m	Verga Máxima m
Compartimentos internos - Residências - Hab. Coletiva - Hab. Transitória -	SALA DE ESTAR	2,40	8,00	1 / 6 x A	1 / 12 x A	2,40 - 3,60	3 x PD	1 / 8 x PD
	SALA DE JANTAR	2,40	6,00	1 / 6 x A	1 / 12 x A	2,40 - 3,60	3 x PD	1 / 8 x PD
	COPA	1,50	4,00	1 / 8 x A	1 / 16 x A	2,20 - 3,30	3 x PD	1 / 8 x PD
	COZINHA	1,50	4,00	1 / 8 x A	1 / 16 x A	2,20 - 3,30	3 x PD	1 / 8 x PD
	1.º QUARTO	2,40	9,00	1 / 6 x A	1 / 12 x A	2,40 - 3,60	3 x PD	1 / 8 x PD
	DEMAIS QUARTOS	2,00	6,00	1 / 6 x A	1 / 12 x A	2,40 - 3,60	3 x PD	1 / 8 x PD
	BANHEIRO	1,00	1,50	1 / 8 x A	1 / 16 x A	2,20 - 3,30	3 x PD	1 / 8 x PD
	CLOSET / VESTÍB.	0,80	1,00	—	—	2,20 - 3,30	3 x PD	1 / 8 x PD
	DEPÓSITO	1,60	4,00	1 / 10 x A	1 / 20 x A	2,20 - 3,30	—	1 / 8 x PD
	GARAGEM	2,40	10,80	—	1 / 10 x A	2,00 - 3,00	3 x PD	—
	QUARTO EMPREG.	1,60	4,00	1 / 6 x A	1 / 12 x A	2,40 - 3,60	3 x PD	1 / 8 x PD
	CORREDOR	0,80	—	—	—	2,20 - 3,30	—	1 / 8 x PD
	ESCRIT. / ATELIER	2,40	6,00	1 / 6 x A	1 / 12 x A	2,40 - 3,60	3 x PD	1 / 8 x PD
	ESCADA	0,80	—	—	—	—	—	—

Tabela 1 - Dimensões dos Compartimentos (SECRETARIA MUNICIPAL DE URBANISMO DE CURITIBA, 2012).

Precisa-se verificar se as janelas dessa obra estão condizentes com o decreto, para uma análise mais detalhada, dessa forma, segue a planta do projeto com suas respectivas janelas (tabela 2, figura 20).

CCódigo	Largura	Altura	Peitoril	Área (m²)	Observações
JA1	120	120	100	1,44	Vidro Correr (2F)
JA2	140	120	100	1,68	Vidro Correr (2F)
JA3	100	120	100	1,20	Vidro + Venez Correr (2F)
JA4	60	60	1,60	0,36	Máximo - ar
JA5	35	60	1,60	0,21	Máximo - ar invertida
PA1	180	215	0,00	3,87	Porta Vidro Correr (2F)

Tabela 2 - Dimensões das Esquadrias (CONSTRUTORA A, 2012).

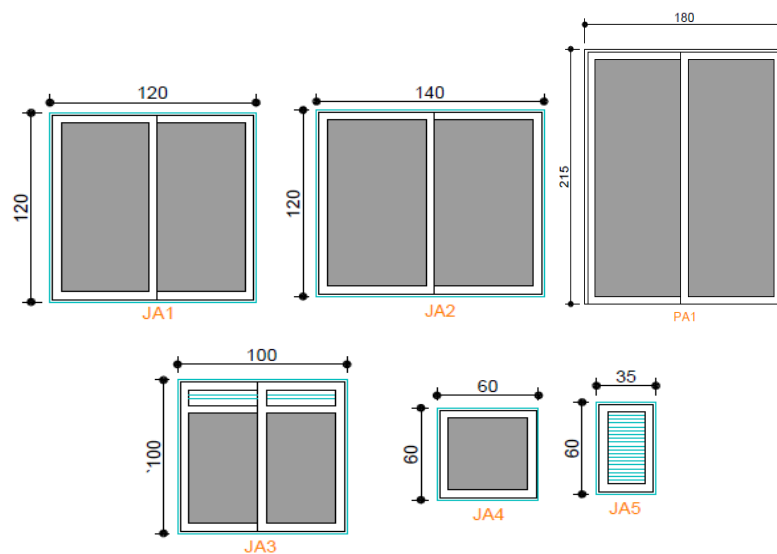


Figura 20 - Elevação das Esquadrias (CONSTRUTORA A, 2012)

Os apartamentos tipo A que possuem 53,56 m² como mostra a figura 21, não apresentam todas as janelas de acordo com o Decreto 212/2007 em relação à iluminação já no quesito ventilação, todas atendem o mínimo de área estabelecido pelo Decreto, como podemos observar na seqüência:

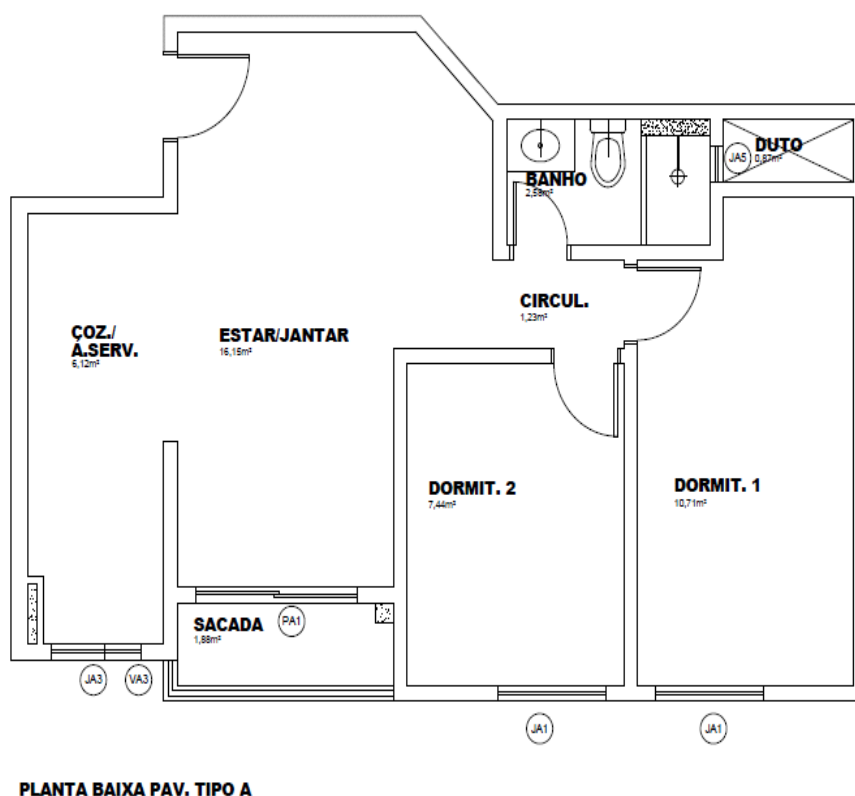


Figura 21 - Planta Baixa apartamento tipo A (CONSTRUTORA A, 2012).

