

2.

Aspectos históricos da coordenação modular

2.1 O módulo

A palavra “módulo” tem origem no latim *modulu* e, para o presente trabalho, significa, adotando as definições propostas por Ferreira (1999):

- a) medida reguladora das proporções de uma obra arquitetônica; ou
- b) quantidade que se toma como unidade de qualquer medida.

Historicamente, o uso de um módulo aparece na Arquitetura em uma interpretação clássica dos gregos, sob um caráter estético; dos romanos, sob um caráter estético-funcional; e dos japoneses, sob um caráter funcional (ROSSO, 1976).

2.1.1 Os gregos

A proporção dos elementos das ordens gregas era a expressão da beleza e da harmonia (CHING, 1998). Para a unidade básica das dimensões era utilizado o diâmetro da coluna. A partir desse módulo, criavam-se to-

das as demais dimensões, não só da própria coluna - como o fuste, o capitel e a base -, mas de todas as demais dimensões da obra arquitetônica.

Também o espaço entre as colunas estava baseado no diâmetro delas, e a distância entre as colunas da esquina das edificações gregas é, segundo Nissen

(1976), um excelente exemplo do conflito entre ritmo arquitetônico e exigências estruturais. Na arquitetura grega, o vão da esquina era menor em relação aos demais vãos para que os componentes “pré-fabricados” se mantivessem com a mesma dimensão daqueles existentes nos outros vãos.

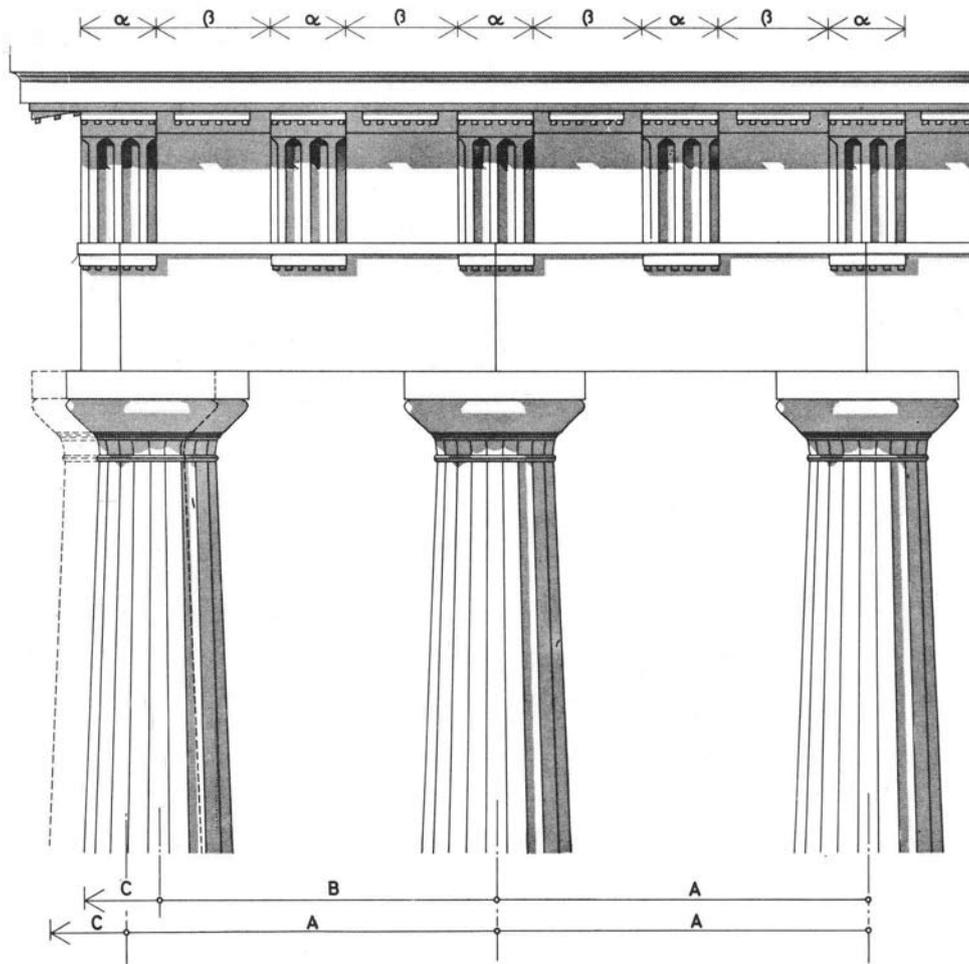


Figura 1 - Vãos normais e de esquina na arquitetura grega (NISSEN, 1976)

Com base nesse princípio, os frisos e as vigas mantinham a mesma dimensão ao longo de toda a fachada, inclusive nos vãos das esquinas. A Figura 1 mostra que o vão menor, “B”, rompe o ritmo exato dos vãos “A”, mantendo, dessa forma, as dimensões dos frisos e vigas iguais. O vão normal é o “A”, e o de esquina é o “B”. A linha tracejada mostra onde a coluna deveria estar posicionada se os vãos “A” e “B” fossem iguais.

Ainda contemplando essa questão estética da arquitetura grega, a Figura 2 mostra uma residência de um pavimento cujas fachadas foram projetadas com o módulo de $A = 4$ pés atenienses. Os dois tipos

de frisos (métopas e tríglifos) determinam o intervalo das colunas, que corresponde a duas peças de cada um dos frisos. Com essa composição, os vãos das esquinas é que sofrem redução de medida, tornando-se menores (NISSEN, 1976).

Mesmo sendo o diâmetro da coluna a dimensão moduladora da arquitetura grega, o tamanho das colunas variava conforme a edificação. Sendo assim, as ordens gregos - toscana, dórica, jônica, coríntia e composta - não se apoiavam em uma unidade de medida constante, mas cada uma seguia as suas proporções. Essas proporções podem ser visualizadas na Figura 3, na interpretação de Viñola (1948).

