

**FAMIG – FACULDADE MINAS GERAIS
MATHEUS HENRIQUE FERREIRA DA SILVA**

**COORDENAÇÃO MODULAR EM ACABAMENTO CERÂMICO DE
MEDIDA COMERCIAL**

**Belo Horizonte
2023**

MATHEUS HENRIQUE FERREIRA DA SILVA

**COORDENAÇÃO MODULAR EM ACABAMENTO CERÂMICO DE
MEDIDA COMERCIAL**

Projeto de Pesquisa apresentado ao Prof.^o
Carlos Henrique Passos Mairink

Belo Horizonte

2023

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. JUSTIFICATIVA	8
2.1 Problema de pesquisa	11
2.2 Hipóteses ou pressupostos	11
3.OBJETIVOS	13
3.1 Objetivo Geral	13
3.2 Objetivos específicos	13
4. METODOLOGIA	14
5. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	15
6. REFERENCIAL TEORICO	16
6.1 Conceito	16
6.2 Definições	21
6.2.1 Medida real	21
6.2.2 Medida modular	22
6.2.3 Sistema de referência modular	22
6.2.4 Coordenação dimensional	22
6.2.5 Coordenação modular	22
6.2.6 Medida nominal	22
6.2.7 Modulo básico	22
6.2.8 Multimódulo	23
6.2.9 Espaço amodular	23
6.2.10 Definições das medidas de fabricação de um componente modular	23
6.2.11 Exemplos ilustrados	24
6.3 Processo projetual da coordenação modular	27
6.3.1 Instrumentos da Coordenação Modular	27
6.3.1.1 Sistema de referência	27
6.3.1.2 Reticulado modular espacial de referência	28
6.3.1.3 Quadriculado modular de referência ou malha modular	30
6.3.2 Sistema modular de medidas	31
6.3.2.1 Multimódulos	32
6.3.2.2 Submódulos	33

6.3.2.3 Medida modular	33
6.3.2.4 Medida de projeto do componente	34
6.3.2.5 Junta modular	34
6.3.3 Ajuste modular.....	34
6.3.3.1 Ajuste modular positivo.....	36
6.3.3.2 Ajuste modular negativo	36
6.3.3.3 Ajuste modular nulo.....	37
6.3.4 Sistema de números preferenciais	38
6.3.5 Projeto modular	39
6.3.5.1 Posição dos componentes em relação ao quadriculado modular de referência	39
6.3.5.1.1 Posição simétrica	40
6.3.5.1.2 Posição assimétrica.....	41
6.3.5.1.3 Posição lateral	41
6.3.5.2 Componentes modulares	42
6.3.5.3 Conjunto de peças e/ou produtos não modulares	44
6.3.5.4 Zona neutra	44
7. O OBJETO DA INDUSTRIA	46
7.1 Padrões dimensionais	48
7.2 Normalização	51
7.3 Dimensionamento praticado.....	55
8. ANALISE DOS REVESTIMENTOS CERAMICOS	56
9. CONCLUSÃO	67
REFERÊNCIAS.....	69

LISTA DE FIGURAS E QUADROS

Figura 1. Componente modular A com respectivo espaço de coordenação.	25
Figura 2. Componente modular B com respectivo espaço de coordenação.	25
Figura 3. Componente amodular com respectivo espaço de coordenação.	25
Figura 4. Conjunto modular constituído por componentes individuais não modulares	26
Figura 5. Componentes posicionados no sistema de referência modular	26
Figura 6. Reticulado modular espacial de referência	29
Figura 7. Reticulado modular espacial de referência	29
Figura 8. Quadriculados usados em diferentes partes do projeto	32
Figura 9. Medida modular, medida nominal, junta modular e ajuste modular	35
Figura 10. Ajuste modular positivo	36
Figura 11. Ajuste modular negativo	37
Figura 12. Ajuste modular nulo	38
Figura 13. Componentes em posição simétrica em relação à linha do quadriculado modular de referência	40
Figura 14. Componentes em posição assimétrica em relação à linha do quadriculado modular de referência	41
Figura 15. Componentes em posição lateral em relação à linha do quadriculado modular de referência	42
Figura 16. Planta baixa modular a partir de blocos	43
Figura 17. Elevação de parede executada em alvenaria modular de blocos	43
Figura 18. Conjunto modular composto de peças e/ou produtos não modulares	44
Figura 19. Zona neutra na junta de dilatação	45
Figura 20. Zona neutra com blocos girados	46
Figura 21. Manual de especificações técnicas	59
Figura 22. Manual de especificações técnicas	60

Figura 23. Ficha técnica empresa Delta.....	61
Figura 24. Certificado de produto empresa Eliane	62
Figura 25. Catalogo geral Eliane 2023	63
Figura 26. Ficha técnica Incefra.....	64
Figura 27. Porcelanato Incepa	65
Figura 28. Especificações e características técnicas Portinari.....	66
Figura 29. Porcelanato Portinari	66
Quadro 1. Dimensões de catálogo para componentes cerâmicos	56
Quadro 2. Práticas dimensionais e informacionais de quatro empresas pesquisadas.....	57

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil vai muito além de um canteiro de obras com profissionais e materiais a serem processados buscando a realização de uma edificação.

Existe uma cadeia produtiva muito grande para produzir cada material e ferramenta necessária para cumprir os objetivos de uma construção.

Assim a construção civil é um organismo dependente que une os esforços de vários setores de produção para a realização de um objetivo final.

Além de unir uma cadeia de matérias a construção civil também é responsável por unir uma infinidade de técnicas de execução e projeto.

A Coordenação Modular orienta a indústria a projetar e produzir componentes cujas medidas se inter-relacionarão com outros componentes; é uma técnica que atua em toda cadeia produtiva do setor da construção civil buscando definir aos critérios de seleção, intercambialidade e correlação.

A utilização da coordenação modular simplifica as operações, aumenta o grau de comunicação entre empresas e clientes, reduz os custos de produção, reduz o consumo de matéria-prima e facilita a manutenção das edificações.

Em específico quando analisamos a fabricação de materiais cerâmicos de acabamento com base nas normas técnicas e ao conceito de coordenação modulação, podemos perceber que fica a cargo dos fabricantes a aplicação desse método, sendo assim este trabalho busca entender, se os profissionais e indústrias envolvidas no processo tem conhecimento e se apropria dessa técnica.

2 JUSTIFICATIVA

Nas últimas décadas a coordenação modular foi estudada, analisada e implantada em boa parte do mundo como uma solução sustentável, prática e eficiente de projeto e construção.

O Brasil acompanhou a tendência mundial no desenvolvimento do método, através de pesquisas, material para treinamento e divulgação. O trabalho foi programado para ser realizado em três etapas: estudos preliminares, estudos teóricos e aplicação prática. Infelizmente a parte de aplicação prática teve pouco avanço no país travando o desenvolvimento da construção civil e não sendo possível a total implementação do método no sistema produtivo.

O Brasil foi um dos primeiros países, em âmbito mundial, a aprovar uma norma de Coordenação Modular, a NB-25R, em 1950. Além disso, teve os anos 70 e início dos 80 tomados pelos conceitos e estudos a respeito, promovidos, principalmente, pelo Banco Nacional da Habitação (BNH), por Universidades e pelo Centro Brasileiro da Construção Bouwcentrum (CBC). No entanto, mesmo com tantos esforços para a promoção da Coordenação Modular, verifica-se hoje que ela não está sendo utilizada, tanto pela interrupção abrupta de bibliografia a partir do início da década de 80 e pela lacuna de estudos que, a partir de então, se formou, quanto pelo caos dimensional de grande parte dos componentes construtivos. (Banco Nacional de Habitação e Instituto de Desenvolvimento Econômico e Gerencial, apud GREVEN e BALDAUF, 2007, p. 47).

Segundo o Relatório da ABDI-FEC (2009), a implementação da Coordenação Modular depende de pelo menos três fatores sendo ele a normatização técnica, a prática de projetistas e construtores, e a existência de componentes normatizados no mercado da construção civil.

A Coordenação Modular orienta a indústria a projetar e produzir componentes cujas medidas se inter-relacionarão com outros componentes, priorizando aqueles cujas medidas correspondem aos múltimódulos, bem como a limitar a variedade de medidas de

componentes, igualmente submetidos à padronização dimensional, contribuindo assim para o desenvolvimento da Indústria aberta, pois definir um módulo básico ao estabelecer princípios, demonstra medidas preferíveis.

Mascaró (1976) define a Coordenação Modular como “um mecanismo de simplificação e inter-relação de grandezas e de objetos diferentes de procedência distinta, que devem ser unidos entre si na etapa de construção (ou montagem), com mínimas modificações ou ajustes”.

Na década de 80 as normas internacionais definiram a medida de 100 mm como módulo básico tendo em vista a importância da coordenação modular para o desenvolvimento da construção civil em âmbito mundial.

Quando analisamos a fabricação de materiais cerâmicos de acabamento com base nas normas técnicas e o conceito de coordenação modular proposto, podemos perceber que fica a cargo dos fabricantes a aplicação dos métodos, o que muitas vezes impossibilita a utilização desses acabamentos em projetos conduzidos por coordenação modular.

A NBR 123 15463:2013 – Placas cerâmicas para revestimento – porcelanato (ABNT, 2013a), norma mais recente pertinente ao segmento, ainda não apresenta conceitos associados à coordenação modular, tampouco nela são aplicados os termos dimensão de coordenação, ou ajuste modular. Na norma citada, não está claro se o termo “dimensão nominal” se refere efetivamente à dimensão nominal ou à dimensão de coordenação e não é possível saber se a expressão “dimensão de fabricação” equivale à dimensão real do produto ou à dimensão nominal esperada. Ademais, as características dimensionais são especificadas por faixas de variação; assim, não é feita qualquer tentativa de controle da variedade dimensional por meio de padrões preestabelecidos. (CRESPO, 2017,p. 123)

Em 2010 a NBR 15873 veio substituir uma série de normas precedentes, simplificando e refinando os conceitos de coordenação modular no país, deixando bem claro entre outras questões o valor do

modulo a ser adotado em projeto, execução e fabricação para a utilização do método de coordenação modular.

No Brasil, a nova norma define Coordenação Modular como “Coordenação Dimensional mediante o emprego do módulo básico = 100 mm e seus múltiplos” NBR 15873:2010, deixando claro o valor a ser adotado como modulo.

Sendo assim se faz necessário uma investigação atual para demonstrar se a indústria aberta de acabamento cerâmico segue a tendência mundial e contribui para a implantação da coordenação modular, criando produtos padronizados que atendem os requisitos necessários para uma utilização em larga escala em projetos que utilizam o método. Demonstrando de forma clara se os produtos ofertados pela indústria aberta podem ser utilizados sem preocupações em projetos modulares ou demonstrar quais dimensões comerciais são indicados para utilizar o método sinalizando sua vantagem comercial.

Para o Relatório da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – Fundação Euclides Cunha (ABDI-FEC) (2009), a adoção dos princípios da Coordenação Modular é imprescindível para o “desenvolvimento da interoperabilidade técnica e para a difusão da construção industrializada aberta no País” (ABDI-FEC, 2009, p.10).

Em contrapartida se os acabamentos cerâmicos forem totalmente incompatíveis evidenciara sua rejeição em projetos modulares por não se apropriar das vantagens do sistema de coordenação modular, sinalizando com mais clareza que revisões nas normas, treinamentos e novas publicações serão necessárias, além de um plano de difusão para o setor produtivo, devido a importância da aplicação do método para sobrevivência, crescimento e desenvolvimento de toda cadeia produtiva da construção civil no Brasil.

2.1 Problema de pesquisa

Problema central: A indústria aberta de acabamentos cerâmicos produz produtos com uma padronização que os torna possíveis de se utilizar em projetos de coordenação modular?

1. O que é coordenação modular?
2. Quais as vantagens da coordenação modular?
3. Como definir um módulo na coordenação modular?
4. É possível criar um módulo com os acabamentos cerâmicos de tamanho comercial?
5. É possível encontrar acabamento cerâmico seguindo coordenação modular na indústria aberta?

2.2 Hipóteses ou pressupostos

Segundo a ABNT (NBR15873:2010) a coordenação modular é definido como a coordenação dimensional mediante o emprego do modulo básico ou de um múltiplo.

Lucini (2001) entende por Coordenação Modular.

“o sistema dimensional de referência que, a partir de medidas com base em um módulo predeterminado (10 cm), compatibiliza e organiza tanto a aplicação racional de técnicas construtivas como o uso de componentes em projeto e obra, sem sofrer modificações”.

Ainda segundo a norma (NBR15873:2010) a utilização da coordenação modular simplifica as operações da construção e em especial, estimula

a fabricação de componentes construtivos por agentes independentes entre si. Lucini (2001) ainda aponta como vantagem o controle eficiente de custos e de produção.

Para os fabricantes de componentes, projetistas e executores, ainda traz agilização operacional e organizacional, em função da repetição de técnicas e processos e do domínio tecnológico (OLIVEIRA, 1999).

Baldwin e Clark (1997) afirmam que a modularização aumenta o grau de comunicação entre empresas e clientes, permitindo que se crie um produto que realmente atenda às necessidades destes.

Segundo Oyebode (2004) a modularização cria a possibilidade de produzir com custo mais baixo, permitindo um conjunto de combinações, gerando novos produtos.

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

A análise pura das medidas do objeto não nos permite dizer se ele segue a coordenação modular ou não, sendo assim a norma estabelece alguns critérios para a coordenação modular dos componentes.

A medida de coordenação (Mc) ou medida modular é a medida igual a um módulo ou a um múltiplo inteiro de módulo. A medida modular inclui o elemento ou componente propriamente dito e as folgas perimetrais necessárias em razão de suas deformações, suas tolerâncias, seu processo de instalação e seus materiais de união com componentes e elementos vizinhos (NBR 15873:2010, p. 3).

Ao terminar a análise com base nas dimensões comerciais e o material desenvolvido ao longo dos anos sobre coordenação modular será possível verificar se as empresas ao desenvolver acabamentos

cerâmicos pensaram na coordenação modular no desenvolvimento do produto.

Se a análise comprovar que as dimensões dos acabamentos cerâmicos comerciais seguem totalmente a coordenação modular, ele poderá ser utilizado sem preocupações em projetos modulares sabendo que são totalmente compatíveis. Se comprovar que apenas algumas dimensões seguem a coordenação modular mostrará quais dimensões são indicados para o sistema e sua vantagem comercial. Em contrapartida se os acabamentos cerâmicos forem totalmente incompatíveis evidenciara sua rejeição em projetos modulares por não se apropriar das vantagens do sistema de coordenação modular.

3 OBJETIVOS

Este trabalho servira de base para a aplicação de acabamento cerâmicos em projetos que utilizam o método de coordenação modular no seu desenvolvimento sendo possível a correta escolha do modulo ou material de acabamento para o desenvolvimento do projeto.