- Cozinha: $6,12\text{m}^2$ - $JA3 = 1,20\text{m}^2$, para a iluminação é necessária uma área de janela de $0,765\text{m}^2$ (iluminação = $1/8 \times 6,12 = 0,765\text{m}^2$), e para a ventilação a janela deve alcançar uma área de $0,38\text{m}^2$ (ventilação = $1/16 \times 6,12 = 0,38\text{m}^2$). – ATENDE O DECRETO.
- Estar/Jantar: $16,15\text{m}^2$ - $PA1 = 3,87\text{m}^2$ - de acordo com o decreto a área da janela para iluminação é de $2,69\text{m}^2$ ($1/6 \times 16,15 = 2,69\text{m}^2$) e a de ventilação é $1,34\text{m}^2$ ($1/12 \times 16,15 = 1,34\text{m}^2$). – ATENDE O DECRETO.
- Dormitório 01: $10,71\text{m}^2$ - $JA1 = 1,44\text{m}^2$ - iluminação ($1/6 \times 10,71 = 1,78\text{m}^2$), ventilação ($1/12 \times 10,71 = 0,89\text{m}^2$) . O dormitório 01 atende a dimensão da janela para a ventilação, mas não atende a área necessária para a iluminação.
- Dormitório 02: $7,44\text{m}^2$ - $JA1 = 1,44\text{m}^2$ - iluminação ($1/6 \times 7,44 = 1,24\text{m}^2$) – ventilação ($1/12 \times 7,44 = 0,62\text{m}^2$). O dormitório 02 atende a dimensão da janela para a ventilação, mas não atende a área necessária para a iluminação.
- Banho: $2,58\text{m}^2$ - $JA5 = 0,21\text{m}^2$ - iluminação ($1/8 \times 2,58 = 0,32\text{m}^2$) – ventilação ($1/16 \times 2,58 = 0,16\text{m}^2$). A área do banheiro não atende no quesito iluminação, mas atende na ventilação.

Os apartamentos tipo B que possuem $68,39\text{m}^2$ como mostra a figura 22, não apresentam todas as janelas de acordo com o Decreto 212/2007 em relação à iluminação já no quesito ventilação, todas atendem o mínimo de área estabelecido pelo Decreto, como podemos observar na seqüência:

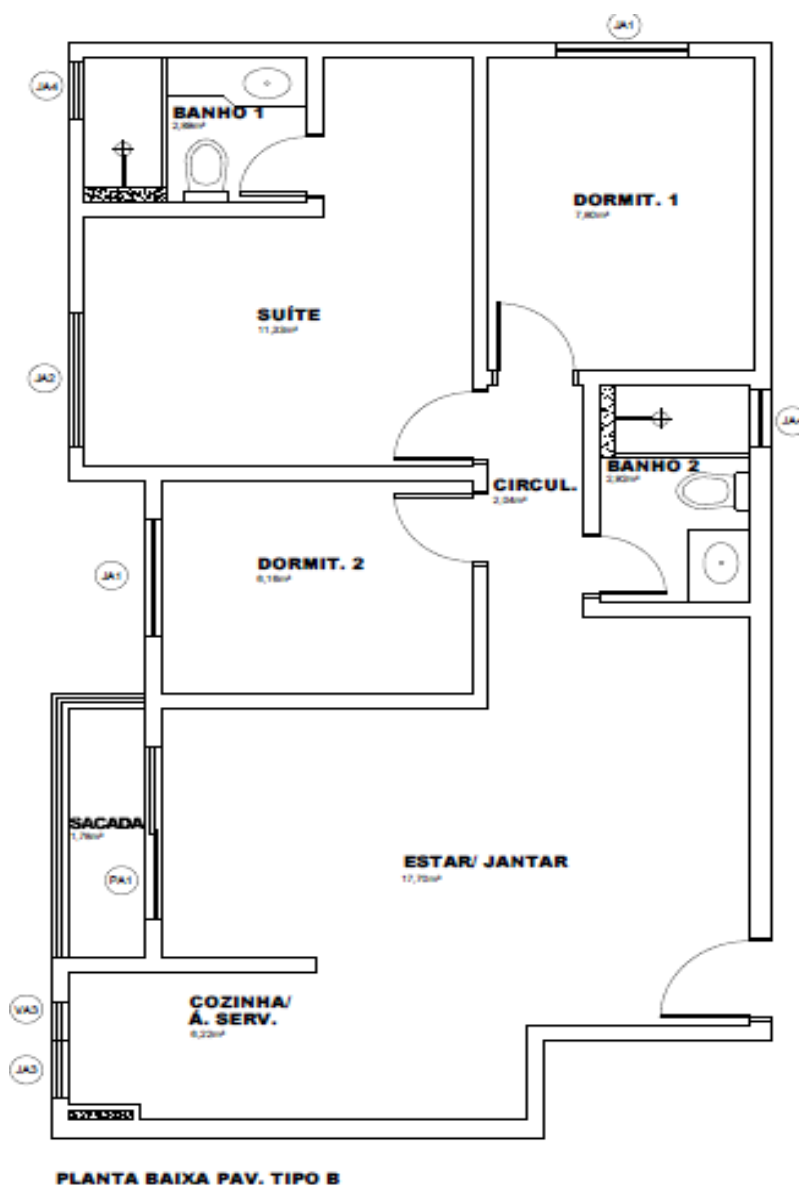


Figura 22 - Planta Baixa apartamento tipo B (CONSTRUTORA A, 2012).

- Cozinha: 6,22m² - JA3 = 1,20m², para a iluminação é necessária uma área de janela de 0,78m² (iluminação = $1/8 \times 6,22 = 0,78\text{m}^2$), e para a ventilação a janela deve alcançar uma área de 0,39m² (ventilação = $1/16 \times 6,22 = 0,39\text{m}^2$). – ATENDE O DECRETO.
- Estar/Jantar: 17,70m² - PA1= 3,87 m² - de acordo com o decreto a área da janela para iluminação é de 2,95m² ($1/6 \times 17,70\text{m}^2 = 2,95\text{m}^2$) e a de ventilação é 1,47m² ($1/12 \times 17,70\text{m}^2 = 1,47\text{m}^2$). – ATENDE O DECRETO.
- Suíte: 11,33m² - JA2= 1,68 m² - de acordo com o decreto a área da janela para iluminação é de 1,89m² ($1/6 \times 11,33\text{m}^2 = 1,89\text{m}^2$) e a de

ventilação é $1,47\text{m}^2$ ($1/12 \times 11,33\text{m}^2 = 0,94\text{m}^2$). – A suíte atende a dimensão da janela para a ventilação, mas não atende a área necessária para a iluminação.

- Banho: $2,89\text{m}^2$ - $JA4 = 0,36\text{m}^2$ - iluminação ($1/8 \times 2,89\text{m}^2 = 0,36\text{m}^2$) – ventilação ($1/16 \times 2,89\text{m}^2 = 0,18\text{m}^2$). – ATENDE O DECRETO.
- Dormitório 01: $7,80\text{m}^2$ - $JA1 = 1,44\text{m}^2$ - iluminação ($1/6 \times 7,80 = 1,30\text{m}^2$), ventilação ($1/12 \times 7,80\text{m}^2 = 0,65\text{m}^2$) . – ATENDE O DECRETO.
- Dormitório 02: $6,16\text{m}^2$ - $JA1 = 1,44\text{m}^2$ - iluminação ($1/6 \times 6,16\text{m}^2 = 1,03\text{m}^2$) – ventilação ($1/12 \times 6,16\text{m}^2 = 0,51\text{m}^2$). – ATENDE O DECRETO.
- Banho: $2,92\text{m}^2$ - $JA4 = 0,36\text{m}^2$ - iluminação ($1/8 \times 2,92\text{m}^2 = 0,36\text{m}^2$) – ventilação ($1/16 \times 2,92\text{m}^2 = 0,18\text{m}^2$). – ATENDE O DECRETO.