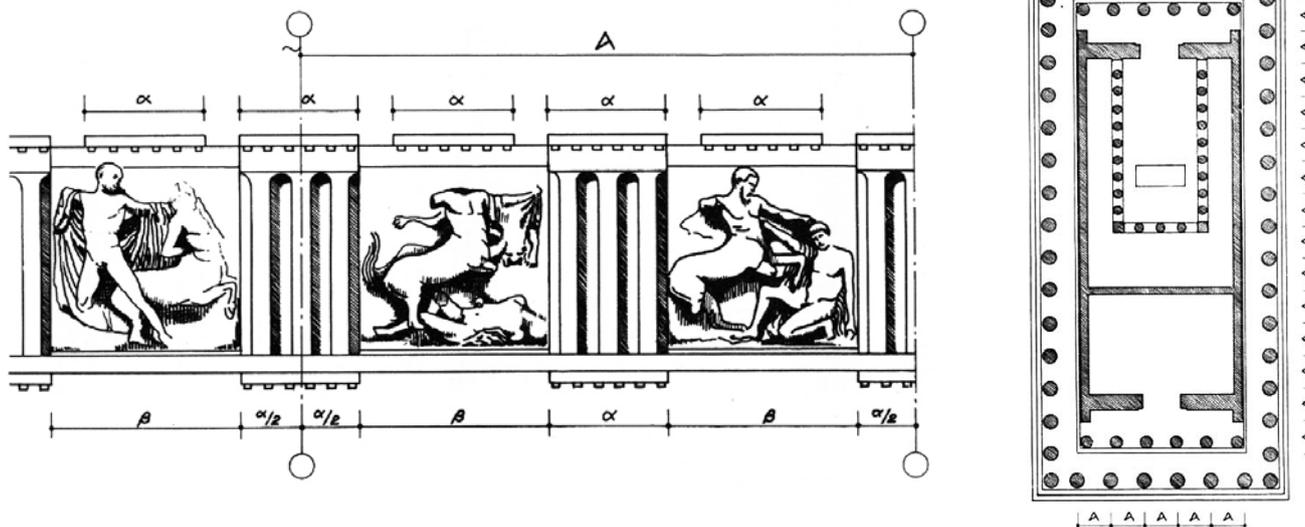
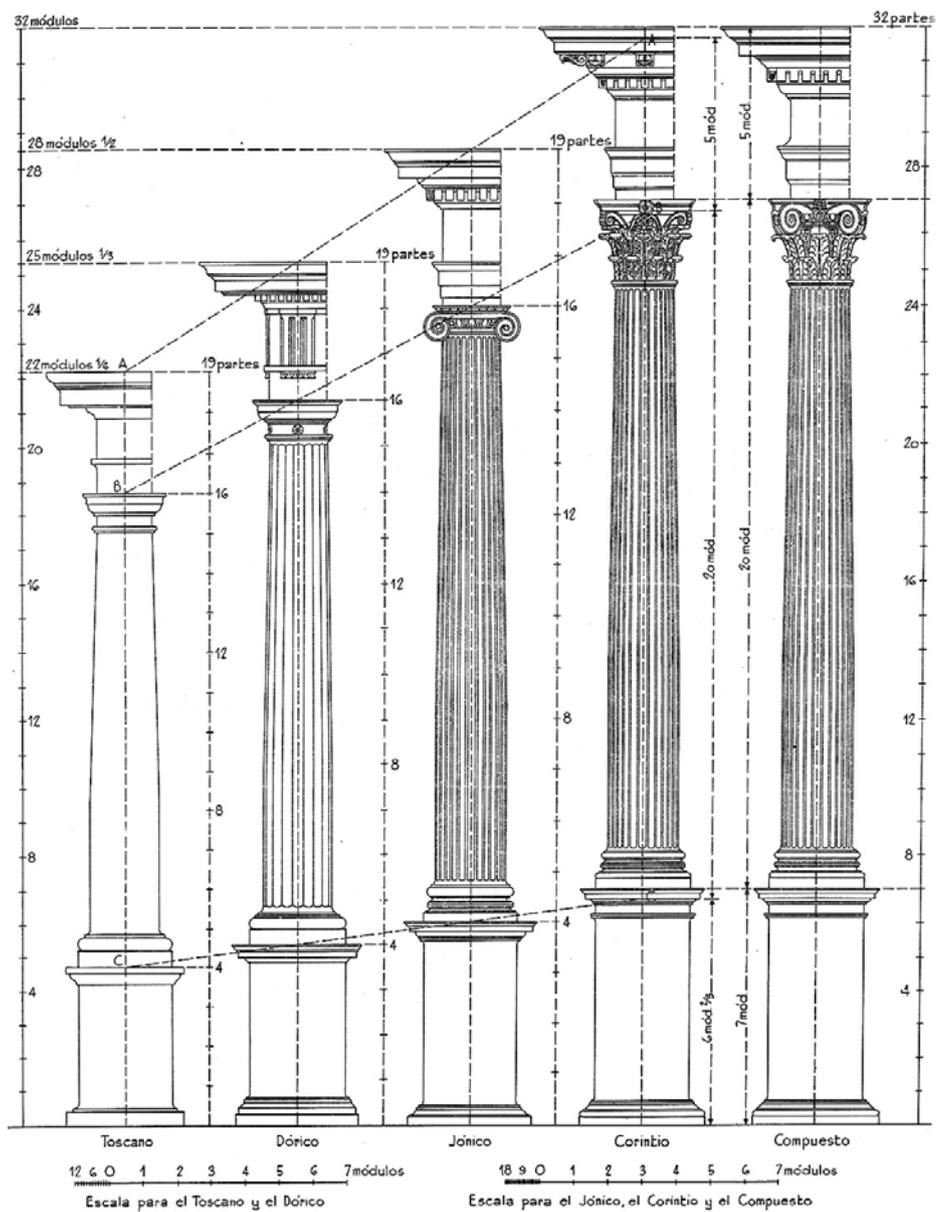


Figura 2 - Casa grega de um pavimento, do ano de 448 a.C. (NISSEN, 1976)



PARALELO EXPLICATIVO DE LOS CINCO ORDENES DE ARQUITECTURA SEGUN VIOLA
y de sus relaciones proporcionales entre sí

5

Figura 3 – As ordens gregas segundo Viñola (VIÑOLA, 1948)

2.1.2 Os romanos

Na civilização romana, o planejamento das cidades e o projeto dos edifícios obedeciam a um reticulado modular baseado no *passus* romano, que era múltiplo do *pes*, uma unidade de medida antropométrica. Além de as composições estarem baseadas em um módulo antropométrico, os romanos, povo de caráter essencialmente prático, tinham conseguido padronizar seus tijolos em dois tipos universais: o *bipetalis* e o *sesquipetalis* (ROSSO, 1976).