3.1 Objetivo Geral

Este trabalho busca analisar se os materiais de acabamento cerâmico comercial seguem o método de coordenação modular acompanhando o desenvolvimento da construção civil em âmbito nacional e mundial.

3.2 Objetivos específicos

Ao final deste trabalho será possível compreender o que é coordenação modular conhecer as vantagens e desvantagens desse método, descrever sua aplicação, analisar se as dimensões dos acabamentos cerâmico comerciais podem ser utilizadas totalmente, parcialmente ou não poderá ser utilizado em projetos que segue a coordenação modular; e demonstrar se a indústria aberta de acabamentos cerâmicos produz produtos com uma padronização que os torna possíveis de se utilizar em projetos de coordenação modular.

4 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos traçados, o método de estudo dar-se-á quanto a abordagem de forma qualitativa, apoiada na interpretação dos fenômenos e na atribuição de significados, não aplicando métodos estatísticos (MENEZES; SILVA, 2005, p. 20).

Quanto a natureza a pesquisa é aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicações práticas com objetivo de solucionar problemas específicos.

A pesquisa é exploratória quanto ao objetivo e busca proporcionar maior familiaridade com um problema e para tanto, envolve levantamentos bibliográficos, além da análise.

Quanto aos procedimentos dar-se-á o levantamento e revisão de referencial teórico elaborado a partir de material já publicado, como livros, artigos, periódicos, internet, etc.

Também pode se considerar que os dados são investigados pelo método dialético, uma vez que se entende que os fatos não podem ser interpretados fora de contexto socioeconômico, político, técnico e do recorte histórico (MENEZES; SILVA, 2005, p. 27).

Como técnica de pesquisa foi realizado o levantamento e revisão de referencial teórico e observação sistemática dos catálogos e manuais retirados de sites de fabricantes de acabamentos cerâmicos, buscando realizar uma análise técnica da viabilidade e emprego do componente em projeto coordenado modularmente.

5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A dissertação foi estruturada em cinco capítulos, para o cumprimento dos objetivos propostos.

No primeiro, apresenta-se os sistemas construtivos o que é Coordenação Modular, e sua relevância. A seguir, é apresentado a problematização que instigou à pesquisa. Seguido desta breve descrição de como está organizada a dissertação, os objetivos gerais e específicos pretendidos assim como a metodologia de pesquisa igualmente descritos neste capítulo.

É dedicado no segundo capítulo à revisão bibliográfica. Uma primeira parte ao conceito de Coordenação Modular apresentando suas vantagens. Em seguida são expostos e a íntima ligação entre a Coordenação Modular e o avanço da Indústria Aberta.

O terceiro capítulo explana sobre a teoria extraídos da Norma 15873:2010 Coordenação modular para edificações: medida de coordenação, os princípios da Coordenação modular e seu o módulo básico, posição do elemento/ componente num sistema de referência, multimódulos e incrementos submodulares, medida de fabricação; além de abordar o uso durante o processo projetual da Coordenação Modular, abordando as seguintes etapas: soluções de compatibilidade planimétrica e altimétrica, projeto básico e projeto executivo, estudo preliminar, estudo de viabilidade, anteprojeto.

O estudo de viabilidade é apresentado no quarto capítulo, com a finalidade de saber se é possível a execução de um projeto coordenado modularmente utilizando os acabamentos cerâmicos da Indústria Aberta encontrados nas lojas de construção, segundo os princípios da norma de Coordenação Modular. Para cada componente o capítulo mostra, o levantamento das marcas suas dimensões e a avaliação quanto à adequação à norma.

No quinto e último capítulo, retomam-se as contribuições oferecidas para o tema desenvolvido, as conclusões gerais desta dissertação, e sugestões para trabalhos futuros.

6.REFERENCIAL TEORICO

A presente seção apresenta os aspectos conceituais da coordenação modular visando esclarecer sua definição, diferenciação e aplicação em projetos.

6.1 Conceito

O conceito de coordenação modular foi desenvolvido por várias décadas por diversos países, que buscando desenvolver um método de construção e projeto encontraram na coordenação modular uma forma de viabilizar e compatibilizar o processo construtivo com a indústria aberta.

Coordenação Modular é a coordenação dimensional mediante o emprego de um módulo básico ou de um multimódulo. O módulo básico é a menor unidade de medida linear da coordenação modular, representado pela letra M, cujo valor normalizado é $M = 100 \text{ mm}$ (ABNT NBR 15.873:2010, p.1).

Segundo a AEP (1962), o módulo desempenha três funções essenciais:

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

Lucini (2001) entende por Coordenação Modular “o sistema dimensional de referência que, a partir de medidas com base em um módulo

predeterminado (10 cm), compatibiliza e organiza tanto a aplicação racional de técnicas construtivas como o uso de componentes em projeto e obra, sem sofrer modificações”.

Para Mascaró (1976), a Coordenação Modular é “um mecanismo de simplificação e inter-relação de grandezas e de objetos diferentes de procedência distinta, que devem ser unidos entre si na etapa de construção (ou montagem), com mínimas modificações ou ajustes”.

Em um projeto modular, o projetista deve desenvolver as plantas baixas, fachadas e cortes baseadas num quadriculado modular de referência, de forma que permita coordenar a posição e as dimensões dos componentes de construção (Banco Nacional de Habitação e Instituto de Desenvolvimento Econômico e Gerencial, apud GREVEN e BALDAUF, 2007, p. 47).

É importante conhecer as diferenças entre um projeto modular e um projeto convencional. Andrade (2000, p.122) lista as etapas e os aspectos diferentes em cada uma delas nos projetos modulares, que são:

- A primeira de um projeto convencional para um projeto modular reside em estabelecer quais componentes serão utilizados para montagem da edificação.
- A etapa de estudo preliminar, em um projeto coordenado modularmente, é bem semelhante a de um projeto comum. Nessa etapa é importante que o projetista tenha o máximo de liberdade para conceber o projeto de modo a atender aos anseios de seus clientes envolvendo considerações sobre os componentes utilizados.
- O anteprojeto é a etapa com maior diferença entre o projeto convencional o projeto coordenado modularmente. O primeiro passo de um anteprojeto modular é o de compatibilizar a solução estabelecida no

estudo preliminar com uma malha plana (quadrícula modular de referência) ou espacial (retícula espacial modular de referência). A partir da proposta, e com base nas dimensões dos componentes empregados, serão definidos os multimódulos a serem adotados para os diferentes projetos. Nos anteprojetos coordenados modularmente devem ser caracterizados os detalhes necessários para a execução.

- Os projetos executivos, coordenados modularmente, apresentam algumas diferenças do projeto convencional. A planta é designada planta modular e deve conter os principais componentes modulares na sua posição definitiva dentro da quadrícula de referência.

- A fase de gerenciamento de projeto compreende a organização, programação, definição de critérios, prioridades, métodos, definindo um cronograma de trabalho para elaboração dos projetos de maneira a se ter uma compatibilização no cronograma dos diferentes projetos. O ideal é que a elaboração dos projetos seja feita concomitantemente, possibilitando uma maior integração entre o projeto e a execução e auxiliando o gerenciamento do projeto.

Andrade (2000, p.15) afirma que o principal objetivo da coordenação modular é reunir as diferentes indústrias da construção civil em torno de uma unidade dimensional padrão, determinada pelo módulo, e que possam unir-se entre si e com os outros no processo de montagem do edifício.

O uso da coordenação modular visa coordenar as dimensões de todas as etapas que cabem à indústria da construção civil desde a fabricação de componentes, projetos, execução, até a manutenção, trazendo otimização, simplificação e racionalização aos processos (BARBOZA e LIMA, 2009 p. 12).

Para o Relatório da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – Fundação Euclides Cunha (ABDI-FEC) (2009), a adoção dos princípios da Coordenação Modular é imprescindível para o “desenvolvimento da

interoperabilidade técnica e para a difusão da construção industrializada aberta no País” (ABDI-FEC, 2009, p.10). A Coordenação Modular promove a construtividade, o que significa, de forma simplificada, facilitar a etapa de execução (OLIVEIRA, 1999).

A utilização da coordenação modular na construção civil só é possível se implantada primeiramente na indústria de materiais, pois na chamada Indústria aberta, não se trata de componentes encomendados sob medida, mas produzidos em série, indústrias diferentes produzem componentes compatíveis uns com os outros, ou seja, devido às suas dimensões serem múltiplas de um mesmo módulo são compatíveis entre si.

Para os fabricantes de componentes, projetistas e executores, ainda traz agilização operacional e organizacional, em função da repetição de técnicas e processos e do domínio tecnológico (OLIVEIRA, 1999), e ainda viabiliza as exportações, abrindo a possibilidade de os produtos circularem internacionalmente.

Segundo Lucini (2001), há 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.

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

Todos esses fatores colaboram para a qualificação da indústria da construção civil em todas as cadeias produtivas do setor, aumentando a produtividade, melhorando o desempenho, facilitando a manutenção,

e desenvolvendo obras mais sustentáveis, com um menor custo em um menor tempo.

Para entender melhor as definições de coordenação modular, primeiro é necessário diferenciar coordenação modular e coordenação dimensional que são abordados em norma.

A NBR15873 apresenta algumas definições:

– **Coordenação Dimensional** – inter-relação de medidas de elementos e componentes construtivos e das edificações que os incorporam, utilizada para seu projeto, sua fabricação e sua montagem.

– **Coordenação Modular** – coordenação dimensional mediante o emprego do módulo básico ou de um multimódulo.

O entendimento dos conceitos de modulação e padronização também são fundamentais para uma correta diferenciação.

A modulação pode ser uma medida arbitrária definida por um fabricante. Por modulação compreende-se o estabelecimento de medidas ou padrões de componentes que podem se repetir ou admitir variantes segundo regras básicas. Devem ser integrados a uma estrutura global, a uma malha modular ou outra convenção, que permita a coordenação de todas as informações do projeto (ABNT, 2010)

Já a padronização é a repetição de projetos e materiais com o objetivo de reduzir custos e agilizar soluções.

Segundo o dicionário Aurélio (<http://www.dicionariodoaurelio.com/>):

Padronização: “Ação ou efeito de padronizar; sistematização. / Processo de formação de padrões sociais; standardização. / Indústria Uniformização dos tipos de fabricação em série, pela adoção de um único modelo”

Segundo ROSSO (1966), a padronização é definida como “a aplicação de normas a um ciclo de produção ou a um setor industrial completo com objetivo de estabilizar o produto ou o processo de produção”.

Podemos ainda citar HOPP e SPEARMAN (1996) para os quais a definição do padrão refletia a busca pela melhor forma de executar cada tarefa, eliminando movimentos lentos ou desnecessários e preconizava a utilização de mão de obra pouco qualificada, a qual competia simplesmente o cumprimento daquilo que estava prescrito.

As definições acima são importantes, pois coordenação modular é uma técnica que se diferencia de modulação, padronização e coordenação dimensional, sendo definido em norma como “Coordenação Dimensional mediante o emprego do módulo básico = 100 mm e seus múltiplos” NBR 15873:2010.

6.2 Definições

Buscando esclarecer mais alguns termos importantes segue definições retiradas da NBR 15873 (2010).

Exceto quando feita indicação contrária, todas as informações baseiam-se na Associação Brasileira de Normas Técnicas (2010b), ainda que não seja repetida, a cada item, a referência ao texto. A organização e os grifos presentes na exposição das definições não seguem o texto original.

6.2.1 Medida real

É a medida verificada diretamente no objeto singular, após sua execução ou fabricação.

6.2.2 Medida modular

É a medida de coordenação aplicada aos sistemas de referência modulares, cujo valor deve corresponder a um módulo básico ou a um multimódulo.

6.2.3 Sistema de referência modular

É um reticulado tridimensional de planos ortogonais, no qual a distância entre quaisquer planos paralelos são iguais ao módulo básico ou a um multimódulo.

6.2.4 Coordenação dimensional

É a inter-relação de medidas de elementos e componentes construtivos e das edificações que os incorporam, usada para seu projeto, sua fabricação e sua montagem.

6.2.5 Coordenação modular

É a coordenação dimensional aplicada através do uso do módulo básico ou de um multimódulo.

6.2.6 Medida nominal

É a medida esperada de um objeto, definida antes de sua fabricação ou execução

6.2.7 Módulo básico

É a unidade de medida linear fundamental da coordenação modular, representado pela letra M, cujo valor normalizado é $M = 100 \text{ mm}$.

6.2.8 Multimódulo

O multimódulo é um múltiplo inteiro do módulo básico. Como multimódulos ($n \times M$, onde n é um número positivo inteiro qualquer) são recomendados: 3M, 6M, 12M, 15M, 30M e 60M, pelo IMG (ROSSO, 1976), e 12M, 15M, 30M e 60M, pela ISO (ROSSO, 1976). Para o caso do Brasil, Rosso (1976) sugere o multimódulo 2M para a coordenação altimétrica (elevações) e o 3M para a coordenação planimétrica (plantas baixas). A DIN 18000 recomenda os multimódulos 3M, 6M e 12M (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 1984).

6.2.9 Espaço amodular

É a área que apresenta medidas não modulares, adjacente a um ou mais sistemas de referência modulares.

6.2.10 Definição das medidas de fabricação de um componente modular

Para definir as medidas nominais de fabricação de um componente modular:

- Determinam-se as medidas modulares do componente;

- Determinam-se os ajustes de coordenação, considerando: tolerância de fabricação, marcação e instalação; deformações térmicas, estruturais e por umidade; operações de instalação; materiais de união com elementos ou componentes adjacentes;

- Subtrai-se de cada medida modular o ajuste de coordenação correspondente, obtendo a respectiva medida nominal.

São admitidos componentes não modulares, desde que complementados por outros componentes ou dispositivos, de modo a resultar num conjunto modular.

Em conjuntos modulares são admitidas internamente quaisquer medidas e composições geométricas, desde que sejam indicadas as menores medidas de modulares resultantes e os componentes para complementação do espaço modular correspondente.

Um componente modular pode ter dimensões não modulares (por exemplo a espessura), se estas dimensões não interferirem na coordenação com outros elementos ou componentes ou se, no projeto da edificação, tal componente se combinar a outros de modo que a soma das medidas resulte novamente em um múltiplo de M.

6.2.11 Exemplos ilustrados

Em seu Anexo A (ABNT, 2010b, p. 6-9), a NBR 15873:2010 ilustra os conceitos por ela definidos através de alguns exemplos gráficos. A seguir será apresentada uma síntese do conteúdo gráfico (Figura 1 a Figura 6) da norma analisada, através da qual se procura demonstrar a extensão da abordagem dada por ela para a aplicação dos conceitos que define.

Figura 1: Componente modular A com respectivo espaço de coordenação.