Aparentemente percebe-se que após verificarmos as dimensões das janelas de acordo com o decreto, a construtora não se preocupou com o Decreto 212, pois não são todas as janelas que atendem os padrões estabelecidos pelo mesmo. Ou no caso, pode-se dizer que as dimensões determinadas pelo Decreto não era o mais importante para ser seguido, pois ao especificar as esquadrias do projeto, se tinha em mente a coordenação modular, evitando interferências entre os demais subsistemas (fôrmas, por exemplo). O dimensionamento das esquadrias tem medidas nominais que consideram as folgas necessárias para a sua instalação, permitindo que os vãos deixados pelas fôrmas sejam múltiplos de 10 cm.

Segundo o fornecedor das esquadrias, a empresa Alucobonde, a construtora A trabalhou com esquadrias moduladas, de tamanho já existente o que barateou o custo do investimento. Da mesma maneira, eles afirmam que a qualidade é melhor, devido à produção em série das mesmas e a facilidade da instalação, o que ocasionou o aumento do rendimento dos trabalhadores.

Pode-se observar que a janela JA5, é a única que foge da modulação de múltiplos de 10 cm, encarecendo a compra da mercadoria, as demais, que são múltiplos e possuem a medida mínima de passagem de 60 cm são comumente usadas como esquadrias moduladas pela empresa fornecedora da esquadria.

A construtora busca esquadrias industrializadas, que possam ser instaladas com rapidez e qualidade no acabamento. Eles já iniciaram parcerias com fornecedores, como a Alucobonde, para melhorar o desempenho das janelas, o que resultou em esquadrias mais adaptadas ao vão, diminuindo o custo do sistema, facilitando o desenvolvimento do projeto e do produto e permitindo o uso de painéis de fôrmas em vários projetos, contribuindo para a racionalização do processo construtivo.

4.2 ALVENARIA ESTRUTURAL

Atualmente a alvenaria estrutural vem sendo bastante utilizada nas construções brasileiras devido à sua rapidez e facilidade na execução.

Com o crescimento do setor imobiliário e o aumento crescente do número de obras espalhadas pelo país, percebe-se cada vez mais a necessidade do aumento da produtividade e a redução dos custos. Para isso é necessário o uso de métodos e ferramentas que melhorem o planejamento e a racionalização da produção. A alvenaria estrutural é um dos processos que auxilia na otimização da construção civil, podendo verificar as seguintes vantagens deste sistema em relação aos sistemas de estruturas convencionais em concreto armado (FREITAS JUNIOR, 2012):

- Economia de fôrmas, aço e concreto.
- Redução significativa nos revestimentos, pois geralmente o revestimento interno de alvenaria estrutural é feito apenas com uma camada de gesso aplicada diretamente sobre a superfície do bloco.
- Redução no desperdício de material e mão de obra, pois o projeto de alvenaria estrutural não possibilita cortes e rasgos, ou seja, improvisações que encarecem o custo de uma obra.
- Redução do número de especialidades, pois não é necessário para a construção da estrutura carpinteiros e armadores.
- Flexibilidade do ritmo de execução de obra, pois não é necessário aguardar o tempo de cura que geralmente acontece na estrutura convencional.

- Material com maior resistência ao fogo e isolamento termo acústica.

Apesar dos aspectos positivos citados, a alvenaria estrutural possui algumas desvantagens em relação à estrutura convencional principalmente em se tratando de arquitetura. Ela dificulta a flexibilidade arquitetônica em relação às modificações dos espaços e reformas, pois as paredes portantes não podem ser removidas nem substituídas por outro elemento de equivalente função; cria interferências com projetos de arquitetura, estruturas e instalações, sendo de extrema importância a compatibilização dos mesmos antes da execução e necessita de mão de obra qualificada, pois as falhas possuem grandes consequências (FREITAS JUNIOR, 2012).

Conforme Ramalho & Corrêa (2003) alvenaria estrutural é formada pela unidade que podemos considerar como componente básico da alvenaria. Uma unidade será sempre definida por três dimensões principais: comprimento, largura e altura conforme figura 22. O comprimento e a largura definem o módulo horizontal, ou módulo em planta, já a altura define o módulo vertical, a ser adotado nas elevações.

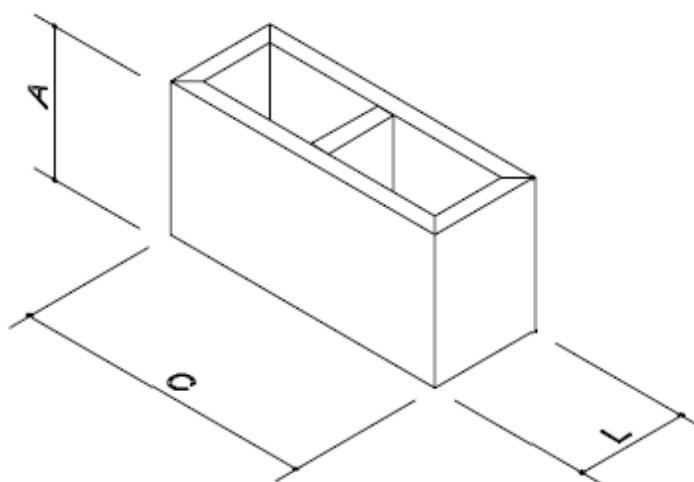


Figura 23 - Dimensões de uma unidade (RAMALHO & CORRÊA, 2003)

Assim podemos concluir que o comprimento e a largura do bloco devem ser iguais ou múltiplos para que se tenha um único módulo em planta. Dessa forma cria-se

um arranjo arquitetônico, onde as dimensões em planta e em pé direito são compatibilizadas.

A modulação da alvenaria é a compatibilização entre as dimensões citadas anteriormente dos blocos estruturais, de modo a se evitar cortes ou ajustes na execução das paredes, diminuindo perdas de tempo, material e mão de obra no canteiro de obras. Assim o projeto arquitetônico deve ser feito com módulos básicos desde a concepção da edificação. Quanto menor o módulo mais fácil serão os ajustes necessários no projeto.

Modular uma alvenaria é projetar utilizando-se de uma ‘unidade modular’, que é definida pelas medidas dos blocos, comprimento e espessura. Essas medidas podem ou não ser múltiplas uma das outras. Quando as medidas não são múltiplas, a modulação é ‘quebrada’ e para compensá-la precisamos lançar mão de elementos especiais (...) chamados de elementos compensadores da modulação. (ABCP, 2012)

A adoção da coordenação modular na alvenaria estrutural tem diversas vantagens (SIQUEIRA, 2007), como:

- Simplificação da atividade de elaboração do projeto;
- Padronização dos materiais e componentes;
- Facilidade na utilização de técnicas prédefinidas, facilitando inclusive o controle da produção;
- Redução de desperdícios com ajustes e cortes de blocos, garantindo maior economia no custo da obra;
- Maior precisão dimensional;
- Racionalização da construção aumentando o índice de produtividade.

Para se adotar uma modulação no projeto é preciso conhecer as medidas padrões dos blocos. Os blocos de concreto são divididos em grupos chamados de “famílias”. Cada família corresponde a uma dimensão modular, ou seja, o tamanho do módulo em que a edificação será projetada. Assim todas as dimensões da edificação devem ser múltiplas dessa família.

Na NBR 6136 (ABNT, 2007) – Bloco vazados de concreto simples para alvenaria os blocos são designados pela sua largura. Existem os blocos conhecidos

como M15 que possuem largura nominal de 14 cm (14 cm bloco + 1 cm junta). Os principais blocos dessa família, representados na figura abaixo, possuem as seguintes dimensões (largura x altura x comprimento): 14 x 19 x 29 (bloco inteiro); 14 x 19 x 14 (meio bloco) e 14 x 19 x 44 (um bloco e meio). Com esses blocos a alvenaria será projetada a partir de apenas duas fiadas que estarão 100% amarradas.