Exemplo do planejamento das cidades é o traçado da cidade de Emona, baseado em um módulo de 60 *passus*, originando um reticulado de 360 *passus* x 300 *passus*, dando à cidade uma proporção de 6:5. Na Figura 4 pode ser visualizada a malha pela qual a cidade de Emona, hoje Liubliana, na Eslovênia, se organizava.

Os romanos ainda serviram-se do módulo para estabelecer medidas tanto de componentes construtivos – como tubos cerâmicos, telhas, tijolos, colunas e ladrilhos – quanto de utensílios domésticos, como ânforas, copos e pratos.

Conforme o Noticiário da Coordenação Modular, as pesquisas arqueológicas do professor iugoslavo Tine Kurent mostraram que os romanos utilizavam componentes padronizados e modulados. O que

mais chamou a atenção de Kurent foi o fato de os componentes terem medidas de fabricação correspondentes a uma modulação que já levava em conta a espessura das juntas ou a sobreposição das peças (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOWCENTRUM, 1972).

Mas a propriedade mais importante das séries dimensionais romanas no que diz respeito à composição consiste, segundo Kurent, no que Vitruvius, arquiteto romano do século I a.C., chamava de *ratio symetriorum*²: os tamanhos modulares dos componentes construtivos romanos eram pequenos múltiplos de várias unidades padrão. Portanto, também as composições de componentes romanos eram somas e múltiplos de várias unidades padrão de medidas, mas nenhuma unidade padrão constituía um módulo-base, ou um submódulo, ou um multimódulo (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOWCENTRUM, 1972).

A Figura 5 mostra como as medidas modulares romanas para componentes construtivos e seus incrementos eram idênticas a pequenos múltiplos inteiros de uma medida padrão romana. Todas as unidades romanas podiam ser usadas como módulos de acordo com as circunstâncias (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOWCENTRUM, 1972).

² Essa simetria era entendida por Vitruvius como a relação matemática estável das partes entre si e de cada parte com o todo (WITTKOWER, 1995).

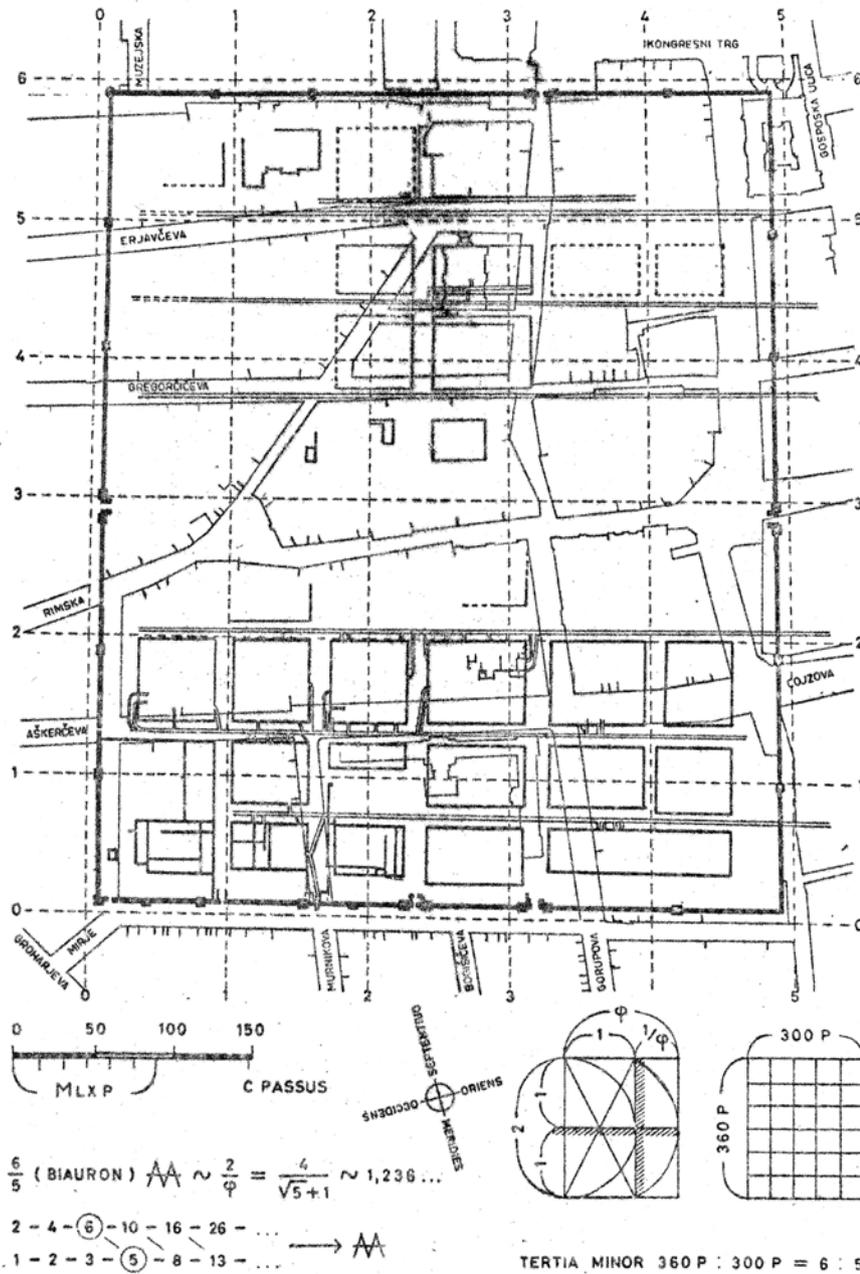


Figura 4 - Cidade de Emona (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1972)