Fonte: ABNT (2010,p.6)

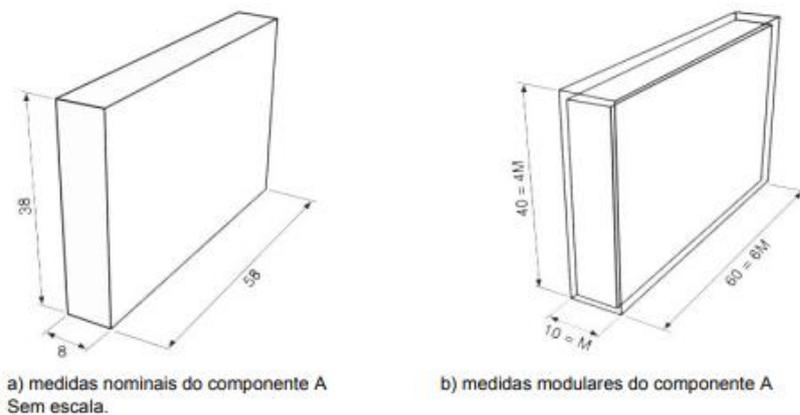


Figura 2: Componente modular B com respectivo espaço de coordenação.

Fonte: ABNT (2010,p.6)

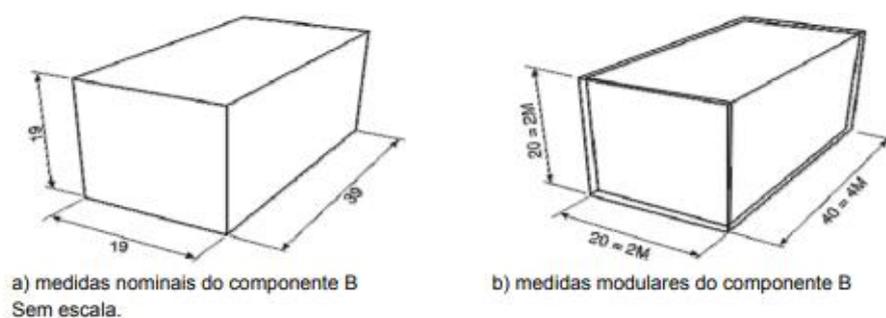


Figura 3: Componente amodular com respectivo espaço de coordenação.

Fonte: ABNT (2010,p.7)

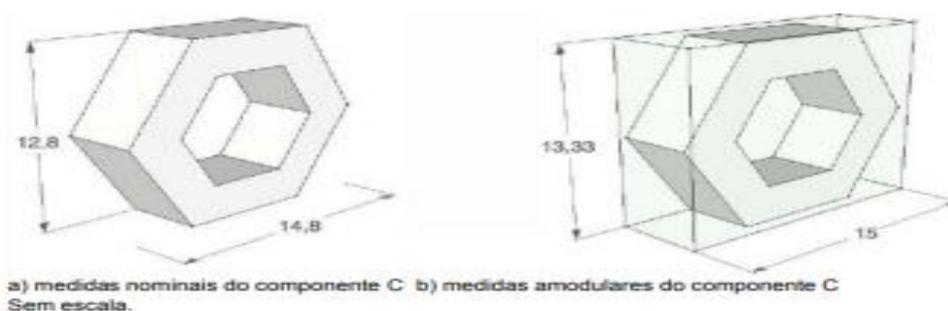


Figura 4: Conjunto modular constituído por componentes individuais não modulares.

Fonte: ABNT (2010,p.7)

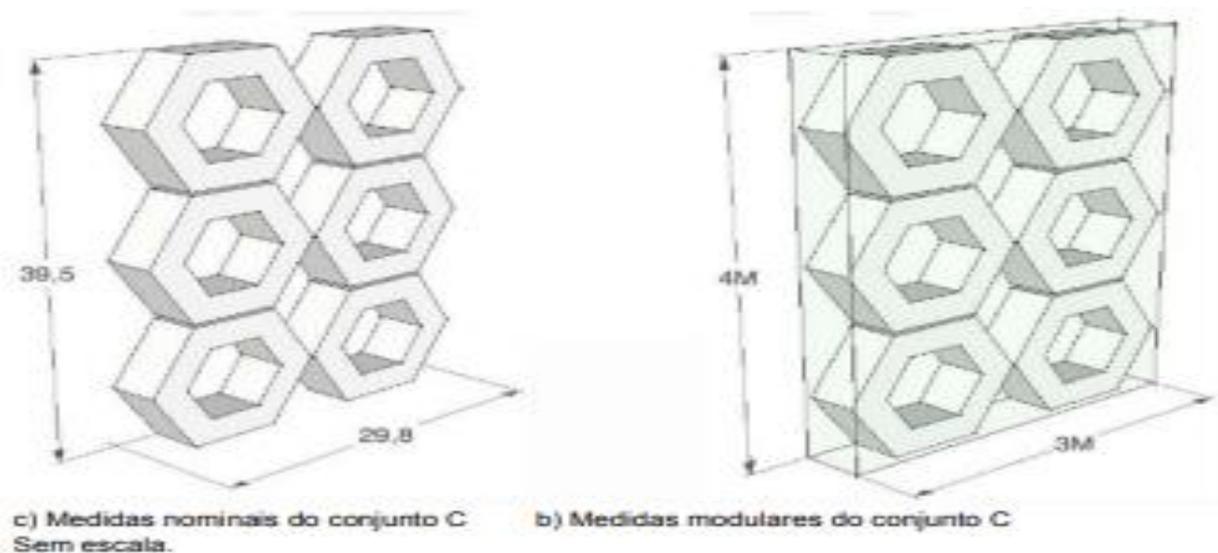
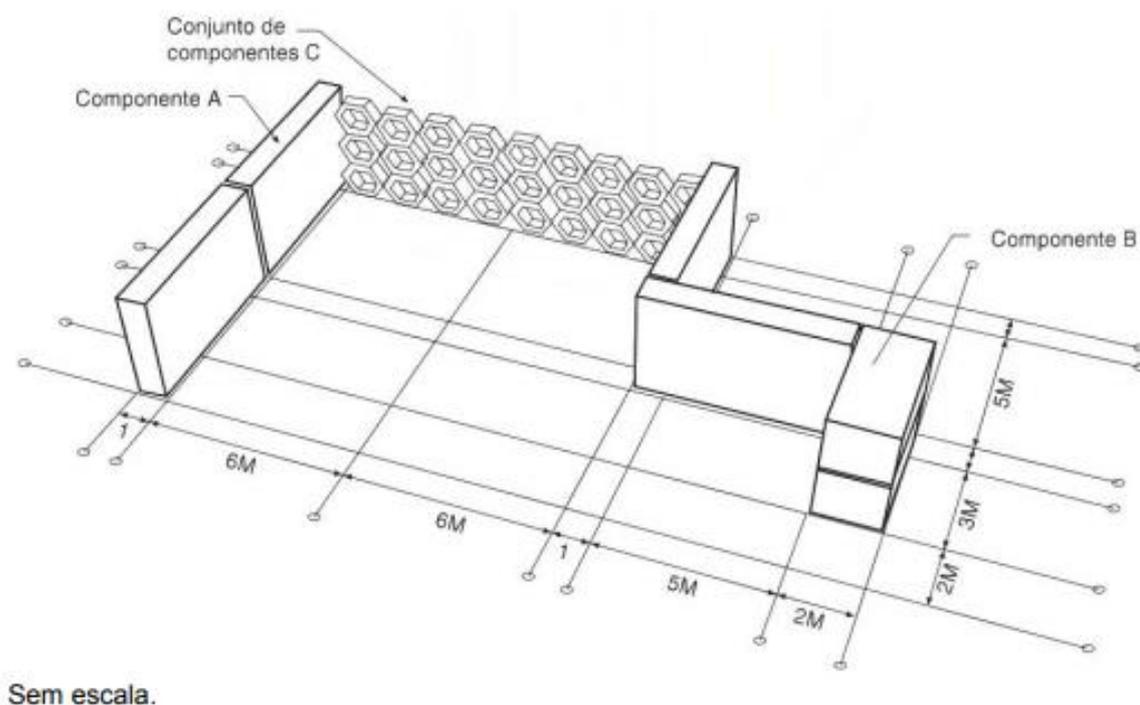


Figura 5: Componentes posicionados no sistema de referência modular
Fonte: ABNT (2010,p.8)



6.3 Processo projetual da coordenação modular

Para entender melhor o processo projetual da Coordenação Modular trago os conceitos expressos por GREVEN e BALDAUF, no livro Introdução à coordenação modular da construção no Brasil: uma abordagem atualizada Técnicas (2007); Exceto quando feita indicação contrária, todas as informações baseiam-se, ainda que não seja repetida, a cada item, a referência ao texto. A organização e os grifos presentes na exposição das definições não seguem o texto original.

6.3.1 Instrumentos da Coordenação Modular

Para que esses critérios sejam exequíveis, a Coordenação Modular dispõe de quatro instrumentos fundamentais que norteiam a sua estruturação:

- a) o sistema de referência;
- b) o sistema modular de medidas;
- c) o sistema de ajustes e tolerâncias (ou ajuste modular); e
- d) o sistema de números preferenciais, os quais são desenvolvidos a seguir

6.3.1.1 Sistema de referência

O sistema de referência é formado por pontos, linhas e planos, em relação ao qual ficam determinadas a posição e a medida de cada componente da construção, permitindo, assim, sua conjugação racional no todo ou em parte.

Nesse sistema pode-se estabelecer um plano horizontal de referência, definido por dois eixos cartesianos ortogonais x e y , e por dois planos verticais de referência, definidos pelos eixos cartesianos ortogonais x , y e z (ROSSO, 1976). A Figura 11 mostra o ponto A, univocamente

determinado no espaço a partir de suas projeções nos planos xy , zx e yz , definindo os respectivos pontos $x'y'$, $x'z'$ e $y'z'$.

O sistema de referência é utilizado tanto no momento de projetar componentes ou edificações quanto no da execução (montagem) da obra, resolvendo-se, em seu traçado, as relações entre os componentes adjacentes, dando a exata correspondência entre as medidas nominais dos vãos ou componentes (MASCARÓ, 1976).

O módulo gerador do sistema deve ser, então, um número inteiro em relação numérica simples com o sistema de medidas a que se refere, e sua função é a de servir como máximo denominador comum, como incremento unitário, como primeira medida das grandezas da série modular, assim como também a do intervalo dimensional base do sistema de referência. (MASCARÓ, 1976).

Dois outros elementos básicos do sistema de referência são o reticulado modular espacial de referência e o quadriculado modular de referência (ou malha modular).

6.3.1.2 Reticulado modular espacial de referência

O reticulado modular espacial de referência (Figura 6) é constituído pelas linhas de interseção de um sistema de planos separados entre si por uma distância igual ao módulo e paralelos a três planos ortogonais dois a dois (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1977).

O reticulado modular espacial de referência configura uma malha espacial que serve de referência, segundo Lucini (2001), para o posicionamento dos componentes da construção, das juntas e dos acabamentos. Os componentes ficam univocamente locados na malha espacial, conforme ilustrado na Figura 7, demonstrando como a

Coordenação Modular assegura a organização dos espaços na construção civil.

Figura 6: Reticulado modular espacial de referência.

Fonte: Coleção Habitare - Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil - Uma Abordagem Atualizada (2007 p 38)

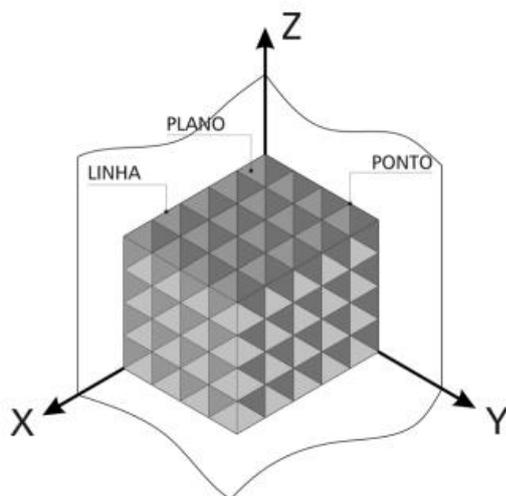
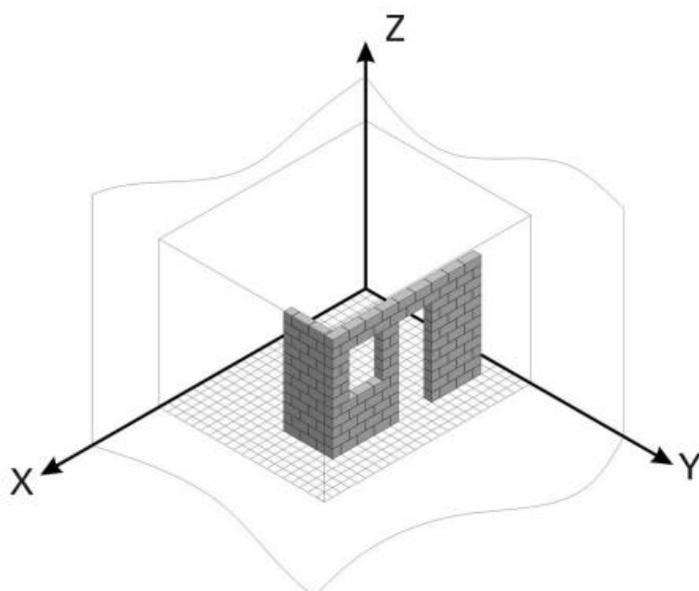


Figura 7: Reticulado modular espacial de referência.

Fonte: Coleção Habitare - Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil - Uma Abordagem Atualizada (2007 p38)



6.3.1.3 Quadriculado modular de referência ou malha modular

O quadriculado modular de referência (ou malha modular) é a projeção ortogonal do reticulado espacial de referência sobre um plano paralelo a um dos três planos ortogonais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1977). Considerando-se que a representação gráfica do projeto mais usual é através das vistas ortográficas, as quais representam os objetos em duas dimensões, torna-se necessário utilizar as projeções ortogonais do reticulado modular espacial de referência.

Caporioni, Garlatti e Tenca-Montini (1971) sugerem a seguinte subdivisão em relação aos quadriculados a serem utilizados nas diversas fases do projeto:

- a) quadriculado modular propriamente dito: utilizado no projeto de componentes e detalhes;
- b) quadriculado de projeto: utilizado para a criação do projeto geral da edificação;
- c) quadriculado estrutural: utilizado para o posicionamento dos elementos estruturais; e
- d) quadriculado de obra: utilizado para a locação da edificação e dos componentes para a sua montagem.

A Figura 8 apresenta três quadriculados diferentes, para serem usados em diferentes fases do projeto: o quadriculado M, o quadriculado 3M e o quadriculado 24M. O quadriculado modular é o M, o quadriculado de projeto é o multimódulo 3M, dimensão modular de um bloco cerâmico, por exemplo, e o quadriculado 24M é o quadriculado estrutural do projeto.

Tem-se, portanto, um reticulado espacial e quadriculados planos. Estes podem ser tanto no plano horizontal quanto no vertical, dependendo da representação a ser feita: plantas baixas ou elevações, respectivamente.