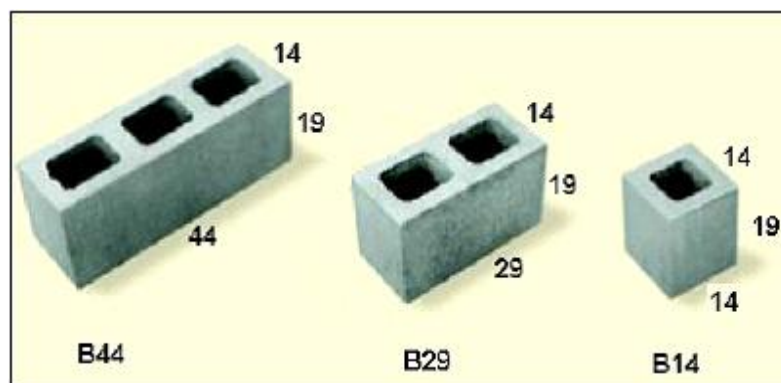


Figura 24 - Blocos família M15. (FREITAS JUNIOR, 2012)

Os blocos com comprimento total de 45 cm possuem papel fundamental na amarração, pois eles eliminam a amarração com grampos. A amarração em grampo é utilizada quando a amarração não gera um conjunto com bom funcionamento nos locais de concentração de tensão e transferência de carga de uma parede para outra. Para isso coloca-se uma ferragem de ligação para evitar a movimentação entre as paredes. É possível verificar essa situação na imagem 24.



Figura 25 - Amarração em grampo (FREITAS JUNIOR, 2012)

Também existem os blocos de largura nominal de 19 cm (19 cm bloco + 1 cm junta), denominados blocos M20. Estes blocos também podem possuir as seguintes dimensões, conforme a figura 25: 14 x 19 x 39, 14 x 19 x 19 e 14 x 19 x 54.

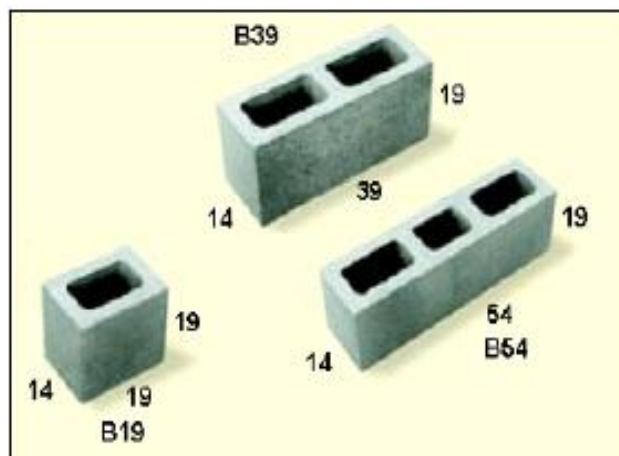


Figura 26 - Blocos família M20(FREITAS JUNIOR, 2012)

Este tipo de modulação possui o inconveniente do comprimento não ser proporcional à largura do bloco. Para ser possível a amarração direta entre as paredes é necessário a utilização dos blocos 14 x 19 x 34 e 14 x 19 x 44. Assim as dimensões dos cômodos são, na maior parte múltiplas de 20cm.

Na etapa de projeto a utilização da família M15 e M20 não facilita ou dificulta o trabalho, uma vez que existem no mercado diversas peças básicas para se modular uma alvenaria nas duas famílias de blocos.

Essas peças são chamadas de componentes complementares aos blocos na alvenaria estrutural. Os mais utilizados são as canaletas, canaletas compensadoras, canaletas jota e meio bloco. Eles resolvem, por exemplo, os problemas da relação da alvenaria com a aplicação de esquadrias e com a construção de lajes. As canaletas “U” ou “J” são sempre utilizadas na última fiada das paredes internas e externas respectivamente, dependendo da espessura da laje e da posição da parede.

Também existem os compensadores, pastilhas ou bolachas que possuem aproximadamente 4 cm e são usados na adaptação de pequenos ajustes da modulação.

No projeto em análise foi utilizada a modulação com blocos da família M20. Verificou-se que o bloco mais utilizado é o que possui as medidas 14 x 19 x 39.

Em alguns momentos foi necessário inserir blocos complementares para restabelecer a modulação nos encontros das paredes e amarrações com a modulação 14 x 19 x 34.

A escolha do tipo de bloco a ser utilizado deve levar em consideração não só a modulação, mas também a disponibilidade no mercado, o custo e as características de trabalhabilidade no canteiro de obras. Foi realizada uma pesquisa com três empresas fornecedoras de blocos de alvenaria estrutural em Curitiba (Blocaus, Concremar e Gai) e conclui-se que o bloco mais vendido na região é o que possui dimensões 14 x 19 x 39 e em seguida os blocos da mesma família. Já os blocos da família M15 não são muito procurados conforme informações das empresas consultadas. Em relação ao preço, o bloco de 39 de comprimento possui em média valor de R\$ 2,55 o com finalidade estrutural e R\$ 2,30 o de vedação. O bloco de 39 tornou-se tão popular no mercado hoje que em algumas situações ele se torna praticamente a única opção disponível, inviabilizando o uso dos blocos da família M15, pois a utilização desses blocos dificulta questões como a reposição e o custo apresentado também não se justifica em relação ao seu aproveitamento.

No projeto em análise utilizou-se apenas a modulação M20, assim é possível concluir que o fator que mais interferiu na escolha da modulação foram questões de disponibilidade no mercado da cidade e trabalhabilidade no canteiro de obras.

Um empreendimento que possui o porte como o que está sendo estudado deve também levar em consideração que o canteiro de obras irá possuir uma grande quantidade de trabalhadores e por este motivo deve-se pensar em como racionalizar e aperfeiçoar as atividades, garantindo um bom planejamento de obra. Assim torna-se importante avaliar as características dimensionais dos blocos e escolher o que mais se adapta às características da mão-de-obra, favorecendo antes de tudo a produtividade.

Analisando essas questões podemos concluir que os blocos da família M20 favorecem a produtividade uma vez que, sendo maiores, é necessária uma menor quantidade de peças por metro quadrado produzido. No entanto a utilização desta família faz com que seja necessário empregar uma maior diversidade de blocos e compensadores para solucionar questões de amarração e da modulação propriamente dita.

A utilização de diversos componentes e blocos, conforme demonstrado na figura abaixo, podem quebrar o ritmo do trabalho e confundir o operário a respeito de qual bloco deve utilizar para distintas situações, causando assim possível retrabalho, perda de tempo e material, diminuindo o ganho que se tem de produtividade com a utilização da alvenaria estrutural.