Componentes	Dimensões
Tubo cerâmico para água	Comprimento modular: 1 <i>gradu</i> (passo)
<i>Tegula</i> (telha)	Comprimento e largura modulares: 1 <i>cubitu</i> (osso longo situado na face interna do antebraço) = 6 <i>palmi</i> (palma: porção da mão entre o punho e os dedos)
Imbrex	Comprimento modular: 1 <i>cubitu</i> = 6 <i>palmi</i>
Laje de tijolos para <i>hypocaustu</i> (sistema de calefação)	Comprimento e largura modulares: 1 <i>bipedalis</i> (2 pés) = 8 <i>palmi</i>
Pequena coluna de pedra para <i>hypocaustu</i>	Largura modular: 1 <i>semis</i> = 2 <i>palmi</i> Altura modular: 2 <i>pedes</i> = 8 <i>palmi</i>
Tijolo <i>lydica</i>	Largura modular: 1 <i>pes</i> = 4 <i>palmi</i> Altura modular: 1 <i>palmus</i> Comprimento modular: 1 <i>cubitu</i> = 6 <i>palmi</i>
Vários ladrilhos quadrados para pisos	Áreas modulares = 1 <i>cubitu</i> quadrado ou 1 <i>pes</i> quadrado ou 1 <i>bes</i> quadrado
Vários ladrilhos hexagonais	Largura modular: 1 <i>bes</i> ou 1 <i>triens</i> ou 2 <i>unciae</i> (polegadas)
Pequenas pedras e tijolos para mosaicos de pisos	Espaço modular: 1 <i>uncia</i> cúbica ou 1 <i>semiuncia</i> cúbica ou 1 <i>silicus</i> (rocha) cúbico

Figura 5 - As medidas modulares romanas (BALDAUF, 2004 baseado em CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1972)

Dessa forma, os romanos aplicaram uma modulação flexível desde o pequeno componente até a grande cidade (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1972).

2.1.3 Os japoneses

A unidade clássica de medida japonesa, o *shaku*, tem origem chinesa. Praticamente equivale ao pé inglês e é divisível em unidades decimais. Durante a segunda metade da Idade Média, no Japão, implantou-se outra medida, o *ken*. Ainda que no início

só fosse utilizado para desenhar a separação entre duas colunas e não apresentasse uma dimensão fixa, logo foi normalizado para ser aplicado na arquitetura residencial. O *ken* passou a ser uma medida absoluta (CHING, 1998) não só para a construção de edifícios, tendo evoluído até se tornar um módulo que regia toda a estrutura, os materiais e os espaços da arquitetura japonesa.

Com a trama modular do *ken*, instauraram-se dois métodos de projeto. No primeiro, o método *inaka-ma*, a trama do *ken* (que passou a ser 6 *shaku*)

determinava a separação entre os eixos das colunas. Por consequência, o tradicional tatame (3 x 6 *shaku* ou $\frac{1}{2}$ x 1 *ken*) variava ligeiramente, tendo em conta o diâmetro da coluna (CHING, 1998).

No método *kýo-ma*, o tatame tinha dimensões constantes (3,15 x 6,30 *shaku*) e o entre-colunas (módulo *ken*) oscilava entre 6,4 e 6,7 *shaku* (CHING, 1998).

O tatame, por ser usado em todos os locais internos, levou à necessidade de os espaços serem dimensionados de forma a poder receber, no piso, um número inteiro de tatames, dando à modulação um caráter prático-funcional (ROSSO, 1976). As medidas de uma habitação eram expressas pelo número de tatames utilizados. No princípio, a dimensão do tatame era a que permitia que duas pessoas estivessem

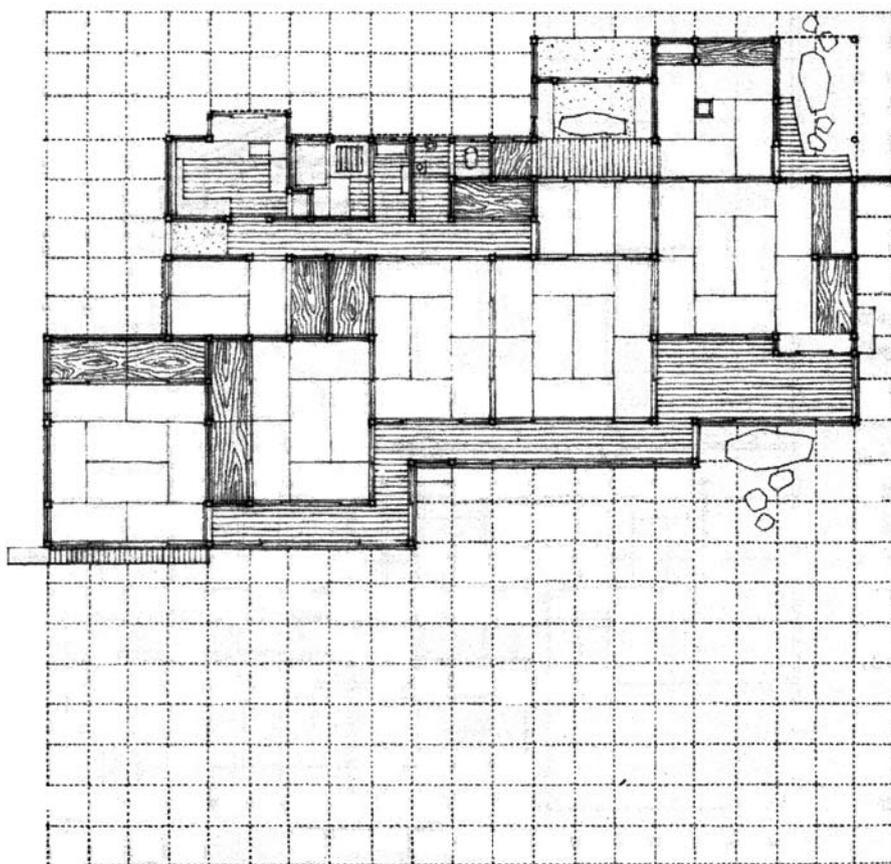


Figura 6 - Residência típica japonesa (CHING, 2002)