6.3.2 Sistema modular de medidas

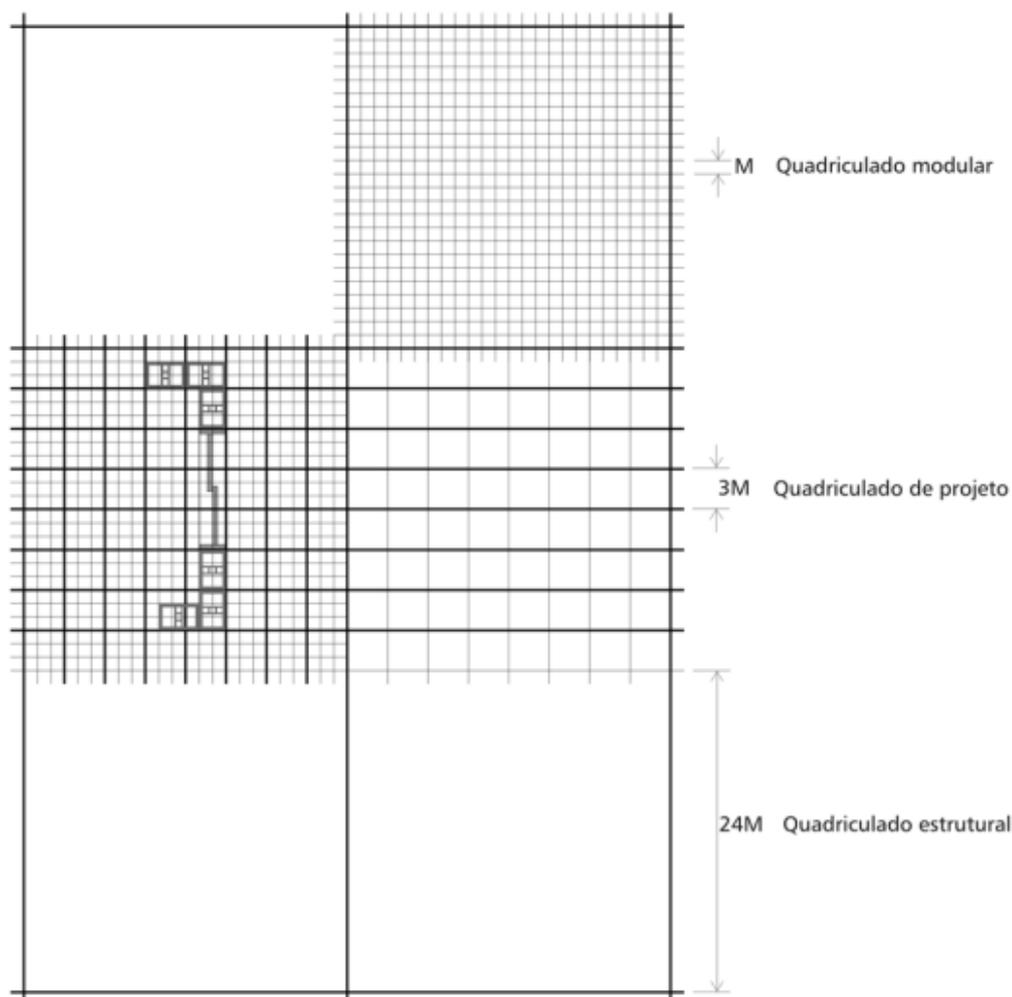
O sistema modular de medidas é baseado na unidade de medida básica da Coordenação Modular, o módulo, e em alguns múltiplos inteiros ou fracionários dele. O módulo constitui o espaço entre os planos do sistema de referência em que se baseia a Coordenação Modular. Os componentes deverão ocupar espaços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

As características do sistema modular de medidas são, segundo Mascaró (1976):

- a) conter medidas funcionais e de elementos construtivos típicos;
- b) ser aditiva em si mesma (por ser a construção um processo aditivo); e
- c) assegurar a intercambialidade das partes mediante a combinação das medidas múltiplas ou submúltiplas do módulo.

Além do módulo-base, são necessários multimódulos e submódulos.

Figura 8: Quadriculados usados em diferentes partes do projeto.
Fonte: Coleção Habitare - Introdução à Coordenação Modular da
Construção no Brasil - Uma Abordagem Atualizada (2007 p 41)



6.3.2.1 Multimódulos

Como multimódulos ($n \times M$, onde n é um número positivo inteiro qualquer) são recomendados: 3M, 6M, 12M, 15M, 30M e 60M, pelo IMG (ROSSO, 1976), e 12M, 15M, 30M e 60M, pela ISO (ROSSO, 1976). Para o caso do Brasil, Rosso (1976) sugere o multimódulo 2M para a coordenação altimétrica (elevações) e o 3M para a coordenação planimétrica (plantas baixas). A DIN 18000 recomenda os multimódulos 3M, 6M e 12M (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 1984).

6.3.2.2 Submódulos

Nem todos os componentes da construção podem ser fabricados segundo dimensões múltiplas do módulo, designadamente aqueles que, pela sua natureza, são obrigatoriamente inferiores ao módulo-base, como, por exemplo, espessuras de painéis e de paredes, e certos tipos de tubos e de perfis. Para resolver essa situação, é admitida a utilização de submódulos (M/n).

Rosso (1976) propõe a adoção dos submódulos M/4 (2,5 cm) e M/8 (1,25 cm) para espessura de painéis, para espessura de acabamentos e para peças especiais de fechamento.

Há, no entanto, o perigo de o submódulo ser utilizado com freqüência desnecessária, o que conduziria a um aumento de variedade dimensional da gama modular de produtos industriais, contrária à economia própria do sistema modular (LISBOA, 1970). Por isso, deve-se observar que:

- a) o submódulo nunca deve ser empregado como módulo-base;
- b) a freqüência de aplicação do submódulo resultará sempre de exigências de ordem funcional e de máxima economia; e
- c) quando exigências de ordem estritamente funcional determinem um dimensionamento mínimo múltiplo de um submódulo, deve-se avaliar, para cada caso, se a correção por excesso para a obtenção do multimódulo mais próximo será um encargo compatível com as vantagens econômicas obtidas pelo uso da Coordenação Modular.

6.3.2.3 Medida modular

A medida modular é a medida igual a um módulo ou a um múltiplo inteiro do módulo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1977) de um componente, vão ou distância entre partes da

construção. A medida modular inclui o componente e a folga perimetral, necessária para absorver tanto as tolerâncias de fabricação do componente quanto a colocação em obra, de acordo com as técnicas construtivas e normas correspondentes. A medida modular garante que cada componente disponha de espaço suficiente para sua colocação em obra, sem invadir a medida modular do componente adjacente (LUCINI, 2001).

Ela é representada por “ nM ”, onde:

n é um número positivo inteiro qualquer;

e

M é o módulo.

6.3.2.4 Medida de projeto do componente

Medida de projeto do componente é a medida determinada no projeto para qualquer componente da construção. Essa medida é sempre inferior à medida modular, pois leva em conta a tolerância de fabricação e as juntas necessárias à perfeita adaptação do componente no espaço que lhe é destinado, sem invadir a medida modular do componente adjacente.

Ela é representada por “ mP_{comp} ”.

6.3.2.5 Junta modular

Junta modular é a distância prevista no projeto arquitetônico entre os extremos de dois componentes, considerando-se a sua medida de projeto do componente. A Figura 9 indica, para blocos cerâmicos, a medida modular, a medida nominal, a junta modular e o ajuste modular.

6.3.3 Ajuste modular

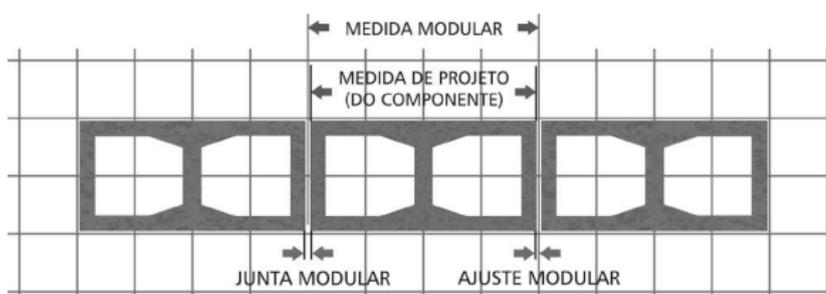
Ajuste modular é a uma medida que relaciona a medida de projeto do componente com a medida modular. Ele é representado por “ aM ”. O

Ajuste modular estabelece a relação dos componentes da construção com o sistema de referência. Permite definir com segurança os limites dimensionais dos elementos em função das exigências de associação ou montagem.

Ao se considerar a operação de colocação, associação e montagem de um componente em uma posição previamente estabelecida no projeto arquitetônico univocamente relacionada com o sistema de referência, deve-se supor que essas operações se realizem sem a necessidade de adaptações e cortes do material. Para que isso aconteça, é necessário que os componentes, provenientes de fábricas diferentes, possuam medidas idênticas às do projeto do componente, salvo as exigências de união com os outros componentes com os quais irão associar-se (EUROPEAN PRODUCTIVITY AGENCY, 1962).

Figura 9: Medida modular, medida nominal, junta modular e ajuste modular.

Fonte: Coleção Habitare - Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil - Uma Abordagem Atualizada (2007 p 43)



Deve-se observar também que um componente de forma geométrica definida está sujeito a variações dimensionais em relação às medidas modulares. Tais variações decorrem de erros de fabricação e de posição, ou de dilatações, contrações e deformações originadas por fenômenos físico-químicos, posteriores à montagem, que exigem, portanto, um dispositivo que permita absorver essas variações na união. Requisitos funcionais das juntas, por sua vez, podem obrigar a respeitar determinadas espessuras mínimas.

6.3.3.1 Ajuste modular positivo

O ajuste modular positivo ocorre quando o espaço modular não é preenchido totalmente pelo componente. No exemplo da Figura 10, a medida modular é maior que a medida de projeto do componente (porta). Nesse caso, a medida modular para a porta de madeira é 9M, o espaço obtido no vão entre os blocos cerâmicos é de 91 cm (medida modular + 1), e a medida de projeto do componente da porta será a medida modular diminuindo-se o ajuste necessário para a sua instalação. Para o ajuste modular positivo, tem-se:

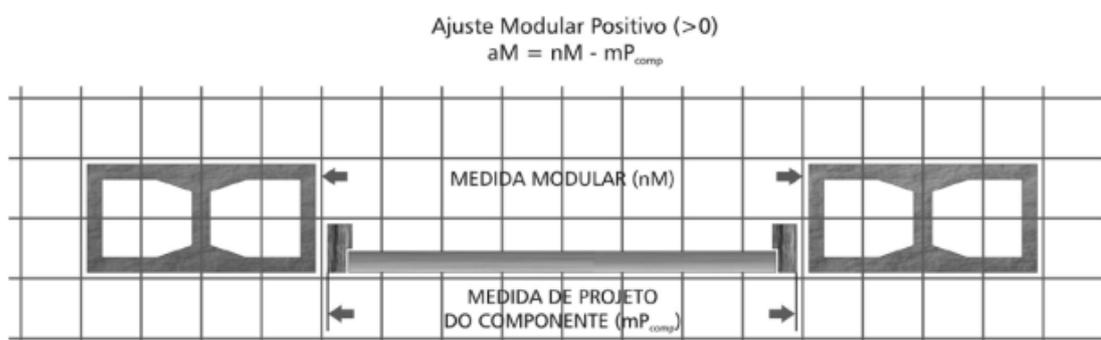
$$aM = nM - mP_{comp}$$

e

$$aM > 0.$$

Figura 10: Ajuste modular positivo.

Fonte: Coleção Habitare - Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil - Uma Abordagem Atualizada (2007 p 44)



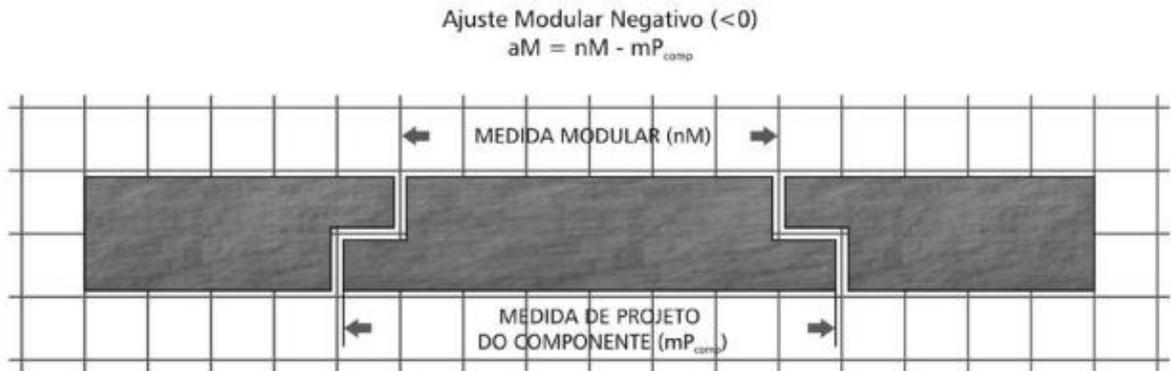
6.3.3.2 Ajuste modular negativo

O ajuste modular negativo ocorre quando o espaço modular é excedido, como no caso do exemplo da Figura 11, em que o sistema de união dos painéis é feito por superposição. O ajuste modular é negativo, pois a medida modular (nM) é menor que a medida de projeto do componente (mP_{comp}). Para o ajuste modular negativo, tem-se:

$$aM = nM - mP_{comp} \text{ e } aM < 0.$$

Figura 11: Ajuste modular negativo.

Fonte: Coleção Habitare - Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil - Uma Abordagem Atualizada (2007 p 45)



6.3.3.3 Ajuste modular nulo

O ajuste modular é nulo quando a dimensão do componente coincide com a dimensão modular, ou seja, o componente ocupa totalmente o espaço modular. No exemplo da Figura 12, os painéis se ajustam topo a topo, considerando-se, então, que haja um ajuste modular nulo.

Para o ajuste modular negativo tem-se:

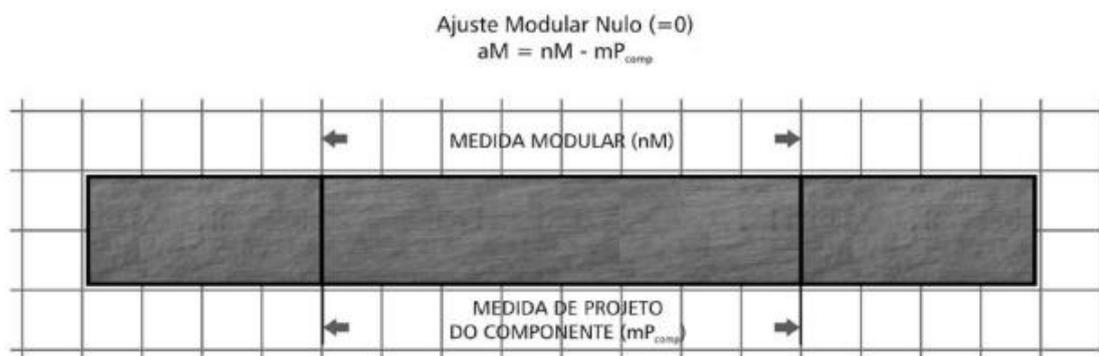
$$aM = nM - mP_{comp}$$

e

$$aM = 0.$$

Figura 12: Ajuste modular nulo.