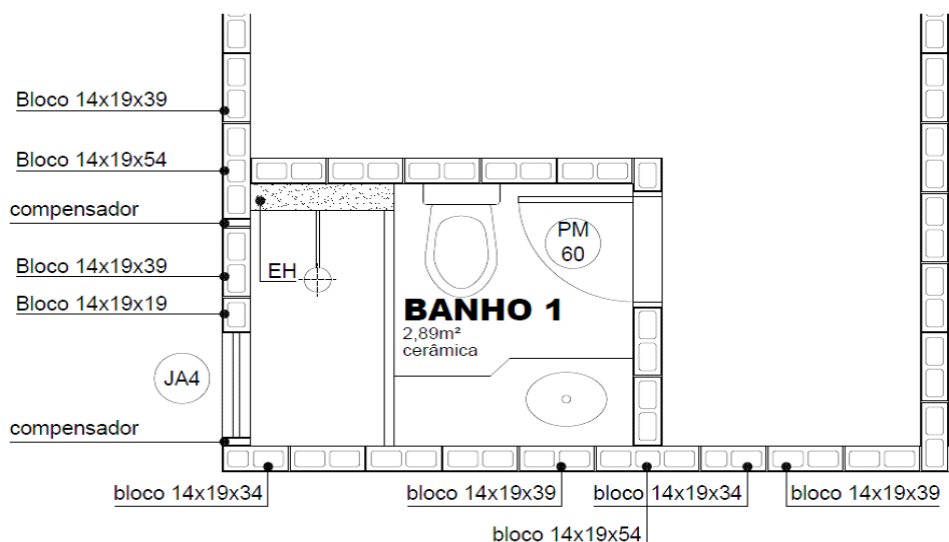


Figura 27 - Diversidade de blocos utilizados com comprimentos diferentes. (CONSTRUTORA A, 2012)

Outro aspecto que deve ser analisado na definição de qual família se utilizará na obra é em relação ao peso do bloco e o desgaste causado no trabalhador. Um bloco mais pesado faz com que todo o processo de transporte, marcação da alvenaria e assentamento dos blocos seja mais lento, reduzindo os índices de produtividade.

Nos locais onde encontram-se as esquadrias e outras aberturas as tensões se perturbam e se concentram. Assim é necessário analisar o tamanho, a quantidade e a posição das aberturas, pois elas influenciam diretamente no desempenho da parede como elemento estrutural. É necessário incluir vergas e contravergas sobre o vão das janelas e portas e elas devem ultrapassar o vão cerca de 30 cm em ambos os lados. Esses elementos são executados com os blocos canaleta que posteriormente são grauteados. Para a inclusão das esquadrias deve-se compatibilizar a quantidade de

blocos que será utilizada na fachada e a dimensão da esquadria encaixando-a na modulação do bloco.

No projeto em análise verificamos que as esquadrias estão inseridas conforme a modulação definida no projeto (M20), mas em vários locais foi necessário inserir compensadores para conseguir “fechar” a modulação. A utilização excessiva dos compensadores, demonstrado pela figura 27, dificulta na execução, pois eles quebram o ritmo como já foi comentado, e por se tratarem de peças muito pequenas, o índice de produtividade é alterado. Assim é necessária uma melhor e mais eficiente compatibilização entre a alvenaria estrutural e as esquadrias.

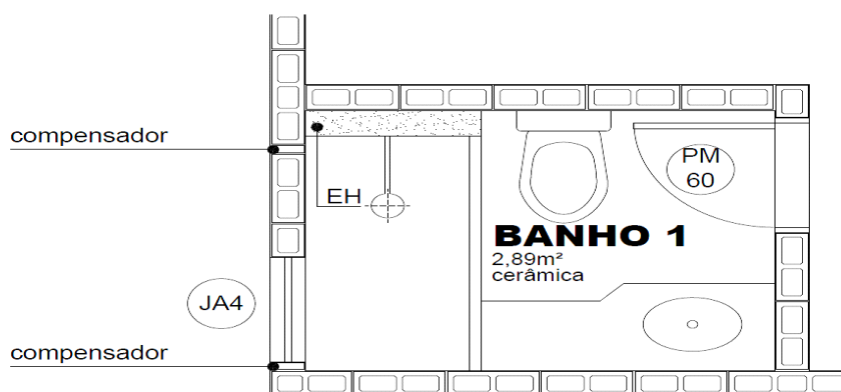


Figura 28 - Detalhe uso de compensadores na alvenaria estrutural por causa das esquadrias (CONSTRUTORA A, 2012)

As instalações elétricas e hidráulicas também devem ser projetadas em conjunto com a alvenaria estrutural. Esse sistema não possibilita cortes e rasgos na alvenaria para o embutimento das instalações, pois ele pode afetar a parte estrutural do prédio, além de causar desperdício, retrabalho e maior consumo de mão de obra e material. Assim deve-se garantir que as tubulações passem em paredes não estruturais, podendo-se também utilizar de passagens do tipo “*shaft*”. Outra alternativa seria a passagem da tubulação pelo o forro ou pela parede de modo aparente, podendo-se utilizar de carenagens. No projeto em análise não tivemos acesso aos projetos de instalações, mas através do projeto arquitetônico é possível verificar que existem diversos *shafts* espalhados pelo pavimento, demonstrado na figura 28, garantindo uma melhor distribuição das instalações hidráulicas, elétricas, comunicação e gás.

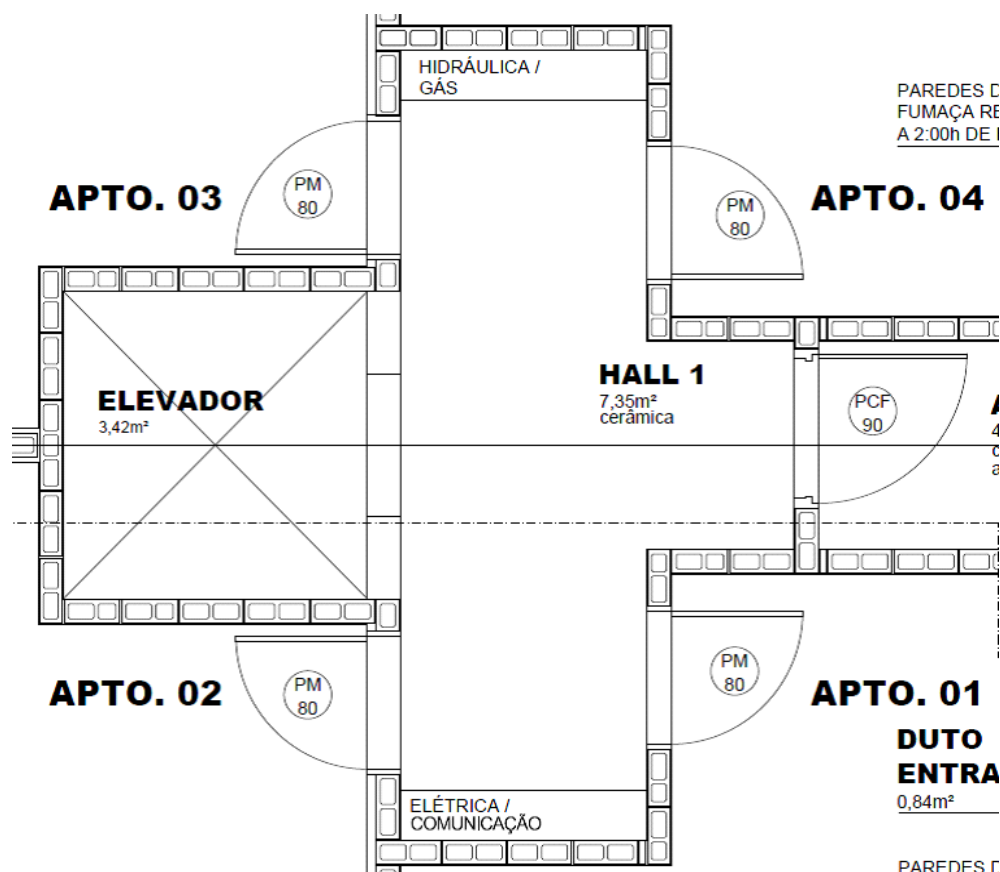


Figura 29 - Shafts distribuídos no hall do pav. Tipo (CONSTRUTORA A, 2012)

O projeto em questão apresenta pontos de melhoria identificados através da análise acima. A planta deveria ser melhor compatibilizada com a modulação dos blocos escolhidos, pois foram gerados diversos pontos de interferência, que dificultam a racionalização da execução.