comodamente sentadas, ou somente uma dormindo. Mas, conforme a trama *ken* se desenvolveu, o tatame perdeu sua dependência das dimensões humanas e se perderam também as necessidades de um sistema estrutural e de separação entre colunas baseados nessa modulação (CHING, 1998).

Em função de sua modulação 1:2, os tatames podiam ser distribuídos em um grande número de posições para qualquer dimensão de habitação, e para cada uma delas se fixava uma altura de teto que se calculava a partir da seguinte igualdade: altura de teto = número de tatames x 0,3 (CHING, 1998).

Em uma casa tipicamente japonesa, a trama *ken* regia a estrutura e a seqüência aditiva, de espaço a espaço, das diferentes habitações. A Figura 6 mostra uma residência típica japonesa, onde as medidas do módulo, relativamente pequeno, possibilitavam a disposição de espaços retangulares, de maneira totalmente livre segundo modelos lineares, agrupados ou arbitrários (CHING, 1998).

2.2 Revolução Industrial

O desenvolvimento das estradas de ferro teve influência direta sobre a construção, por um lado permitindo desvincular a construção dos materiais de proveniência local e, por outro, agindo na formação da rede urbana. O transporte de matérias e materiais para a construção adquire maior difusão quando o transporte ferroviário assume o papel do transporte de passageiros e deixa o transporte fluvial livre para os materiais pesados, desvinculando

a dependência da construção do uso de materiais locais (GRISOTTI, 1965).

Nesse panorama da evolução dos transportes, a história da arquitetura moderna confunde-se com a história da industrialização, pois a necessidade de edifícios industriais maiores e mais resistentes, edifícios públicos, portos e armazéns solicitaram o uso de novos materiais, como o ferro fundido e o vidro, dando forma à arquitetura que é reconhecida como a arquitetura moderna. “O ferro e o vidro constituíram materiais de construção há muitos séculos, mas são considerados novos na medida em que os progressos industriais permitiram sua produção em grande quantidade e estenderam sua aplicação à maioria dos edifícios” (BRUNA, 1976). Os pavilhões para as exposições internacionais foram as edificações que inicialmente mais utilizaram o ferro e o vidro, como resultado dos progressos industriais de que fala Bruna.

2.2.1 Do módulo à Coordenação Modular

Considera-se como primeira aplicação da Coordenação Modular o Palácio de Cristal, projetado por Joseph Paxton e construído entre 1850 e 1851 para a Exposição Universal de Londres. “A partir de então, arquitetos e engenheiros de várias escolas e nacionalidades, sensíveis às modificações provocadas pela industrialização crescente e pela produção em massa, começaram a submeter o processo arquitetônico a um profundo trabalho de revisão para colocar os recursos da industrialização a serviço de uma nova revolução, a social, cujos anseios deveriam ser satisfeitos” (ROSSO, 1976).

A primeira exposição industrial internacional foi realizada no Hyde Park, em Londres, e inaugurada em maio de 1851. A comissão organizadora patrocinou um concurso internacional cujo primeiro lugar foi ganho pelo arquiteto francês Hector Houreau (GÖSSEL; LEUTHÄUSER, 1991). O projeto foi recusado, pois o comitê da exposição queria uma edificação que pudesse ser desmontada e na qual fossem empregados componentes pequenos e reutilizáveis. Em função disso, o comitê de construção da Exposição iniciou seu próprio projeto, obra do engenheiro Brunel e do arquiteto Donaldson. O projeto resultante, uma espécie de superestação de estrada de ferro, era impraticável, uma vez que deveria ser construído em ferro num prazo muito curto: menos de nove meses (BRUNA, 1976). Já estava sendo elaborada uma concorrência para a execução desse projeto quando Joseph Paxton apresentou um estudo baseado nas suas experiências adquiridas com outros projetos. A concorrência foi ganha, e a edificação executada dentro do orçamento previsto e no incrível prazo de nove meses (HITCHCOCK apud BRUNA, 1976). Isso foi possível graças ao rigoroso estudo e detalhamento feito pelos engenheiros Charles Fox e Henderson, seu sócio, de todos os elementos da construção, do método de produção, do sistema de montagem, do tempo de construção e do rigoroso controle dos custos. Os elementos utilizados foram projetados para ser produzidos em massa, com as técnicas de fundição existentes na época, permitindo sua montagem e desmontagem (BRUNA, 1976).

O pavilhão de 71.500 m² foi totalmente construído com componentes pré-fabricados produzidos e montados no próprio canteiro. O elemento condicionador da escolha do módulo foi o vidro, aplicado em grandes placas, cuja medida máxima de fabricação era de 8 pés (cerca de 240 cm) (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a), dimensão esta que determinou o reticulado da malha. Os múltiplos do módulo (24, 48, 72 pés - cerca de 720 cm, 1.440 cm, 2.160 cm, respectivamente) determinaram as posições e as dimensões de todas as peças (GÖSSEL; LEUTHÄUSER, 1991).

Uma foto do Palácio de Cristal, após sua reconstrução em 1854, na cidade de Sydenham, é mostrada na Figura 7.