Fonte: Coleção Habitare - Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil - Uma Abordagem Atualizada (2007 p 46)



6.3.4 Sistema de números preferenciais

O uso de um sistema modular de medidas realiza naturalmente uma seleção de medidas. Entretanto, outros instrumentos de seleção são necessários para otimizar o tipo e o número de formatos de cada componente. Com isso, as séries de produção são reduzidas ao mínimo indispensável para atender às exigências de mercado e aos requisitos econômicos, mas sem perder flexibilidade. Os números preferenciais são escolhidos de forma adequada em relação às características do sistema modular e de maneira a obedecer a regras numéricas seletivas e que permitam uma seleção organizada de dimensões (ROSSO, 1976). Segundo Mascaró (1976), o sistema de números preferenciais caracteriza-se:

- a) por ter fixos os seus limites pelas características técnicas dos componentes e as razões econômicas de sua fabricação;
- b) pela função que desempenha;
- c) por sua forma de união (junta entre os componentes construtivos); e
- d) por sua possibilidade de dividir-se sem desperdício.

No sistema de números preferenciais, haverá as medidas preferíveis e as medidas preferidas (GREVEN, 2000). As medidas preferíveis serão aquelas que melhor se ajustam aos princípios da Coordenação Modular, como, por exemplo, janelas com largura levando-se em consideração o multimódulo planimétrico 3M: 30 cm, 90 cm, 120 cm, 150 cm, 180 cm e assim por diante. As medidas preferidas serão, entre as medidas preferíveis, aqueles tamanhos que o mercado utiliza com maior frequência.

6.3.5 Projeto modular

O projeto modular, segundo o BNH/IDEG (1976), é baseado no sistema de referência, através do quadriculado modular de referência. Dessa forma, as plantas baixas, fachadas e cortes que compõem o projeto se desenvolvem sobre o quadriculado, permitindo coordenar a posição e as dimensões dos componentes de construção. Isso facilita não somente a realização do projeto, simplificando sua representação, mas também a montagem dos componentes na execução da obra, reduzindo a ocorrência de cortes. Por isso, para o projeto modular, deve-se procurar a melhor solução diante dos inúmeros componentes que deverão ser considerados, atendendo da melhor forma a todas as exigências.

6.3.5.1 Posição dos componentes em relação ao quadriculado modular de referência

Um componente pode ocupar três posições distintas em relação ao quadriculado modular de referência. O posicionamento é sempre feito considerando-se somente a dimensão do componente em relação ao quadriculado modular, ou seja, sem agregar a dimensão de nenhum tipo de acabamento (reboco, azulejo, cerâmica, pedra, entre outros). Portanto, quando se trabalha com Coordenação Modular, consideram-se medidas “em osso” para o posicionamento dos componentes.

Também se considera o componente em sua projeção ortogonal (como nas vistas ortográficas).

A posição do componente em relação ao quadriculado modular de referência será escolhida em função de necessidades técnicas e econômicas, as quais determinarão qual das três posições será a mais conveniente (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976).

6.3.5.1.1 Posição simétrica

Na posição simétrica o componente terá o seu eixo posicionado sobre uma linha do quadriculado modular de referência, facilitando, na prática, a marcação da obra. A medida entre os eixos dos componentes será uma medida modular.

Se a distância face a face do componente for uma medida modular, a distância do eixo do componente à sua face também será uma medida modular. A Figura 13 exemplifica blocos em posição simétrica em relação a uma linha do quadriculado modular de referência.

Figura 13: Componentes em posição simétrica em relação à linha do quadriculado modular de referência.

Fonte: Coleção Habitare - Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil - Uma Abordagem Atualizada (2007 p 47)



6.3.5.1.2 Posição assimétrica

Na posição assimétrica o componente terá o seu eixo posicionado de forma deslocada em relação à linha do quadriculado modular de referência, mas essa excentricidade deve ser, de preferência, submodular. Portanto, as medidas das faces do componente à linha do quadriculado modular serão distintas, pois estarão afastadas diferentemente em relação a esta. A Figura 14 mostra blocos em posição assimétrica em relação a uma linha do quadriculado modular de referência.

Figura 14: Componentes em posição assimétrica em relação à linha do quadriculado modular de referência.

Fonte: Coleção Habitare - Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil - Uma Abordagem Atualizada (2007 p 48)



6.3.5.1.3 Posição lateral

Na posição lateral, o componente terá uma de suas faces posicionada lateralmente em relação à linha do quadriculado modular de referência. A Figura 15 exemplifica blocos em posição lateral em relação a uma linha do quadriculado modular de referência.

Figura 15: Componentes em posição lateral em relação à linha do quadriculado modular de referência.

Fonte: Coleção Habitare - Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil - Uma Abordagem Atualizada (2007 p 48)



6.3.5.2 Componentes modulares

Segundo a ABNT ([1975?]), para ser modularmente coordenado, um componente deve atender a três critérios básicos: seleção, correlação e intercambialidade.

A seleção tem por intuito reduzir a variedade de tipos para atender às necessidades dos projetistas, simplificar as linhas de produção e facilitar a estocagem. A correlação pretende definir as relações de reciprocidade que facilitam a disposição dos componentes. Por fim, a intercambialidade assegura as condições que facilitam a montagem, estabelecendo critérios e normas para os ajustes e as tolerâncias. Esses três critérios asseguram as condições de adição e combinabilidade entre todos os componentes (EUROPEAN PRODUCTIVITY AGENCY, 1962).

A seguir, apresenta-se uma planta baixa modular a partir de blocos de espessura 2M (dimensão nominal de 19 cm) e de comprimento 4M (dimensão nominal de 39 cm), sobre o quadriculado modular de referência 1M x 1M. A cotagem do projeto é feita com a medida modular, ou seja, com a quantidade de módulos em cada parede (Figura 16). Na Figura 17 há a indicação da “Vista 01”. Essa vista se refere à elevação da parede, mostrando o posicionamento exato de cada bloco e os vãos da janela e da porta, com suas respectivas medidas modulares.

Figura 16: Planta baixa modular a partir de blocos.
 Fonte: Coleção Habitare - Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil - Uma Abordagem Atualizada (2007 p 50)

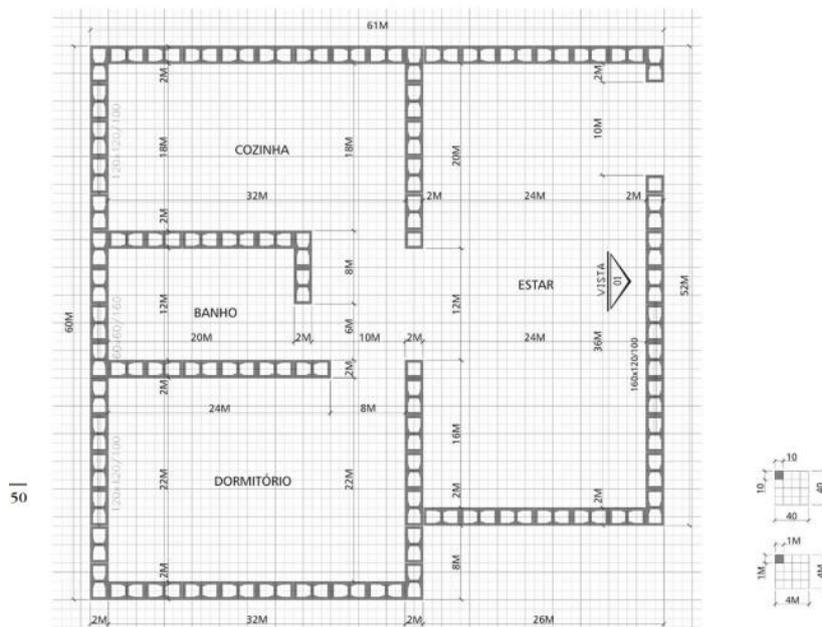
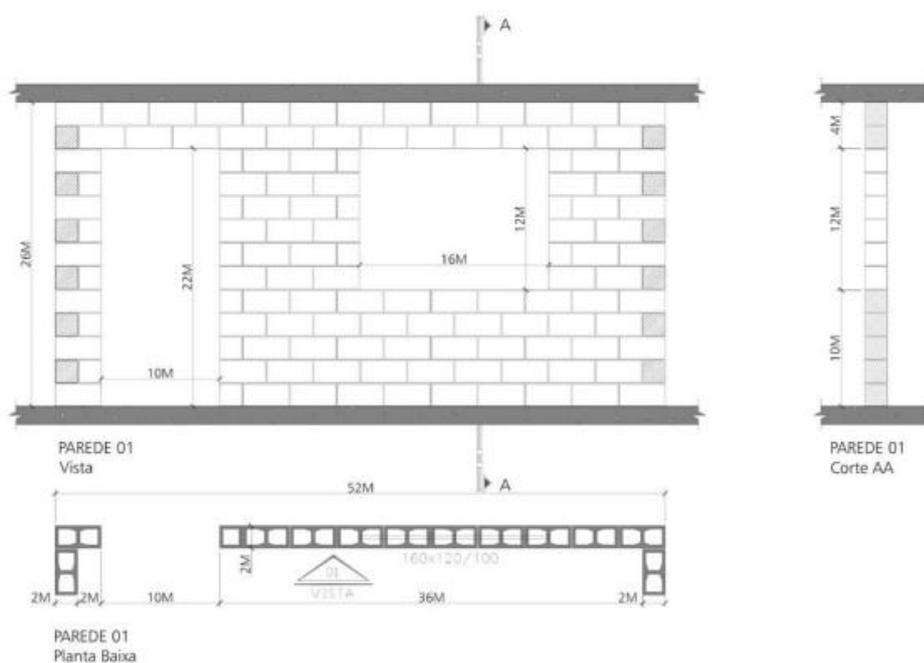


Figura 17: Elevação de parede executada em alvenaria modular de blocos.

Fonte: Coleção Habitare - Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil - Uma Abordagem Atualizada (2007 p 51)



6.3.5.3 Conjuntos de peças e/ou produtos não modulares

Para a utilização de peças e/ou produtos não modulares, utilizam-se a adição e a combinação deles visando formatar uma dimensão modular. O exemplo da Figura 19 esclarece a utilização de tijolos com dimensões não modulares em altura, o que foi solucionado com um número maior de fiadas (5), até alcançar uma dimensão modular (4M). Esse princípio permanece válido quando quaisquer dimensões das peças e/ou produtos não forem modulares.

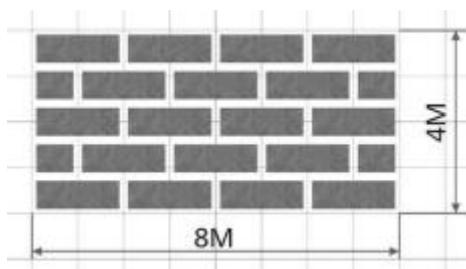
6.3.5.4 Zona neutra

Em condições particulares de projeto, poderá ser conveniente a separação de reticulados espaciais de referência por zonas não modulares, resultando quadriculados modulares de referência separados por medidas não modulares.

A zona neutra é uma zona não modular que separa reticulados modulares espaciais de referência que, por razões construtivas ou funcionais, necessitem ser separados entre si. Nessa zona, não há obediência da Coordenação Modular. Exemplos típicos de zona neutra são juntas de dilatação e união de blocos girados.

Figura 18: Conjunto modular composto de peças e/ou produtos não modulares.

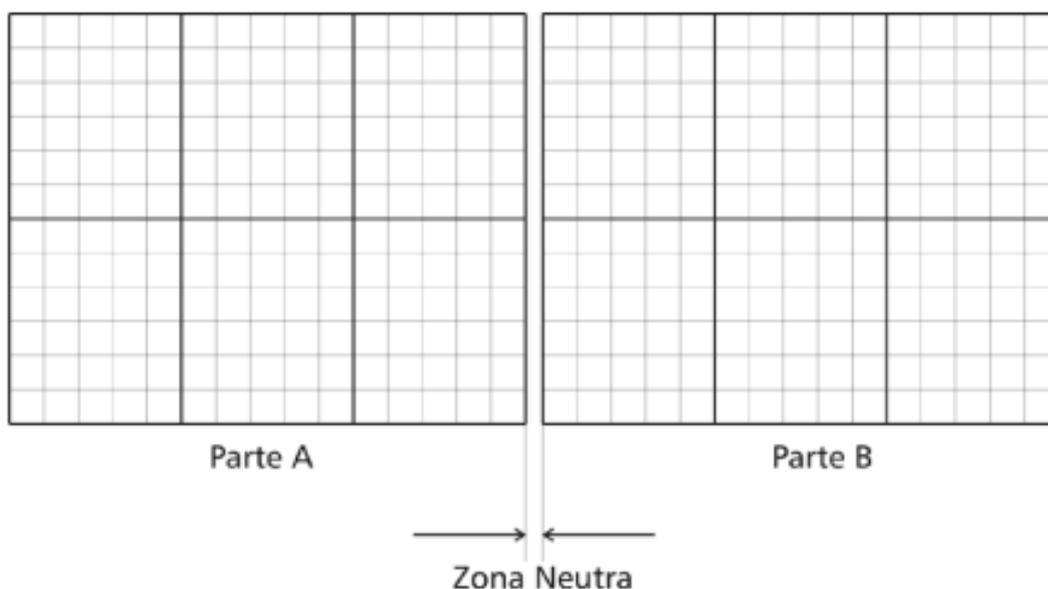
Fonte: Coleção Habitare - Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil - Uma Abordagem Atualizada (2007 p 52)



Assim, quando é necessário separar uma edificação em partes totalmente independentes, com o emprego de juntas de dilatação, é conveniente manter o alinhamento dos reticulados espaciais de referência de cada uma das partes, separando-os somente de acordo com essas juntas de dilatação, como ilustra a Figura 20.

Figura 19: Zona neutra na junta de dilatação.