Por outro lado a adoção de blocos da família M20 trouxe uma melhor trabalhabilidade no canteiro de obras, pois os blocos possuindo maiores dimensões otimizam os índices de produtividade.

Um ponto negativo é que a alvenaria estrutural não possibilita a flexibilidade de alterações futuras nos ambientes, o que gera rejeição do consumidor final. Esse aspecto pode influenciar na decisão de compra negativamente.

Em contrapartida de todos esses relevantes aspectos, a utilização da alvenaria estrutural tem um ganho econômico aproximado de 12% a 30% dependendo das características do empreendimento (FREITAS JUNIOR, 2012). Esse fator justifica em plenitude o uso da alvenaria estrutural em empreendimentos, trazendo maior rentabilidade ao investidor.

4.3 REVESTIMENTO INTERNO

Os parâmetros do projeto devem ser considerados no momento da especificação do revestimento cerâmico em paredes internas. É necessário selecionar os pontos mais importantes e apresentá-los de forma detalhada, respeitando as normas técnicas.

NORMA	TÍTULO
NBR 7200:1998	Revestimento de paredes e tetos com argamassas – Materiais, preparo, aplicação e manutenção – Procedimento
NBR 8214:1983	Assentamento de azulejos – Procedimento
NBR 13754:1996	Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento
NBR 14081:1998	Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmica - Especificação
NBR 14992:2004	Argamassa a base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas – Requisitos e métodos de ensaios.

Figura 30 - Normas técnicas aplicadas ao SRC em paredes internas (ABNT, 2012)

4.3.1 Elaboração do Projeto

Nesta etapa de elaboração do projeto, além da especificação dos materiais, devem ser definidos os detalhes construtivos e especificadas as técnicas de execução adequadas.

Um projeto bem elaborado consegue diminuir custos, perdas de material, aperfeiçoa as diversas etapas de execução e, é nela onde são feitas as diversas especificações dos materiais a serem utilizados na obra e o método de execução.

4.3.2 Análise da Modulação do Piso do Projeto

O terceiro elemento construtivo é o revestimento interno. O qual pode influenciar diretamente a questão econômica, o prazo de entrega da obra, etc.

Na obra estudada os ambientes, os quais receberam revestimento cerâmico, material que oferece muitas vantagens em relação aos outros tipos de revestimentos.

Com o projeto de paginação conseguimos verificar a metragem quadrada do piso cerâmico, obtida a partir da medição do ambiente; a porcentagem de perda de material que terá com os cortes; também o número exato de unidades de peças como, por exemplo, rodapés, listellos, tozzetos, faixas decoradas, filetes e outros. Serve como guia, contendo informações necessárias sobre a execução do piso, desde o começo dos trabalhos até a etapa de rejuntamento.

Analizando os principais objetivos da modulação, podemos verificar algumas vantagens e desvantagens que influenciam na obra.

As vantagens adquiridas com a modulação de piso são:

- A medição correta garante a precisão da quantidade de piso a ser comprado;
- Fornece a metragem quadrada do piso a ser utilizado;
- Agilidade na colocação;
- Minimiza as perdas;

Quando um projeto arquitetônico não possui uma modulação de piso os problemas encontrados são:

- Desperdício de materiais, devido aos cortes;
- Tempo de duração;
- Prejuízo;

Primeiramente verificamos a tabela de especificação dos revestimentos abaixo.

Ambiente	Piso	Parede	Teto	Rejunte
APARTAMENTO				
Cozinha/Ár.Serv.	Cecrisa – Travertino Natural BE 45x45cm R\$ 12,29/m ²	Cecrisa – WH Plain Lux 20x30cm R\$ 14,20/m ² Revestimento até o teto em paredes hidráulicas, pintura pva branca nas demais	Pintura Acrílica sobre massa PVA	
Cadastro IFS				
Banho 1 – suite (Aptos. Finais 02, 03, 06 e 07)	Cecrisa – Alaska WH 40x40cm R\$ 11,45/m ²	Cecrisa – WH Plain Lux 20x30cm R\$ 14,20/m ² Revestimento até o teto em todas as paredes.	Pintura Acrílica + massa PVA sobre forro de gesso	
Cadastro IFS				
Banho ("Banho 2" nos Aptos. Finais 02, 03, 06 e 07)	Cecrisa – Alaska WH 40x40cm R\$ 11,45/m ²	Cecrisa – WH Plain Lux 20x30cm R\$ 14,20/m ² Revestimento até o teto em todas as paredes.	Pintura Acrílica + massa PVA sobre forro de gesso	
Cadastro IFS				

Figura 31 - Especificação Revestimento (CONSTRUTORA A, 2012)

Em seguida verificamos a planta de paginação da cozinha/ à. serviço e banho representada nas figuras 29, 30 e podemos perceber que na obra estudada, haverá pequenos recortes nos ambientes que receberam revestimentos cerâmicos, algo comumente nas obras. Fato este que ocorre devido à possível divergência de espessura do rejunte e normalmente por não haver uma concordância entre projeto e modulação, onde uma metragem de um espaço não corresponde ao modelo cerâmico desejado.

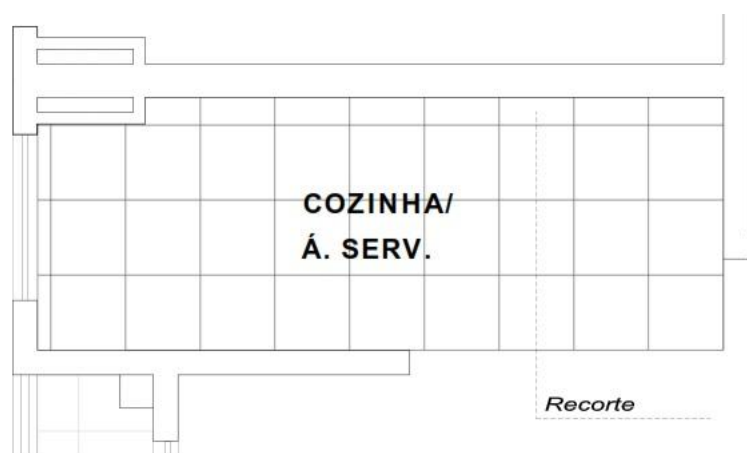


Figura 32 - Planta Paginação - Cozinha/ Á. Serviço (CONSTRUTORA A, 2012).

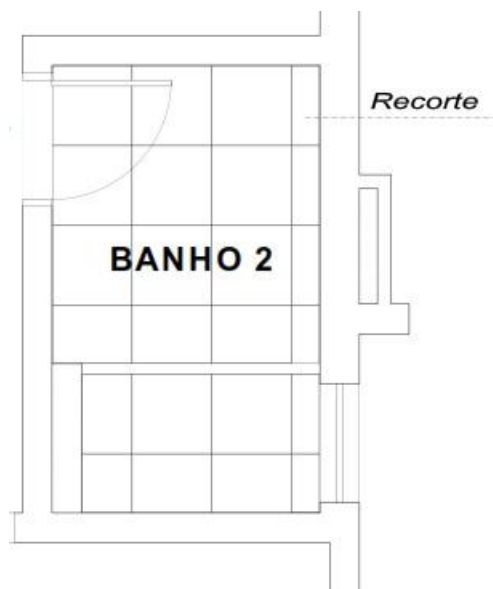


Figura 33 - Planta Paginação – Banho 2 (CONSTRUTORA A, 2012)

Analizando os problemas encontrados na obra, a solução encontrada é a compatibilização entre espaço, revestimento e rejunte aumentando ou diminuindo a sua espessura, ou até mesmo alterando o modelo do revestimento.