Figura 7 - Palácio de Cristal (GÖSSEL; LEUTHÄUSER, 1991)

Construtivamente, o Palácio de Cristal representa uma síntese de componentes estudados separadamente e coordenados entre si por uma rede modular; o espaço resultante da somatória de elementos padronizados e industrializados era o fruto perfeito da tecnologia empregada e do estudo racional dos vínculos, dos limites econômicos e de tempo, dos condicionantes técnicos de produção e montagem. O Palácio de Cristal, na sua integridade de obra-de-arte, exprime a essência do próprio tempo, antecipando em cem anos a problemática que os arquitetos e engenheiros do pós-guerra na Europa deveriam enfrentar com a industrialização da construção (BRUNA, 1976), como a substituição da dimensão métrica pela dimensão modular, a produção padronizada dos componentes e também a consideração das necessidades econômicas, funcionais e técnicas.

Em poucos anos, inúmeras estruturas semelhantes ao Palácio de Cristal foram erguidas em todo o mundo. Apesar disso, Bruna (1976) coloca que é difícil, à primeira vista, compreender por que a pré-fabricação, que parecia uma conquista aceita e largamente difundida, foi abandonada na segunda metade do século para ser retomada somente quase um século depois.

2.3 Século XX

Com a industrialização que se processou em vários setores no século XX, a construção civil também não poderia deixar de passar por uma profunda revisão. Imbuídos pelo espírito dessa industrialização, não mais passível de uma regressão, profissionais da área iniciaram vários estudos a respeito da pré-fabricação e, conseqüentemente, da Coordenação Modular: a padronização dos componentes era necessária de qualquer maneira. Não era mais possível suportar os altos custos e os longos períodos de obras (CHEMILLIER, 1980).

Em 1921, o arquiteto Le Corbusier³ declarou que era preciso que as casas fossem produzidas em série, em fábricas, com linhas de montagem como a Ford montava seus automóveis (CHEMILLIER, 1980).

O arquiteto alemão Walter Gropius, na visão de Rosso (1976), é quem antecipa os tempos e as fases da Coordenação Modular. Gropius projetou e construiu duas casas isoladas: a do bairro operário *Weissenhof*⁴ (Figura 8), em 1927, e a “Casa Ampliável”, em 1932. Elas foram montadas a seco com componentes pré-fabricados: estrutura metálica e vedação com painéis de cortiça revestidos externamente com ci-

³ Le Corbusier nasceu na Suíça sob o nome de Charles-Edouard Jeanneret-Gris. Em 1917, mudou-se para Paris e adotou o pseudônimo de Le Corbusier.

⁴ Esse bairro foi criado na cidade de Stuttgart; onze arquitetos participaram dos projetos das residências, nas quais puderam mostrar a “nova” arquitetura: a moderna.

mento amianto. Na casa de *Weissenhof*, a planta era modular, e na “Casa Ampliável”, Gropius obtinha o crescimento da edificação por adição de alguns corpos volumétricos. Para Grisotti (1965), essas casas eram, até então, os exemplos, em termos tecnológicos, mais aprofundados sobre os estudos de modulação, pois nelas a escolha do módulo teve uma precisa justificação técnico-produtiva. Além disso, foram realizados a Coordenação Modular em três dimensões, a indicação das juntas, o estudo das esquadrias e dos equipamentos fixos, dimensionalmente coordenados com a malha de referência, as pro-



Figura 8 - Vista do bairro operário Weissenhof (BIERMANN et al., 2003)

cupações com os tempos e custos de montagem. Tudo isso demonstrava a qual grau de profundidade havia chegado a pesquisa de Gropius, seja no nível teórico, seja no estudo tecnológico dos materiais e dos processos de fabricação.

Mas o primeiro que desenvolveu a possibilidade de utilizar um módulo para os propósitos da indústria moderna foi Alfred Farwell Bemis (CAPO-RIONI; GARLATTI; TENCA-MONTINI, 1971), industrial de Boston que, a partir de 1930, originou os primeiros estudos de uma nova técnica de construção, a qual denominou de “método modular cúbico”. Esses estudos foram apresentados em 1936, no terceiro volume de *Rational Design* de sua obra *The evolving house* (A transformação da casa), quando expõe os fundamentos de uma teoria da Coordenação Modular, resumida no axioma pelo qual “todos os objetos que satisfaçam à condição de possuírem dimensões múltiplas de uma medida comum, são comensuráveis entre si e, portanto, também o são em relação à construção, que integrados passam a formar” (ROSSO, 1976). O *cubical method of design* por ele concebido, embora sob alguns aspectos passível de críticas, pode ser considerado a primeira formulação correta de uma teoria da aplicação do módulo-objeto⁵, voltada para as necessidades da industrialização (ROSSO, 1976).

⁵ Módulo aplicado à industrialização (ROSSO, 1976).

Bemis indicou 4 polegadas como dimensão do módulo, pois acreditava ser essa o mais racional. A mesma dimensão já tinha sido recomendada pelo engenheiro americano Fred Head, em 1925, porque daria uma flexibilidade adequada e estava relacionada com a dimensão utilizada nos estudos das casas de madeira americanas. As idéias de Bemis tiveram repercussão nos primeiros estudos realizados sobre Coordenação Modular na Europa e nos Estados Unidos (LISBOA, 1970).

Em 1938, dois anos após a morte de Bemis, a American Standard Association (ASA) iniciou um estudo para coordenar o dimensionamento dos componentes da construção. Quase no mesmo período, na França, iniciaram-se estudos semelhantes que, em 1942, apresentados à Associação Francesa para a Normalização (AFNOR), se tornaram projeto de norma e, a seguir, norma fundamental sobre o tema. A França foi o primeiro país a ter uma norma de Coordenação Modular de caráter nacional. A ela seguiram-se os Estados Unidos, que publicaram sua primeira norma em 1945, a Suécia, em 1946, e a Bélgica, em 1948 (LISBOA, 1970).

Em 1941, Gropius e o também arquiteto alemão Konrad Wachsmann projetaram um sistema de pré-fabricação para a *General Panel Corporation*, empresa americana que passou a produzi-lo industrialmente. O sistema tinha em vista a utilização de painéis de madeira através da aplicação de um malha modular de 3 pés e 4 polegadas, articulados mediante o uso de uma junta universal.