Fonte: Coleção Habitare - Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil - Uma Abordagem Atualizada (2007 p 52)

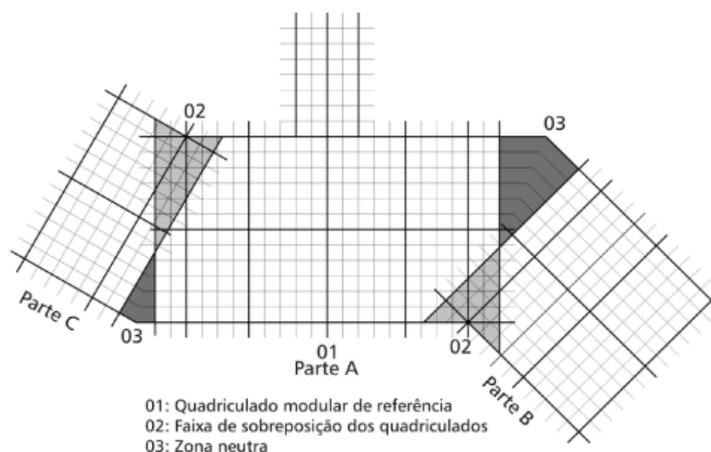


Ainda, quando o projeto da edificação for composto de blocos ou partes não ortogonais entre si, usa-se a zona neutra. Haverá, assim, uma faixa de sobreposição dos quadriculados modulares de referência (Figura 21).

O emprego da zona neutra é, no entanto, restrita a casos de absoluta necessidade. O seu emprego mais generalizado levaria à anulação das reais vantagens do emprego de um único sistema de referência na elaboração de um projeto. Entretanto, a Coordenação Modular, sendo uma ferramenta de projeto, não poderá se superpor ao projeto arquitetônico, utilizando-se, nesses casos, a zona neutra para compatibilizar as incongruências resultantes.

Figura 20: Zona neutra com blocos girados.

Fonte: Coleção Habitare - Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil - Uma Abordagem Atualizada (2007 p 53)



7 O OBJETO DA INDÚSTRIA

Os estágios sucessivos de aplicação de tecnologia sobre a matéria tendem a produzir componentes com geometria e medidas definidas – por exemplo, bloco, telha, esquadria e porta (ROSSO, 1976, p. 35-36).

A associação desses componentes, dadas suas partes rígidas em formato e tamanho, requer que medidas e sistemas de união sejam compatibilizados (GRUPO DE PESQUISA MOM). A associação entre componentes pode ser resolvida de diversas formas.

Um das delas é a adaptação em obra, porém essa opção não é racional porque, em essência, parte do processo que havia sido aplicado para conformar os elementos na fábrica é desfeito gerando desperdício de energia, de tempo e de material. Também é possível resolver previamente, na fase de projeto, pois se conhecemos os materiais que serão aplicados podemos deixar os espaços necessários à sua instalação. Mas a eficiência, principalmente no âmbito da produção industrial, continua prejudicada, pois se em tese, evita o retrabalho sobre o material, ainda assim não resolve as questões de

replicabilidade da solução, de permutabilidade entre componentes e de simultaneidade entre tarefas. Finalmente, é possível também agir por meio de um acordo entre produtores, projetistas e construtores envolvidos que garanta que componentes construtivos, independentemente de sua origem ou sua função, tenham medidas que combinem entre si (GRUPO DE PESQUISA MOM).

Então, para a indústria, a coordenação modular é justamente essa regra comum que possibilita a produção seriada e a combinação automática dos componentes (GRUPO DE PESQUISA MOM). Se por um lado a variedade é uma necessidade da arquitetura, por outro a uniformidade é um requisito da produção industrial (ROSSO, 1976, p. 10).

Em consequência, a “compatibilidade dimensional entre elementos construtivos definidos em projeto, e componentes construtivos, determinados por fabricantes, é a chave do processo” (AMORIM; KAPP; EKSTERMAN, 2010a, p. 11). Segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI-FEC, 2009, p. 17), para que sejam considerados modulares, os componentes devem possuir medidas de coordenação iguais ao módulo básico de 10 cm ou a um múltiplo inteiro deste.

Devido à herança de medidas provenientes do sistema pé-polegada e do sistema octamétrico o parâmetro simples do módulo básico, por si só, constitui um desafio significativo diante da dificuldade da indústria em aplicar corretamente os conceitos de medida nominal e medida de coordenação.

Conforme explicava Rosso (1976, p. 8-11, 146, 158- 159), além da compatibilidade geométrica-dimensional, há outros dois aspectos relevantes para a coordenação modular que precisam ser solucionados: a compatibilidade mecânica e a funcional. A compatibilidade mecânica refere-se à solução do detalhe construtivo das juntas e sua capacidade

de acomodar as variações e as movimentações próprias dos materiais e do sistema. Essa solução resulta na definição do ajuste de coordenação e é proveniente de cálculos sobre folgas e tolerâncias pertinentes ao projeto do produto. Já a compatibilidade funcional considera a relação dos diversos componentes no conjunto, sob um enfoque que extrapola as propriedades de cada material e trata das possibilidades de integração para a composição do edifício. Neste caso, o módulo básico decimétrico é com frequência pequeno demais para proporcionar essa integração e pode ser acompanhado de outros recursos, como a definição de multimódulos, séries preferidas e zonas de domínio para cada categoria de componente (ROSSO, 1976 p. 22-23).

Fatores funcionais, econômicos, construtivos, tecnológicos e exercem influência na definição das dimensões dos componentes. Ademais, para muitos desses materiais, as escolhas se sucederam em um processo histórico, ainda que suas razões (obsoletas ou não) tenham sido esquecidas (ROSSO, 1976, p. 34-35). Além disso os padrões dimensionais não são comuns aos vários segmentos da indústria da construção, diferentemente dos princípios da coordenação modular que pode ser aplicado a todos os setores. As normas técnicas, especialmente da normalização de coordenação modular, pode ser um possível agentes de mudanças.

7.1 Padrões dimensionais

A definição normalizada de que a coordenação modular é a coordenação dimensional feita mediante o emprego do módulo básico de 10 cm (ABNT, 2010b, p. 1) tendem a priorizar a padronização dimensional decimétrica dos produtos industriais, no entanto, o princípio simples da coordenação decimétrica constitui um desafio complexo. Há setores industriais, em que existe uma padronização dimensional bem consolidada, que não oferece obstáculos significativos à prática da coordenação modular. Em outros segmentos

– por exemplo, o de revestimentos cerâmicos –, a mesma condição não é verificada. Normas técnicas agem para estabelecer padrões mais adequados, em muitos casos. Em outros, a normalização é falha.

Entre os segmentos da indústria e até dentro de um mesmo segmento há uma infinidade de variações no dimensionamento praticado. Para entendendo quais são os desafios para a coordenação modular na indústria, parece importante investigar as razões que agem sobre esse dimensionamento.

Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI-FEC, 2009, p. 14) afirma que cada segmento de produção industrial traz consigo condicionantes derivados dos sistemas produtivos e das características de seu parque industrial que agem sobre o dimensionamento de seus produtos.

Toda mudança é avaliada pelos ajustes necessários nas linhas de produção, limitações físicas das propriedades dos materiais, logística (embalagem, armazenamento, transporte), questões relacionadas à ergonomia, questões históricas sociais, qualificação da mão de obra e mercadológicas. Deve-se considerar também a interação com outros sistemas visando atender todo processo construtivo, não desrespeitando as dimensões necessárias para seu correto desempenho e compatibilidade construtiva com as demais fases do processo.

São completamente pertinentes às necessidades da coordenação modular e da industrialização da construção, a padronização de produtos, entre as quais estão a especialização e a interdependência entre produtores.

Padronizações são capazes de oferecer economia de escala, unidades compatíveis e substituíveis e podem ser usadas sem prejuízo à variedade (KRISLOV, 1997, p. 216, 230). Em contrapartida o mesmo o

autor observa, que é possível estabelecer uma relação entre superpadronização e estagnação, porque padrões rígidos podem desencorajar a inovação, perpetuar inadequações e, por induzir investimento excessivo em um único projeto ou processo, transformar a introdução de novas soluções em uma ação inviável (KRISLOV, 1997, p. 15).

O modelo tecnocrático defende que existiria uma solução ideal passível de ser formalizado em uma norma verificável. O modelo de difusão entende que um padrão é apenas uma das inúmeras soluções possíveis para um problema, por sua eficiência, em parte por aprendizado e imitação. Já o modelo restritivo indica que a imposição de um padrão pode congelar em um processo uma tecnologia específica para o benefício de seus detentores e o prejuízo da concorrência. No entanto o modelo baseado no mútuo acordo defende que, por negociação e consenso, padrões podem oferecer benefícios a todas as partes envolvidas. Por fim, o modelo da arbitrariedade propõe que a padronização teria a capacidade de originar por decreto uma prática completamente nova.

Krislov (1997, p. 201) conclui que nenhuma explicação única é adequada para todas as situações. Cada perspectiva ajuda a desenvolver uma reflexão sobre as forças que agem na formação, na manutenção ou na mudança de um padrão. Basicamente, há três elementos – a gama natural de opções viáveis, a aderência acidental de uma solução e a preferência consciente de uma opção – que costumam ser confundidos, especialmente em situações de resistência à inovação (KRISLOV, 1997, p. 210).

Ineficiências acidentais, assim como aspectos intencionalmente tendenciosos, costumam persistir, como por exemplo, quando a medida de catálogo é arredondada (para baixo) parecendo um múltiplo decimal, mas sua dimensão continua correspondente ao pé e à polegada. Isso acontece, por exemplo, com as medidas 30 cm (30,5 cm), 40 cm (40,6

cm), 60 cm (60,9 cm), 90 cm (91,4 cm), 120 cm (121,2 cm), etc. Quando isso acontece com componentes terminados, como em acabamentos cerâmicos, o resultado é extremamente prejudicial. Haverá uma falsa ideia de que ele se adequa aos princípios da coordenação modular, mas sua aplicação revelará um desvio expressivo resultante da dimensão excedente somada aos espaços necessários para o ajuste de coordenação.

Historicamente, no mundo todo, a autorregulação em acordos e práticas estabelecidas pelas associações de comerciantes e produtores foi a principal alternativa à regulação governamental, sendo que muitas vezes esses processos estiveram vinculados (KRISLOV, 1997, p. 60).

Em essência, padronizações de produtos não são eficientes nem ineficientes. Elas podem promover o progresso e a abertura, mas também servir à autorregulação e incentivar a estagnação, dependendo da forma que assumem e das razões que as conduzem (KRISLOV, 1997, p. 15).

Criar um padrão é correr o risco de uma escolha arbitrária, mas é também ter a chance de proporcionar novas e melhores condições para produção (LE CORBUSIER, 1954, p. 107). É necessário lembrar que, um padrão dimensional é uma escolha, independentemente da legitimidade de suas razões.

7.2 Normalização

Andrade (2000, p. 15) explicam que um componente adequado à coordenação modular deve atender aos critérios de seleção, intercambialidade e correlação. A seleção é o controle da variedade de tipos; a intercambialidade diz respeito à equivalência (dimensional, associativa e funcional) entre componentes de mesmo propósito, mas com origens diferentes; a correlação trata da reciprocidade entre componentes de funções diferentes.

A autora (BALDAUF, 2004, p. 48) descreve o papel da normalização nesse processo: Com normas técnicas bem elaboradas seguidas por um eficiente sistema de certificação, os componentes passam por uma padronização dimensional, a partir da qual têm as mesmas características dimensionais, e por uma redução da variedade de tipos, através do emprego de medidas preferidas a serem escolhidas na série de medidas preferíveis. A produção dos componentes é seriada, e não mais sob medida. Mesmo sendo produzidos por indústrias diferentes, essas características asseguram a intercambialidade entre eles, pois passam a ser compatíveis entre si, em função de suas dimensões serem múltiplas de módulo M.

Segundo a ABNT (2016, Definição), normalização é “atividade que estabelece, em relação a problemas existentes ou potenciais, prescrições destinadas à utilização comum e repetitiva com vistas à obtenção do grau ótimo de ordem em um dado contexto”. Ainda de acordo com a ABNT, são objetivos da normalização, entre outros: “segurança, proteção do produto, controle da variedade, proteção do meio ambiente, intercambialidade, eliminação de barreiras técnicas e comerciais, compatibilidade e comunicação” (ABNT, 2016, Objetivos). No contexto da industrialização aberta, os requisitos da coordenação modular visa à redução da variedade, à permutabilidade e à integração.

A integração garante condições como a associação entre elementos de vedação e portas, quaisquer sejam os materiais empregados, já a permutabilidade possibilita, a substituição de uma porta de madeira por uma de alumínio e de um painel de concreto por uma divisória com chapas cimentícias. Conforme Rosso, a normalização para coordenação modular organiza-se em cinco ações: simplificação, tipificação, unificação, padronização e integração (ROSSO, 1976, p. 13). Tipificação, unificação e simplificação podem ser ações exclusivas de um fabricante, mas a padronização é geral para todo um segmento, e a integração afeta diversos segmentos (ROSSO, 1976, p. 13-14).

A simplificação elimina os elementos supérfluos fazendo a seleção dos componentes com maior aceitação. A tipificação organiza os elementos em classes ou famílias. A unificação reduz novamente os tipos por meio da combinação de famílias.

A padronização determina uniformidade de características para uma família criando condições de permutabilidade. Finalmente, a integração estabelece compatibilidade entre elementos de categorias diferentes.

A análise da NBR 15873:2010 (ABNT, 2010b) revela que ela é, de fato, uma organização das informações apresentadas nas normas predecessoras. Seu objetivo principal é facilitar a aplicação dos conceitos e transformar todas as normas anteriores em um único texto, além de incorporar três normas internacionais (ISO) que eram posteriores às normas nacionais (AMORIM; KAPP; EKSTERMAN, 2010a, p. 11).

Segundo (CRESPO; 2017,p.74) a nova norma define os termos, o valor do módulo básico e os princípios internacionalmente acordados da coordenação modular. Há nítidas simplificação e objetividade na apresentação do conteúdo, além da correção dos problemas de terminologia. Todavia, é importante a ciência de que a simplificação e a objetividade estão acompanhadas da exclusão de conteúdo. A NBR 15873:2010 não trata de questões como o projeto modular, o posicionamento dos componentes modulares, a definição de alturas modulares de piso a piso e piso a teto e a eleição de multimódulos preferidos. Também não estão presentes diretrizes específicas sobre a forma de aplicação do método para o dimensionamento de diferentes elementos do edifício, conteúdos que apareciam (ainda que de forma extremamente superficial) nas quinze normas anteriores direcionadas a componentes e sistemas construtivos.

Para seu sucesso a NBR 15873:2010 torna-se dependente de estratégias complementares, pois não oferece dados suficientes para o

estabelecimento da tríade: controle da variedade, permutabilidade e compatibilidade.

O Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), com os respectivos Programas Setoriais da Qualidade (PSQs), e também o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), quando se trata de verificar ou regulamentar a conformidade à norma, têm grande potencial de ação. Entre os vários programas, destaca-se, para a coordenação modular, o Sistema de Qualificação de empresas de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos (SiMaC).

O SiMaC atua no combate à não conformidade às normas técnicas na fabricação, importação e distribuição de materiais e componentes por meio de Programas Setoriais da Qualidade (PSQs) (SEBRAE, 2015).