Outra solução seria no momento em que estiver projetando estar fazendo uma compatibilização com a modulação. Desta forma seria possível haver uma convergência entre espaço e o revestimento, conseguindo evitar os recortes na hora da execução.

5 PONTOS COMUNS AOS SISTEMAS

Ao longo de toda a pesquisa realizada sobre o assunto coordenação modular, verificou-se que o primeiro passo para possuir um projeto eficaz e modulado que garante vantagens como redução no desperdício de materiais, maior produtividade e melhor qualidade é o processo de escolher um módulo e utilizá-lo em todos os elementos construtivos. Deve-se pensar desde o início do projeto em como modular e integrar todos os sistemas (alvenaria, esquadrias, revestimentos, etc.), facilitando no momento da compatibilização de todos os projetos e conseqüentemente reduzindo erros no período da execução.

No empreendimento analisado os três elementos discutidos não foram pensados e projetados em conjunto. Percebe-se que primeiramente foi elaborada uma planta de um pavimento tipo atendendo as necessidades do escopo determinado pelo empreendedor, onde foram definidas as metragens e as quantidades de ambientes. Posteriormente a essas decisões foi escolhido o método construtivo que seria utilizado na vedação, o tipo e dimensões dos revestimentos e esquadrias.

Mesmo depois de decidido os itens acima, não houve uma preocupação em ajustar e solucionar o projeto a uma modulação que atenda a compatibilização entre esquadria, alvenaria estrutural e o revestimento interno.

Especificamente na alvenaria estrutural foi constatado um grande número de blocos utilizados no sistema através do estudo da planta do projeto arquitetônico, causando maior esforço da mão de obra na execução, reduzindo o índice de produtividade. Já nas esquadrias verificou-se que todas as aberturas são de modelos pré-fabricados seguindo as dimensões e padrões estipulados pelo mercado, assim não foi utilizada uma modulação específica para o projeto, obrigando que a alvenaria estrutural se adapte à medida pré fixada pela esquadria padrão.

Essa ação tomada pela construtora A visou a redução de custos, porém sua eficácia foi parcial, uma vez que os processos poderiam ter sido pensados em conjunto e compatibilizados, trazendo uma redução de custos e desperdícios de material e mão de obra ainda maior do que a obtida.

Para os revestimentos internos analisou-se que devido ao grande número de recortes encontrados na planta de paginação de piso conclui-se que será realizado um maior trabalho pela mão de obra, fazendo com que o processo demore mais tempo na sua execução e fique mais suscetível a retrabalhos. Estes recortes também resultam em um pior aproveitamento do material, gerando maior número de resíduos na obra, conseqüentemente revertidos em custos para a construtora.

Através da análise de cada uma dessas variáveis fica claro que se a construtora A tivesse feito um projeto pensando nas modulações de todos os seus elementos desde a concepção, ela teria uma maior facilidade na compatibilização dos projetos, resultando em maior agilidade na construção da obra, evitando erros e perda de material, alcançando o aumento da produtividade e maior rentabilidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A coordenação modular, na construção civil, consiste num sistema capaz de ordenar e racionalizar as obras desde o projeto até o produto final. Para isso utiliza-se um módulo pré-determinado que será empregado nos elementos constituintes do objeto a ser confeccionado. Em equipamentos complexos, ou de execução em grande escala, como na produção industrial, a padronização de medidas, ou modulação, torna-se obrigatória. A sua utilização é mais freqüente em obras de grande porte e que requerem um método construtivo rápido e racionalizado.

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 o setor da construção civil.

Mais do que um instrumento que facilita a coordenação entre o projeto e a sua execução, a modulação elimina adaptações locais, minimiza perdas de materiais, aumenta a produtividade e, em consequência disto, traz ganhos financeiros tangíveis.

Assim percebe-se que o setor da construção civil deve aproveitar o momento atual de crescimento, conscientizando a cadeia produtiva de que as obras também devem possuir suas metas ligadas à industrialização da construção através da coordenação modular.

Fatos esses citados foram analisados criteriosamente nas atividades da construtora A, onde não houve uma compatibilização entre os projetos alvenaria estrutural, esquadrias e revestimento interno, causando as conseqüências opostas às estudadas na coordenação modular, que brevemente se pode apontar o desperdício, ineficiência produtiva e qualitativa, fazendo com que a importância do estudo da coordenação modular se torna mais evidente.

REFERÊNCIAS

AMORIM, S.R.L. **Construção Modular: uma abordagem prática com sistema de kits**. São Paulo, 2006.

AMORIN, L.M.E.; DUFAUX, F. **Lições das margens do Rio São Lourenço: aprendendo com a experiência de requalificação urbana de Montreal**. Canadá, 2005. Disponível em:
<<http://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/12.134/3975>> Acesso em:
14/11/2012

ANGIOLETTI, R.; GOBIN, C.; WECKSTEIN, M. **Sustainable development building design and construction – twenty-four criteria facing the facts**. In: Managing for sustainability – endurance through change – symposium D: Construction and the environment. **Anais...** Gävle: CIB World Building Congress, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Parâmetros de Projeto de Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto**. São Paulo, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10821**: Esquadrias Externas para Edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15873**. Coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7200**: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento, Brasília: ABNT, 1998.

ÁVILA, A.V.; LIBRELOTTO, L.I.; LOPES O.C. **Orçamento de obras**. Florianópolis: Universidade do Sul de Santa Catarina, 2003.

AZUMA, F. **Uma contribuição através de um sistema Cad baseado a web para aplicação da coordenação modular nas habitações de interesse social.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2008.

BALDAUF, A.S.F. **Contribuição à Implementação da Coordenação Modular da Construção no Brasil.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

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.

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.

CAPORIONI; GARLATTI; TENCA-MONTINI. **La coordinación modular.** Barcelona: GG, 1971.

CARVALHO, A.P.A.; TAVARES, I. **Modulação no projeto arquitetônico de estabelecimentos assistenciais de saúde: o caso dos Hospitais SARAÍ.** Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/modulacao_hospitais> Acesso em: 10/06/2012.

CARVALHO, M.S.; SAURIN, T.A. **Tópicos sobre Flexibilidade como Estratégia Competitiva na Indústria da Construção Civil – Subsetor Edificações.** Porto Alegre: NORIE/UFRGS, 2005.

CAVAGLIÁ, G. **Os Ritmos da Tecnologia. Techne.** São Paulo: Pini, 1994.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia>> Acesso em: 14/11/2012.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Noticiário da Coordenação Modular**. São Paulo: BNH/CBC, 1972.

CERÂMICA PORTINARI. Perguntas mais freqüente. Disponível em: <http://www.ceramicaportinari.com.br/index/> Acesso em: 09/10/2012.

CHEMILLIER, P. **Industrialización de la construcción**. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1980.

CHING, F. **Arquitectura: forma, espacio y ordem**. México: Ed. Gustavo Gilli, 1991.

COLEÇÃO HABITARE. Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil. Disponível em: <<http://habitare.infohab.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/calecao10/CAP10>> Acesso em: 23/07/2012.