Ainda durante a Segunda Guerra, um estudo realmente sistemático e completo do assunto é realizado pelo alemão Ernst Neufert. Na época, a Alemanha estava pressionada pelos graves problemas bélicos, e Neufert, antecipando os problemas futuros de reconstrução, concebeu e articulou no seu livro *Bauordnungslehre*, publicado em 1943, um sistema de coordenação octamétrica (100 cm/8), baseado no módulo de 12,5 cm. Neufert preocupou-se principalmente em conceber um sistema dimensional que não alterasse substancialmente as medidas dos tijolos tradicionais alemães (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1971a).

Os estudos de Neufert foram tão importantes que a primeira norma alemã sobre Coordenação Modular, a DIN 4172, foi extraída dos seus trabalhos e publicada em 1951. Desde então até 1965, 4.400.000 habitações foram construídas na Alemanha obedecendo ao sistema octamétrico, o equivalente a mais de 50% de todas as construções realizadas nesse período no país (ROSSO, 1976). Além disso, calculava-se que, em 1970, eram produzidos em dimensões octamétricas 90% dos blocos sílico-calcários, 90% dos blocos de concreto leve, 89% das lajes mistas pré-fabricados, 75% dos caixilhos, 100% das chapas de fibrocimento e 65% das estruturas pré-fabricadas (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a). Apesar de o sistema octamétrico ter sofrido várias objeções, principalmente em função do módulo decimétrico, opção da maioria dos países, os resultados obtidos com o seu uso comprovaram a viabilidade e a eficiência da utilização da Coordenação Modular.

Diante da norma recém-publicada na França, e preocupado com os rumos da composição harmônica na arquitetura, Le Corbusier passa a estudar, a partir de 1942, um sistema de proporcionalidade que adequasse as medidas antropomórficas àquelas necessárias à produção industrial (PADOVAN, 1999). Para que atin-

gisse tal objetivo, Le Corbusier fundamentou *Le Modulor*, publicado em 1948, na matemática, utilizando as dimensões estéticas da seção áurea⁶ e da série de Fibonacci⁷, e nas proporções do corpo humano, através das dimensões funcionais (CHING, 1998). Em 1954, publicou o segundo volume: *Le Modulor II*.

Ainda durante a guerra, Bergvall e Dahlberg, na Suécia, estudaram a Coordenação Modular tomando o módulo de 10 cm como base, enquanto na América do Norte era o de 4 polegadas (10,06 cm).

A partir do final da Segunda Guerra Mundial, os trabalhos de todos esses precursores passaram a ser encarados com mais atenção, uma vez que os problemas habitacionais decorrentes da Guerra iriam exigir o desenvolvimento de novos métodos construtivos, quando os estudos e a aplicação da Coordenação Modular assumiram, então, um caráter universal, sendo conduzidos em nível de cooperação internacional (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOWCENTRUM, 1970a).

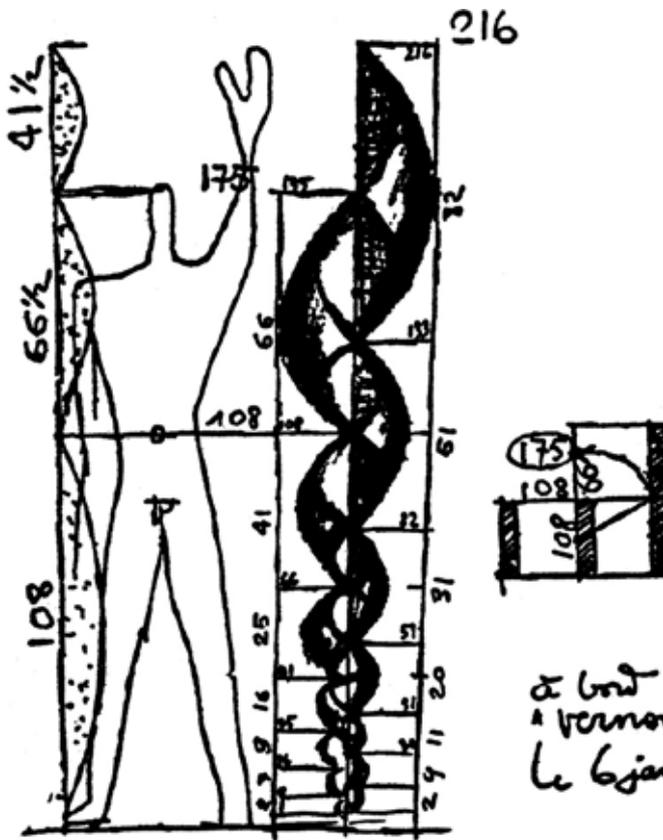


Figura 9 - Le Modulor (LE CORBUSIER, 1953)

⁶ A seção áurea, observada e estudada pela escola grega de Pitágoras, algebricamente se expressa segundo a equação $a/b = b/a + b$. O valor numérico dessa razão é $\varnothing: 1,618...$, chamado número de ouro. Ele aparece em muitas relações do corpo humano, como a razão entre a altura de uma pessoa e a distância do umbigo aos pés, por exemplo, e foi amplamente utilizado na arquitetura.

⁷ Leonardo Fibonacci, matemático italiano, escreveu, em 1202, *Liber Abacci*, no qual estuda o então denominado "problema dos pares de coelhos", para saber quantos coelhos poderiam ser gerados de um par de coelhos em um ano. Esse estudo chegou a uma seqüência numérica chamada série de Fibonacci: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, ..., em que, somando-se o 1º com o 2º números, obtém-se o 3º; somando-se o 2º com o 3º, obtém-se o 4º, e assim por diante.

Em 1949, um Comitê da International Organization for Standardization (ISO) para a edificação verificou que quase todos os países europeus e outros não europeus se dedicavam ao problema, mas, ao mesmo tempo, pouquíssimas nações optavam pelo estudo das aplicações práticas sob a forma de normalizações nacionais (CAPORIONI; GARLATTI; TENCA-MONTINI, 1971).