Uma das estratégias mais importantes do programa é o poder de compra. A Caixa Econômica Federal, ainda segundo o Ministério das Cidades, tem sido o principal agente no que se refere ao uso do poder de compra, porque oferece financiamentos específicos para empresas qualificadas (PBQP-H, 2016). Baldauf (2004, p. 124), caracteriza esses programas como “grande articulador de todo o setor da indústria da construção civil” e “um instrumento de grande força para a implementação da coordenação modular”. O papel do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) também tem avaliação semelhante na padronização dimensional para coordenação modular.

O Inmetro é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (Mdic) que tem entre suas atribuições: manter e verificar padrões de unidades, métodos e instrumentos de medição; estabelecer políticas nacionais e participação internacional em metrologia e qualidade; executar atividades de acreditação de laboratórios, organismos de certificação, inspeção e treinamento; e desenvolver programas de avaliação da conformidade compulsórios ou voluntários (INMETRO, 2016). A esse respeito, porém,

cabe uma ressalva. A NBR 159873:2010 em seu texto estabelece que os “princípios da coordenação modular não são de caráter obrigatório, cabendo aos responsáveis pelos projetos e produção de componentes construtivos definir a amplitude de sua aplicação a cada caso” (ABNT, 2010b, p. v).

Portanto, hoje não é possível exigir conformidade à coordenação modular baseando-se exclusivamente nessa norma. A padronização dimensional conforme a coordenação modular decimétrica não é certificada sendo necessários instrumentos complementares que estabeleçam sua aplicabilidade a cada caso.

Visando combater práticas dimensionais inadequadas, recomendações setoriais específicas no PBQP-H e no Inmetro para que os resultados esperados sejam atingidos são necessárias já que a verificação de conformidade e a certificação não considerarem a coordenação modular.

7.3 Dimensionamento praticado

Esta subseção faz uma avaliação do estágio de padronização e da conformidade à coordenação modular para os segmentos acabamentos cerâmicos para piso. O objetivo é oferecer um diagnóstico geral do problema sendo assim não foram efetuadas coleta de dados nem medições diretas todas as informações apresentadas são fruto da pesquisa bibliográfica em referências que trataram especificamente da questão. Assim, é relevante mencionar as duas referências bibliográficas principais utilizadas. A primeira é a comparação entre dados de catálogo, dados em embalagens e medidas reais. Em alguns casos foi utilizado o relatório de avaliação dos esforços para implantação da coordenação modular no Brasil publicado pela ABDI em 2009 (ABDI-FEC, 2009). A análise concentrou-se em empresas com disponibilidade de dados, fato tido como indicador do nível de estruturação do segmento avaliado.

8 ANALISE DOS REVESTIMENTOS CERAMICOS

O segmento de revestimentos cerâmicos parece não considerar os princípios da coordenação modular em sua produção e pratica uma enorme variedade de tamanhos e formatos para seus componentes. O Quadro 3 reproduzido a seguir apresenta as medidas extraídas dos catálogos de doze empresas consultadas pelo Relatório de avaliação dos esforços para implantação da coordenação modular no Brasil (ABDI-FEC, 2009, p. 66).

Quadro 1: Dimensões de catálogo para componentes cerâmicos.

Fonte: ABDI-FEC (2009,p.66)

Menor dimensão	Componentes					
	<10cm	<20cm	< 30cm	< 40cm	< 50cm	< 60cm
Medidas de catálogo (cm)	7 x 7	10 x 10	20 x 20	30 x 30	40 x 40	50 x 50
		10 x 20	20 x 30	30 x 45	41 x 41	56 x 56
		10 x 50	23,5 x 35,5	30 x 50	42 x 42	57 x 57
		13 x 13	25 x 25	31 x 31	43 x 43	
		15 x 15	25 x 35	31 x 41	44 x 44	
			27 x 37	31 x 42	45 x 45	
			28,5 x 50,0	31 x 60	47 x 47	
			29 x 49	32 x 44	49 x 49	
			29,5 x 50	33 x 33		
			29,8 x 50,5	33 x 45		
				35,5 x 35,5		
				37 x 37		
				38 x 38		

Foi observado que não há padronização da terminologia adotada nos catálogos agravando o problema da variedade dimensional. Conforme relata a ABDI, a medição direta dos produtos revela que “Parece que o segmento compreende a expressão ‘medida nominal’ ou ‘dimensão nominal’, literalmente, como a medida que dá um nome (fantasia) ao produto e não como medida nominal de fabricação” (ABDI-FEC, 2009, p. 64). Dessa forma não é possível diferenciar medidas nominais de medidas de coordenação. Somente quatro das doze indústrias pesquisadas mostravam em seus catálogos a diferença entre a medida indicada no nome do produto e sua medida de fabricação (medida

nominal). Os dados acerca dos produtos dessas quatro empresas foram sistematizados no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2: Práticas dimensionais e informacionais de quatro empresas pesquisadas

Empresas	Medidas de catálogo (cm)	Medidas nominais (cm)	Tolerância de fabricação (%)	Medidas de modulares
Kera	31 x 31 31 x 41 37 x 37 44 x 44	30,6 x 30,6 30,6 x 40,61 37,05 x 37,05 43,62 x 43,62	Não indicada	Não há
Acro	30 x 40 32 x 45 35 x 35 40 x 40 45 x 45	30,7 x 41,1 32 x 45,2 35,7 x 35,7 41,1 x 41,1 45,3 x 45,3	Não indicada	Não há
Cecrisa	20 x 20 20 x 30 30 x 30 40 x 40	19,5 x 19,5 19,5 x 29,5 29,5 x 29,5 39,5 x 39,5	± 0,6%	2M x 2M 2M x 3M 3M x 3M 4M x 4M
Savane	38 x 38 40 x 40	38,3 x 38,3 39,3 x 39,3	Não indicada	Não há para 38 x 38 4M x 4M

Nota: foram indicadas em vermelho as medidas nominais que são iguais ou maiores do que as medidas indicadas em catálogo. Por princípio, elas deveriam ser inferiores às medidas de catálogo (medidas de coordenação). Fonte: adaptado de ABDI-FEC (2009, p. 65).

Das empresas pesquisadas observa-se que, que apenas uma delas (Cecrisa) está em conformidade com os padrões da coordenação modular. Nos demais casos, as medidas nominais não têm relação lógica com as medidas indicadas no catálogo dos produtos, além de não serem predominantes medidas decimétricas.

A prática já estabelecida de corte de peças pode justificar a inadequação do segmento aos padrões da coordenação modular, visto que fatores históricos e culturais interferem no processo de padronização. Outro fator a ser considerado e que o rigor dimensional com que as paredes e os revestimentos são executados, são responsáveis pelo bom resultado da coordenação modular do revestimento cerâmico em obra. Ou seja, se os desvios da construção

forem maiores do que o ajuste de coordenação entre peças, o correto dimensionamento dos componentes de revestimento não evita cortes.

Em contrapartida torna-se mais evidente para o setor a conveniência da coordenação modular com a evolução dos níveis de controle dimensional em obra, e a crescente aplicação de peças de maiores dimensões.

Outro fator que pode colaborar para a inadequação do segmento pode ser relacionada à falha da normalização técnica anterior à NBR 15873:2010. Amorim, Kapp e Ecksterman (2010c, p. 23) relatam que, conforme seu levantamento, as linhas que tinham medidas de catálogo 30 x 30 cm, também relacionavam as dimensões 12" x 12", que na realidade equivalem a 30,48 x 30,48 cm. Possivelmente por adotar equipamentos e práticas importadas que utilizam o sistema de medidas imperiais. É importante considerar que, a não contabilização da espessura da junta na definição da medida nominal, acarretam prejuízos à produção em obra no caso dos revestimentos cerâmicos.

A norma NBR 15463:2013 – Placas cerâmicas para revestimento – porcelanato (ABNT, 2013a) mais recente pertinente ao segmento, ainda não apresenta conceitos associados à coordenação modular, tampouco nela são aplicados os termos dimensão de coordenação, ou ajuste modular, é importante que as normas específicas do segmento de revestimento sejam atualizadas. Não é feita qualquer tentativa de controle da variedade dimensional por meio de padrões preestabelecidos. Segundo Crespo (2017.p123) Na norma citada, não está claro se o termo “dimensão nominal” refere-se efetivamente à dimensão nominal ou à dimensão de coordenação e não é possível saber se a expressão “dimensão de fabricação” equivale à dimensão real do produto ou à dimensão nominal esperada.

Atualmente, o texto unificado da NBR 15873:2010 oferece com clareza as informações necessárias para a adequação da indústria sendo

necessário apenas a integração do setor no processo de padronização e normatização produzindo vantagem comercial.

Visando atualizar as informações foi realizado o levantamento de algumas marcas buscando em seu catalogo se está disponível de forma clara as informações necessárias quanto a definição de formato comercial, formato nominal e o formato de fabricação, além de uma análise das dimensões para saber se seria possível utilizar o material em projetos coordenado modularmente.

Foram analisados através dos manuais, laudos e sites as informações dos acabamentos cerâmicos das empresas Ceusa, Delta, Eliane, Incefra, Incepa e Portinari

A empresa Ceusa deixa claro as informações de formato comercial, formato nominal e o formato de fabricação no catalogo conforme a Figura 21 abaixo.

Figura 21: Manual de especificações técnicas

Formato

Formato comercial – as dimensões são arredondadas, o número faz referência a uma aproximação do tamanho de fabricação.

Formato nominal – é igual ao tamanho de fabricação, com diferença na unidade dimensional.

Formato de fabricação – medida real da peça no final do processo produtivo. Considere as dimensões de fabricação para as paginações de ambientes.



Em nota de rodapé: 1 - Disponível em:

<<https://www.ceusa.com.br/downloads> > Acesso em agosto 2023.

A empresa apresenta informações claras na página do produto sendo a medida superior a medida comercial e a inferior a medida nominal sendo aplicado junta seca (sem espaço entre as peças) conforme a figura 22 abaixo.

Figura 22: Manual de especificações técnicas.



Em nota de rodapé: 2 - Disponível em:

<<https://www.ceusa.com.br/downloads> > Acesso em agosto 2023.

Ao analisar as medidas fornecidas no site do fabricante, foi possível concluir que os produtos com medida de fabricação múltiplos de 10cm com junta seca poderiam ser utilizados nos projetos de coordenação modular. Lembrando que sua aplicação só poderia acontecer em pequenos projetos, visto que a variação dimensional mais o espaço entre peças poderia gerar uma diferença por peça de até 2 mm o que em grandes dimensões perderia a modulação. Mesmo sendo possível a utilização e as informações estarem claras quanto as dimensões podemos constatar que a coordenação modular não foi levada em consideração no processo de fabricação.

Ao analisar a empresa Delta foi possível perceber que em seu site as informações não ficam bem claras quanto a formatos comerciais, formato nominal e o formato de fabricação, mas ao abrir a ficha técnica é possível ver claramente a medida nominal e o tamanho da junta especificada, além disso é possível concluir que o produto foi pensado para aplicação de coordenação modular visto que a dimensão de trabalho mais o valor da junta é um múltiplo de 10 cm formando um conjunto modular.

Figura 23: Ficha técnica empresa Delta.

DELTA INDÚSTRIA CERÂMICA LTDA			
Rodovia: Rio Claro – Piracicaba, Km 07			
Cep. 13.509-900 – Rio Claro / SP			
CNPJ: 47.595.863/0004-65			
Fone: (19) 3522 3700			
FICHA TÉCNICA			
REFERÊNCIA:	ALICANTE-70 POLIDO		CÓDIGO: 2311
MARCA:	DELTA PORCELANATO CLASSIC		
SUPERFÍCIE:	ESMALTADO	ACAB. SUPERFICIAL:	ESMALTADO POLIDO RETIFICADO
PROPRIEDADES	ABNT NBR ISO 13006	PROPRIEDADES	
Absorção de água	0 a 0,5%	0 a 0,5%	
Módulo de resistência à flexão	$\geq 35 \text{ N/mm}^2$	$\geq 35 \text{ N/mm}^2$	
Carga de ruptura	$\geq 1300 \text{ N}$	$\geq 1300 \text{ N}$	
Resistência a manchas	$\geq \text{CLASSE 3}$	$\geq \text{CLASSE 3}$	
Expansão por umidade	A declarar	$\leq 0,2 \text{ mm/m}$	
Variação dimensional	$\pm 1 \text{ mm}$	$\pm 1 \text{ mm}$	
Resistência a produtos de limpeza doméstica e sais de piscinas	Mínimo GLB	Mínimo GLB	
Resistência a álcalis e ácidos de baixa concentração	A declarar	Mínimo GLB	
Resistência ao gretamento	Requerido	Requerido	
Aspecto superficial	Mínimo 95%	Mínimo 95%	
Coefficiente de atrito	A declarar	$< 0,4$	
Dimensão de trabalho	A declarar	698,0 mm x 698,0 mm	
Espessura	A declarar	8,5 mm	
Peças por caixa	A declarar	5	
Área de cobertura	A declarar	2,44 m ²	
Junta mínima	A declarar	2 mm	
Variação de tonalidade	A declarar	V2	
Indicação de Uso	A declarar	MT	
Variação de face	A declarar	Até 30	
VARIÇÃO DE TONALIDADE			

Em nota de rodapé: 3 - Disponível em:

<https://www.deltaceramica.com.br/ficha_tecnica/2311.pdf> Acesso em agosto 2023.

No caso da empresa Eliane em seu site as informações não ficam bem claras quanto a formatos comerciais, formato nominal e o formato de fabricação, mas ao abrir a ficha técnica é possível perceber claramente a medida nominal e o tamanho da junta especificada, além disso é possível concluir que o produto não foi pensado para aplicação de coordenação modular visto que a dimensão de trabalho mais o valor da junta não é um múltiplo de 10 cm.

Figura 24: Certificado de produto empresa Eliane.



CERTIFICADO DE PRODUTO
LABORATÓRIO DE PRODUTO ACABADO

ISO 13006-10545
 Norma Brasileira Equivalente ABNT NBR ISO 13006 - NBR ISO 10545
 Norma Brasileira de Desempenho ABNT - NBR 15575

Mohawk Revestimentos Cocal do Sul Ltda . Rua Maximiliano Gaidzinski-sala 2, N. 245
 88845-000 . Cocal do Sul- SC . Brasil . +55 (048) 3447-7777 . www.eliane.com

Produto:	CALIZA FROST AC 60X60	Processo Fabril:	Via Úmida	
Código:	8049878	Tamanho Fabricação:	600,0 x 600,0 mm	
Grupo:	Bla	Tamanho Nominal:	60x60 cm	
Tipologia:	PORC GL	Espessura:	9,5 mm	
Shade:	V2	Área Cobertura:	1,44m ² /caixa	
Junta:	3 mm	Nº Pcs/Cx:	4,00	
Acabamento da borda:	Bold	Superfície:	GL (Esmaltado)	

Em nota de rodapé: 4 - Disponível em: <

<https://www.eliane.com/produtos/caliza-frost-ac-90x90-sc-8049680>>

Acesso em agosto 2023.