CONSTRUFÁCILRJ. Paredes de alvenaria, estrutural e de vedação. Disponível em: <<http://construfacilrj.com/paredes-de-alvenaria/>> Acesso em: 12/10/2012.

CONSTRUÇÃO DE CASA. Tijolos e blocos mais indicados para construção de casas. Disponível em: <<http://www.construcaodecasa.net/tijolos-e-blocos-mais-indicados-para-construcao-de-casas.html>> Acesso em: 25/09/2012.

CORBUSIER, L. **El Modulor - Ensayo sobre una medida armonica a La escala humana aplicable universalmente a laarquitectura y a lamecanica**. Barcelona: Editorial Poseidon, 1976.

CUPERUS, Y. **An Introduction to Open Building**. In: 9th ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 2001, Singapore.

DESIR, J. **Educação inovadora na engenharia civil: caso da alvenaria estrutural**. Disponível em: <<http://thor.sead.ufrgs.br/objetos/alvenaria-estrutural/index.php>> Acesso em: 13/11/2012.

FARAH, M.F.S. **Tecnologia, processo de trabalho e construção habitacional**. São Paulo: editora, 1992

FERNANDES, A.G. **Esquadrias Residencias em Madeira: Contextualização de Variáveis para Otimização de Projetos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

FISCHER, S. **Diretrizes de projeto arquitetônico e design de interiores para permitir a expansão de habitações de interesse social**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

FRANCO, L. S. **Aplicação de diretriz de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada**. 2005.144 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

FRANCO, L. S. **Parâmetros utilizados nos projetos de alvenaria estrutural**. São Paulo: EPUSP, 1993 (Boletim Técnico).

FREITAS JR, José. **Alvenaria estrutural**: curso Construção Civil II, 2012. Notas de Aula.

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

GESTÃO DE PROJETOS. Método da corrente crítica e COM. Disponível em: <<http://gestaodeprojetos.com.br/2012/02/>> Acesso em: 10/12/2012.

GOLDMAN, P. **Sistema de planejamento e controle de custos na construção civil**. 1999. 150p. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 1999.

GONZÁLEZ, M. A. S. **Introdução às especificações e custos de obras civil**. Notas de Aula. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 1998.

GREVEN, H; BALDAUF, A. **Introdução à coordenação modular da construção no Brasil: uma abordagem atualizada**. Porto Alegre: ANTAC, 2007.

GRISOTTI, M. A industrialização da construção em relação à primeira e à segunda revolução industrial. **A industrialização da construção**, FAUUSP, 1971.

HÄKKINEN, T.; PULAKKA, S. Use of LC Guides in Open Building Manufacturing. In: KAZI, A. S.; HUNNUS, M.; BOUDJABEUR, S.; MALONE, A. **Open Building Manufacturing – Core Concepts and Industrial Requirements**. Finlândia: VTT – Technical Research Centre Of Finland, 2007.

LIMA, J. L. P. **Custos na construção civil**. 2000. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2000.

LUCINI, H.C. **Manual Técnico de Modulação de Vãos de Esquadrias**. São Paulo: Pini, 2001.

LUCINI, H.C. **Desenvolvimento de Novos Sistemas Construtivos**: estudo de caso. 1984. Dissertação. (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1984.

MARTINS, João. **Alvenarias: Condições Técnicas de Execução**: série materiais. Universidade Fernando Pessoa, 2009. Notas de Aula.

MELHADO, S.B. **Qualidade do Projeto na Construção de Edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

MELLO, C.W. **Avaliação do Sistema Construtivo para Habitação de Interesse Social**. Dissertação. (Mestrado em Engenharia) – Escola de Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

MINICHIELLO, M. **Qualidade no orçamento do custo direto de produção na construção civil**. 2007. 71f. Monografia (Engenharia Civil) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MINISTERIO DA SAUDE (BRASIL). **Biblioteca Virtual em Saude**. Disponível em: <http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/modulacao_hospitais> Acesso em: 06/10/2012.

NISSEN, H. **Construcción Industrializada y Diseño Modular**. Madrid: H. Blume, 1976.

NOCERA, R. J. **Planejamento e Controle de Obras**: na prática: com o Microsoft Project 98. São Paulo: Técnica de Engenharia, 2000.

OLIVEIRA, M. **Um método para obtenção de indicadores visando a tomada de decisão na etapa de concepção do processo construtivo**: a percepção dos principais intervenientes. 1999. 376 f. Tese (Doutorado em Administração) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

PASTORE, José. Empregos na Infra-Estrutura. O Estado de São Paulo. 14 abr. 1998. Disponível em: <<http://www.josepastore.com.br/artigos/emprego/058.htm>> Acesso em: 15/10/2012.

PEREIRA, C. A. **Diretrizes para implantação de sistemas construtivos abertos na habitação de interesse social através da modulação**. 123 p. 2005. Dissertação (Especialização em construção civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

PICCHI, F. A. Oportunidades da aplicação do LeanThinking na construção. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n.1, p. 7-23, 2003.

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

PRONTOMIX. **10 mandamentos para uma alvenaria de blocos de concreto**. Rio Grande do Sul, 2012. Disponível em: <<http://prontomix.blogspot.com.br/2012/11/10-mandamentos-para-uma-alvenaria-de.html>> Acesso em: 12/12/2012.

PRUDÊNCIO JR, L.R.; OLIVEIRA, A.L.; BEDIN, C.A. **Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto**. Florianópolis, 2002.

RAMALHO, M.A.; CÔRREA, M.R.S. **Projetos de Edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo, Pini. 2003.

REBELO, C.R. **Projeto e Execução de Revestimento Cerâmico – Interno**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2010.

RICHA, Lima Junior. **Qualidade na construção Civil**: conceitos e referências. São Paulo: EPUSP, 1993.

ROSSO, T. **Racionalização da Construção**. São Paulo: FAU/USP, 1980.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos : formulação e aplicação de uma metodologia**. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1989.

SANTIAGO, A. J. **Concepção de aberturas em madeira na construção do espaço**. Florianópolis, SC: UFSC, 1996. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.

SANTOS, A.P.L; MENDES, R. **Planejando um conjunto de 77 residências utilizando a linha de balanceamento e last planner**. In: **II Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do trabalho no Ambiente Construído II SIBRAGEQ**. Fortaleza, 04 – 06 set. 2001. ANTAC Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais em CD-ROM**, Fortaleza, UFC, 2001.
SECRETARIA MUNICIPAL DE URBANISMO DE CURITIBA. **Decreto 212/2007**. Aprova o Regulamento de Edificações do Município de Curitiba e dá outras Providências. Curitiba, 2007.

SHAPIRA, A.; LAUFER, A. Evolution of involvement and effort in construction planning throughout project life. **International Journal of Project Management**, New York, ASCE, aug, 1993.

SILVA, E. **Uma introdução ao projeto arquitetônico**. Porto Alegre: UFRGS, 1998.

SINDUSCON SP. Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. Publicada norma de Coordenação Modular. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/msg2.asp?id=3870&categ=4&subcateg=18>> Acesso em: 02/10/2012.

SIQUEIRA, R. **Coordenação modular da alvenaria estrutural: Concepção e Representação**. Belo Horizonte:Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

TUPAN, D. **Estudo da Forma Geométrica encontrada em Padrões Arquitetônicos Modulares**. São Paulo:Universidade Estadual de Campinas, 2005.

WEBER. Porcelanato Interno **Quartzolit - Aplicação**. Disponível em: <http://www.weber.com.br/assentar-revestimentos/.html>> Acesso em: 12/10/2012.

YIN, R. K. **Estudo de caso: Planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2005.