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

A AEP verificou então que as maiores vantagens da utilização da Coordenação Modular somente seriam alcançadas com a realização de um estudo metódico em âmbito internacional. Fixada essa necessidade de cooperação internacional, a AEP decidiu organizar um plano especial para o estudo da Coordenação Modular, iniciado em 1953. Participaram desse estudo onze países europeus (Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, França, Grécia, Itália, Noruega, Holanda, Grã-Bretanha e Suécia) e mais o Canadá e os Estados Unidos. O plano foi dividido em duas fases: na primeira, foram recolhidas as opiniões e as experiências de cada um dos países, a partir das quais foi formulada uma teoria sintética da Coordenação Modular; e, na segunda, passaram à

aplicação prática dessa teoria, a fim de comprová-la e de desenvolvê-la.

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

Para cumprir as resoluções fixadas pela AEP, foi construído, em cada país, determinado número de edifícios que caracterizavam e comprovavam a aplicação prática dos princípios enunciados. Dessa maneira, a teoria modular foi completada com investigações práticas e discussões teóricas, baseadas nos experimentos desenvolvidos em cada um dos países que aderiram ao projeto, com a intenção de definir melhor o sistema modular.

Em 1957, foi realizada uma votação pelo subcomitê TC-59 da ISO, que aprovou oficialmente a adoção da medida de 10 cm ou 4 polegadas como módulos-base, módulos já estabelecidos na reunião de agosto de 1955 (BUSSAT, 1963). Na mesma reunião, foram criados pelo subcomitê TC-59 três grupos de trabalho: o primeiro, para a terminologia; o segundo, para as tolerâncias da Coordenação Modular, e o terceiro, para as dimensões modulares.

Outros países participantes do projeto, como Áustria, Dinamarca, Grécia e Holanda, ou simples observadores, como Estados Unidos, no final de 1957, já haviam adotado os módulos propostos. O módulo decimétrico foi admitido espontaneamente também na URSS, na Índia, na Polônia, no Japão, na Iugoslávia e em alguns países da América do Sul. Também alguns países da África meridional estudaram a possibilidade de utilizar o módulo de 4 polegadas.

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

Em 1960, constituiu-se o International Modular Group (IMG), entidade que absorveu os grupos de trabalho da AEP, do COMECON (órgão econômico dos países socialistas da Europa Oriental) e do comitê ISO TC-59, e que passou a integrar o Conseil International du Bâtiment *pour la recherche l'étude et la documentation* (CIB) (ROSSO, 1976).

A AEP publicou em 1961 os resultados da construção dos projetos experimentais realizados nos países participantes (ROSSO, 1976). Desde então, com exceção da Alemanha, que debatia na época as vantagens da aceitação do módulo octamétrico (12,5 cm) ou do decimétrico (10 cm), e da Inglaterra (4 polegadas), não houve oposição na Europa à adoção do módulo de 10 cm. Dos países membros da ISO, na época, 31 haviam adotado o módulo decimétrico, enquanto o Canadá e os Estados Unidos normalizaram o módulo em 4 polegadas. O trabalho desenvolvido nessa fase não teve somente como objetivo resolver

os dois problemas fundamentais que permaneceram insolúveis desde a primeira fase (as escolhas do módulo-base e de gamas de dimensões preferenciais), mas também tratar de assuntos tais como a utilização de dimensões inferiores ao módulo e a adaptabilidade dos materiais a um sistema modular único, assim como a teoria das tolerâncias, entre outros problemas de aplicação.

A Figura 10 mostra uma lista de países, apresentados na ordem cronológica em que publicaram sua primeira norma sobre Coordenação Modular, e o módulo que haviam adotado.

Em 1970, é publicado, na Austrália, o *Modular Metric Handbook* 1970, como forma de solucionar os problemas decorrentes da mudança do sistema nacional de medidas pé/polegada para o métrico. O manual foi preparado por uma firma local de planejamento para a Australian Modular Society, com o objetivo de facilitar a aplicação do sistema de coordenação decimétrica, em detrimento do sistema de modulação de 4 polegadas (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970b). Ainda segundo o Centro Brasileiro da Construção Bouwcentrum (1971b), o manual estimulava, mediante a utilização da Coordenação Modular, a implantação de um sistema aberto em que os componentes provenientes de fabricantes diferentes pudessem ser usados concomitantemente em um mesmo edifício, excluindo, por outro lado, o sistema fechado, que utiliza componentes especialmente desenhados e fabricados para um projeto específico.

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

Figura 10 - Publicação das primeiras normas de Coordenação Modular (BALDAUF, 2004 adaptado de TECHNISCHE HOCHSCHULE HANNOVER, 1967)

Em 1971, o Comitê Alemão de Normas propôs uma nova norma para a Coordenação Modular, a DIN 18000: *Modulordnung im Bauwesen* (Coordenação Modular da Construção), baseada no sistema decimétrico, de uso internacional, em detrimento do sistema octamétrico proposto por Neufert. A primeira publicação é de março de 1976; a segunda, de outubro de 1979; e a terceira, e atual versão, de maio de 1984 (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 1984).

Na Inglaterra, a adoção do sistema de medida métrico ocorreu em 1972 (NISSEN, 1976), apesar de a previsão inicial para a mudança ser para o ano de 1975 (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a). Os estudos para a conversão do sistema tradicional pé/polegada para o métrico já estavam sendo realizados desde o final da década de 60. Em consequência da adoção do sistema métrico, a indústria da construção também adotaria o módulo decimétrico para a Coordenação Modular. O plano de implantação do sistema métrico revelava como resultado o fato de 30% de todas as unidades residenciais a serem construídas no Reino Unido no ano de 1970 já terem dimensões métricas (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a).

Atualmente, as normas utilizadas na Europa estão centralizadas nas normas da ISO, com sede na cidade de Genebra, na Suíça.