Outro problema encontrado é o fato das dimensões das peças estarem em centímetro e em polegadas em alguns catálogos não sendo possível saber ao certo a dimensão do produto.

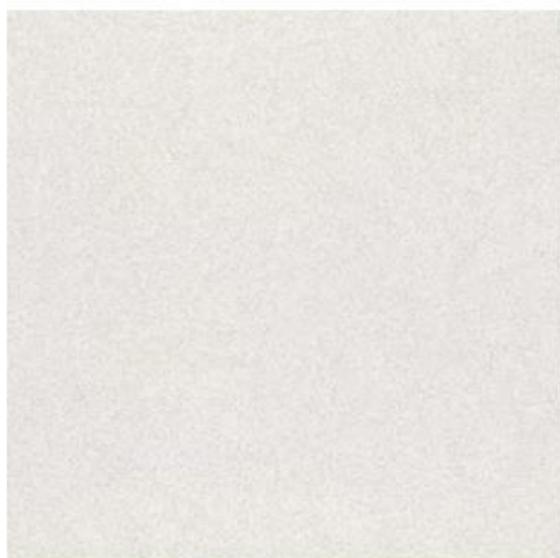
Figura 25: Catalogo geral Eliane 2023

SÉRIE MICRON

Texstone

UGL V1 CCB SC

Micron Branco



80x80 cm | 32"x32" [retificado]
 60x60 cm | 24"x24" [retificado]
 NA - COF II - Bla - FHC - FWI - WFA
 PD - COF I - Bla - FHC - WFA
 No-Slip - COF II - Bla - FHO

Micron Zinco



80x80 cm | 32"x32" [retificado]
 60x60 cm | 24"x24" [retificado]
 NA - COF II - Bla - FHC - FWI - WFA
 PD - COF I - Bla - FHC - WFA
 No-Slip - COF II - Bla - FHO

Em nota de rodapé: 5 - Disponível em:

<<https://www.eliane.com/downloads>> Acesso em agosto 2023.

Já a empresa Incefra não deixa claro em seu site as informações quanto a formatos comerciais, formato nominal e o formato de fabricação, além disso é possível concluir que o produto não foi pensado para aplicação de coordenação modular visto que a dimensão de trabalho mais o valor da junta não é um múltiplo de 10 cm.

Figura 26: Ficha técnica Incefra

NOME

Título PDP37880	Formato 45cm x 45cm	Acabamento Acetinado
Indicação de Uso LI / LC	Coefficiente de atrito 0,4	Junta mínima 5mm
Quantidade de Faces 12		

**Descrição**

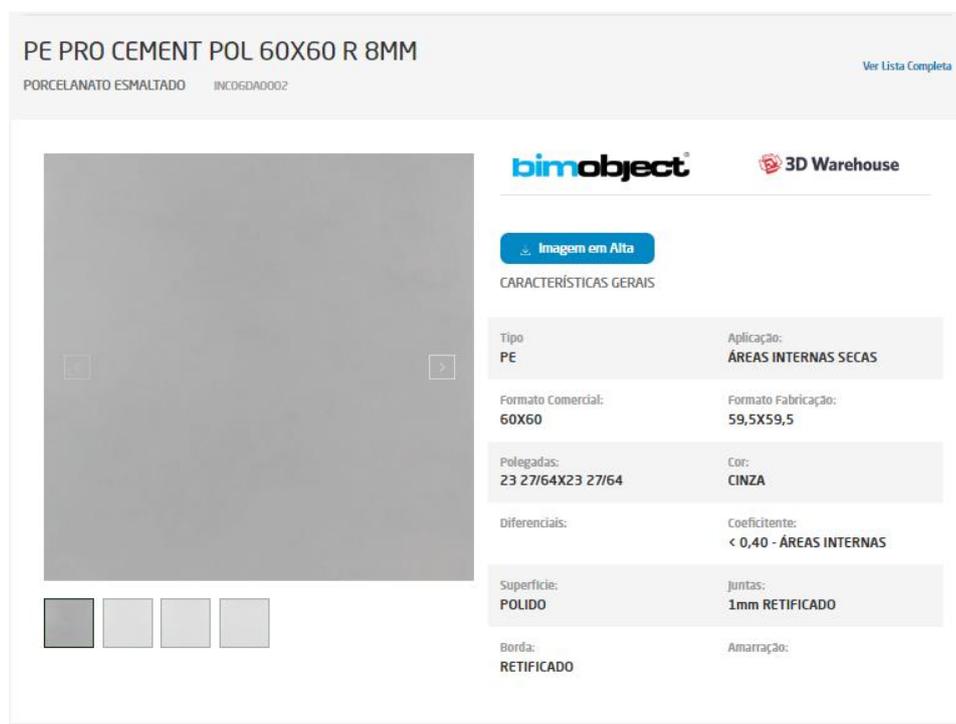
O lançamento PSP37880R da Incefra é perfeito para você que busca durabilidade, qualidade e um excelente custo benefício. O revestimento cerâmico PSP37880R possui medida de 45x45 e faz parte da coleção Linha Protek inspirado na tipologia cimento. O produto é de aplicação indicada para parede. A junta do Revestimento PSP37880R é de 2 mm e possui acabamento acetinado. A Incefra pertence ao Grupo Fragnani e está no mercado desde 1971, quando o fundador Valdemar Fragnani começou a produzir telhas no interior de São Paulo. A partir de 1989, passou a fabricar pisos e placas cerâmicas. Hoje, o Grupo Fragnani prioriza o investimento em tecnologia para oferecer a você produtos da mais alta qualidade.

Em nota de rodapé: 6 - Disponível em: <

https://www.incefra.com.br/Produtos/download_pdf_produto_especifico/pp37880> Acesso em agosto 2023.

A empresa Incepa disponibiliza em seu site as informações de forma clara quanto a formatos comerciais, formato nominal e o formato de fabricação, além disso é possível concluir que o produto não foi pensado para aplicação de coordenação modular visto que a dimensão de trabalho mais o valor da junta não é um múltiplo de 10 cm. Outro problema encontrado é o fato das dimensões das peças estarem em centímetro e em polegadas não sendo possível saber ao certo a dimensão do produto.

Figura 27: Porcelanato Incepa



Em nota de rodapé: 7 - Disponível em: <

<https://www.incepa.com.br/serie/pro/produto/pe-pro-cement-pol-60x60-r-8mm>

> Acesso em agosto 2023.

A empresa Portinari deixa claro as informações de formato comercial, formato nominal e o formato de fabricação no catálogo. Apresenta informações claras na página do produto sendo a medida de fabricação a medida real da peça, sendo aplicado junta seca (sem espaço entre as peças).

Figura 28: Especificações e características técnicas Portinari

Tamanho

TAMANHO COMERCIAL – as dimensões são arredondadas, o número faz referência a uma aproximação do tamanho de fabricação.

TAMANHO NOMINAL – é igual ao tamanho de fabricação, com diferença na unidade dimensional.

TAMANHO DE FABRICAÇÃO – medida real da peça no final do processo produtivo. Considere as dimensões de fabricação para as paginações de ambientes.



60X60
(COMERCIAL)

58,4 X 58,4 CM
(NOMINAL)

584,00 X 584,00 MM
(FABRICAÇÃO)

Em nota de rodapé: 8 - Disponível em:

<<https://www.ceramicaportinari.com.br/downloads>> Acesso em agosto 2023.

Figura 29: Porcelanato Portinari

	Produto	Especificações técnicas	Características
100X100 RET		Código: 62461 Produto: SANDSTONE SGR HARD Variação de tonalidade: Superfície: HARD Classe de uso: USO PP - Porcelanato técnico de uso amplo. Paredes e pavimentos de todas os ambientes residenciais e comerciais de tráfego intenso.	Tamanho de fabricação: 1000,0X1000,0X10,0MM Junta de assentamento: Junta Seca Espessura: 10,0 MM PC/CX: 2 M2/CX: 2 Sugestão de cores para rejunte: WEBBER - YPE REJUNTABRAS - BLANCO QUARTZOBRAS - MARMO DIAMANTE
	Variação Visual 	Tipo: PPP-PIETRA PORTINARI PRIME Acabamento de borda: RET	

Em nota de rodapé: 9 - Disponível em:

<<https://www.ceramicaportinari.com.br/produtos/sandstone-sgr-hard-100x100>> Acesso em agosto 2023.

Ao analisar as medidas fornecidas no site do fabricante, foi possível concluir que os produtos com medida de fabricação múltiplos de 10cm com junta seca poderiam ser utilizados nos projetos de coordenação modular, em pequenos projetos visto que a variação dimensional mais o espaço entre peças poderia gerar uma diferença por peça de até 2 mm o que em grandes dimensões perderia a modulação. Mesmo sendo possível a utilização e as informações estarem claras quanto as dimensões podemos constatar que a coordenação modular não foi levada em consideração no processo de fabricação.

9 CONCLUSÃO

Este trabalho procurou demonstrar a relevância da Coordenação Modular, promovendo sua difusão orientação pratica e aplicação, demonstrando sua viabilidade e vantagens competitivas por se tratar de um método racional que traduz ao setor da construção civil inúmeras vantagens.

Também foi possível observar que o desconhecimento dessa técnica tanto por parte das empresas e dos profissionais de arquitetura e engenharia, promove desperdícios e a incompatibilidade, mesmo que parcial, dos componentes da indústria da construção civil.

O trabalho também demonstrou de forma clara que a indústria de materiais em acabamentos cerâmicos, em sua grande maioria, não observa a NBR 15873 para fabricação de seus produtos deixando uma parte tão importante do setor da construção civil incompatível com o método da coordenação modular, sendo necessário a utilização de outros tipos de acabamentos ou adequações em obra na fase de acabamento.

Mesmo que de forma parcial esse trabalho buscou trazer em pauta as dificuldades e necessidade de esforços para a implementação dessa técnica na indústria aberta assim como programas governamentais que poderiam apoiar e fomentar sua utilização.

Assim, espera-se que se torne uma fonte de esclarecimentos para estudantes e profissionais da área, visto que o Brasil precisa avançar em muitos aspectos no setor da construção civil trazendo desenvolvimento para o país.

REFERÊNCIAS

NBR 15873: **coordenação modular para edificações**. Rio de Janeiro, 2010b.

MASCARÓ, L. E. R. de. **Coordinación modular? Qué es?** Summa, Buenos Aires, n. 103, p. 20-21, ago. 1976.

BALDWIN, C. Y.; CLARK, K. **Managing in the Age of Modularity**. Harvard Business Review, 1997. Disponível no endereço eletrônico: www://users.du.se/~pke/Course.htm. Acesso em 04.04.05

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

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.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL; FUNDAÇÃO EUCLIDES CUNHA. **Relatório de avaliação dos esforços para implantação da coordenação modular no Brasil**. [S.l.], 2009. 80 p. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/8713516-Relatorio-de-avaliacao-dos-esforcos-para-implantacao-da-coordenacao-modular-no-brasil.html> >. Acesso em: 10 ago. 2023.

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

BARBOZA, A. S. R., LIMA, S. F. C. **Coordenação Modular Aplicada a Habitação de Interesse Social Unifamiliar**. Manual Técnico, Maceió, 2009, 71p.

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.

BALDAUF, A. S. F. **Contribuição à implementação da coordenação modular da construção no Brasil**. 2004. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

EUROPEAN PRODUCTIVITY AGENCY. **La coordinación modular en la edificación**. Buenos Aires: López, 1962.

ROSSO, T. **Teoria e prática da coordenação modular**. São Paulo: Instituto de Engenharia USP, 1976.

Grupo MOM. Disponível em: http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/23_cm/index.html. Acesso em: 31 jan. 2017.

BALDAUF, A. S. F.; GREVEN, H. A. **Introdução à coordenação modular da construção no Brasil: uma abordagem atualizada**. Porto Alegre: ANTAC, 2007. 322 72p. Disponível em: < <http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/colecao10/CAP5-REF.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2023.

CRESPO, Marina Rosa C921c **Coordenação modular: acepções contemporâneas** / Marina Rosa Crespo. -- São Paulo, 2017. 329 p. : il.

ANDRADE, M. L. V. X. **Coordenação dimensional como ferramenta para a qualidade em projetos de habitação popular**. 2000. 196p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

MAIRINK, Carlos Henrique Passos. **Descomplicando o Projeto de Pesquisa**. [recurso eletrônico] / Carlos Henrique Passos Mairink - Belo Horizonte, MG: CaMaiK, 2018.

MAIRINK, Carlos Henrique Passos. HAMANAKA, Raíssa Yuri. SOARES, Filipi Miranda. **Manual para normalização de artigos científicos: atualizado de acordo com as NBR 6022/2018 e NBR 6023/2018**. 2. ed. rev. e atual. - Belo Horizonte: CaMaiK, 2020.

ROSSO, Teodoro. **Pré-fabricação, a Coordenação Modular: Teoria e Prática**. São Paulo, Instituto de Engenharia, 1966.

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. São Paulo: Pioneira, 1998.

COULON, Alan. **Etnometodologia**. Trad. de Ephraim Ferreira Alves. Petrópolis: Vozes, 1995.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1994.

HOPP, W., SPEARMAN, M. **Factory Physics: Foundation of Manufacturing Management**. Boston: McGraw-Hill, 1996

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Aurélio século XXI: o dicionário da língua portuguesa**. 3 Curitiba: Editora Positivo, 2004, 2120 p.

AMORIM, S. R. L.; KAPP, S.; EKSTERMAN, C. F. **Manual de práticas recomendadas – Coordenação modular: Caderno 1 – Projeto em habitação de interesse social**. Rio de Janeiro, 2010a.

CEUSA. Disponível em: <<https://www.ceusa.com.br/downloads> > Acesso em agosto 2023.

DELTA Industria cerâmica LTDA. Disponível em: <https://www.deltaceramica.com.br/ficha_tecnica/2311.pdf > Acesso em agosto 2023.

ELIANE. Disponível em: < <https://www.eliane.com/produtos/caliza-frost-ac-90x90-sc-8049680>> Acesso em agosto 2023.

ELIANE. Disponível em: <<https://www.eliane.com/downloads>> Acesso em agosto 2023.

INCEFRA. Disponível em: <https://www.incefra.com.br/Produtos/download_pdf_produto_especifico/pdp37880 > Acesso em agosto 2023.

INCEPA. Disponível em: < <https://www.incepa.com.br/serie/pro/produto/pe-pro-cement-pol-60x60-r-8mm>

> Acesso em agosto 2023.

PORTINARI. Disponível em: <<https://www.ceramicaportinari.com.br/downloads>> Acesso em agosto 2023.

PORTINARI. Disponível em: <<https://www.ceramicaportinari.com.br/produtos/sandstone-sgr-hard-100x100>> Acesso em agosto 2023.