

# **A INFLUÊNCIA DA COORDENAÇÃO MODULAR NA PRODUÇÃO DE CONSTRUÇÕES DOTADAS DE PROCESSOS DE AUTOMAÇÃO.**

**Luís Antônio Greno Barbosa (1); Eduardo Linhares Qualharini (2)**

(1)PROARQ, FAU-UFRJ, Mestrando em Arquitetura, Rua Dr. Marques Canário, 24/206, Rio de Janeiro, RJ tel (21) 2259-5357 , e-mail: luisgreno@yahoo.com.br

(2) PROARQ, FAU-UFRJ./ Escola Politécnica-UFRJ, Engenheiro / D.Sc, Professor, Av. Min. Afrânio Costa 341, Barra da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, tel (21) 2439-8471, e-mail: qualharini@all.com.br.

## **1. RESUMO**

O trabalho aborda as possibilidades da aplicação das técnicas de coordenação modular e dos princípios da industrialização da construção, na produção de construções dotadas de processos de automação, inclusive quanto à reabilitação de antigas construções.

No artigo pretende-se discutir os conceitos e contribuições da industrialização da construção, a compreensão dos aspectos dimensionais, observância das normas específicas, combinação de componentes e das montagens industrializadas, e o seu resultado na contribuição para o desenvolvimento e implantação das edificações classificadas como inteligentes, contribuindo assim para a racionalização do projeto, da construção e das funções exercidas na futura edificação, facilitando a implantação de tecnologias de automação e informação, flexibilizando o projeto, permitindo alterações e revitalizações da construção, para as tecnologias atualizadas, reduzindo o seu envelhecimento precoce e dirigindo-a para a conservação e reabilitação dos bens edificados.

**PALAVRAS-CHAVE:** automação, coordenação modular, flexibilidade.

## **2. INTRODUÇÃO**

### **2.1. Edificações Inteligentes**

Historicamente, a vontade do homem de utilizar processos e técnicas que permitissem a substituição do trabalho humano em atividades físicas (como mais tarde também nas intelectuais) é bem antiga, sendo a roda uma destas utilidades, facilitando o deslocamento de pessoas e objetos e desenvolvendo posteriormente outras aplicações, como polias, roldanas, multiplicando os esforços manuais e depois mecânicos.

A evolução e miniaturização dos componentes possibilitaram a criação dos chamados microcomputadores (ou computadores pessoais – PC), o desenvolvimento de programas para sua utilização, e a sua disseminação e implantação em atividades de diversos setores evolui em progressão alucinante.

Se os microcomputadores, difundidos comercialmente na década de 80, evoluíram muito pouco em seu tamanho, hoje a capacidade de processamento e armazenamento de dados evoluiu milhares de vezes e os custos das máquinas, programas e de seus periféricos (equipamentos auxiliares) decaiu em valores absolutos de forma bem significativa, permitindo o seu uso em quase todos os setores da sociedade.

A arquitetura e a engenharia utilizam os recursos proporcionados pelo uso dos computadores de várias formas, e aqui iremos abordar as tecnologias da automação e comunicação, aplicadas ao ambiente construído, procurando posicionar os seus conceitos, para avaliarmos as suas reais aplicações e interferências no ambiente construído.

A automação pode ser vista como a possibilidade da substituição de atos e decisões humanas, por atos e decisões efetuadas por computadores, devidamente alimentados de informações, no comando de determinados dispositivos, geralmente em processos repetitivos, ou que exijam esforços físicos, reduzindo a possibilidade de erros nas decisões sujeitas à emoção, cansaço, dúvida, tempo e inexperiência, entre outras razões.

Segundo Daniela Corcuera (1998), citando Ualfrido Del Carlo, o edifício inteligente é aquele "capaz de aprender e com discernimento, habilidade e precisão controlar as condições ambientais necessárias às atividades humanas", devendo então controlar as condições de temperatura, iluminação e umidade em cada um dos ambientes, respeitando a individualidade dos usuários e oferecendo conforto e minimizando o consumo de energia.

A flexibilidade aplicada à edificação pode ser dividida como flexibilidade inicial, aquela que é oferecida ao primeiro usuário, permitindo a mudança de paredes, áreas, disposição das instalações, etc. Já a flexibilidade contínua, permite modificações após a entrega da obra, permitindo modificações ao longo da vida sua vida útil e até uma revitalização do local, ajustando-se às necessidades dos usuários e à implantação de novas tecnologias.

A ligação entre flexibilidade e tecnologia constitui um vasto campo de estudo e pesquisa, segundo Brandão (2003), e a evolução da casa articula-se em conceitos tais como flexibilidade e tecnologia, possibilitando uma multiplicidade de resultados diferentes.

Isto pode parecer apenas um mero exercício de futurologia, mas, ao lembrar que na década de 50, as máquinas de lavar roupas, para serem corretamente instaladas, precisavam de um local para sua colocação, com uma tomada dedicada, um ponto de água e de esgoto, e que as construções de então não dispunham destas facilidades, podemos ver os transtornos que a decisão de incorporar este equipamento ocasionava, resultante da falta de uma visão aberta e ampla dos empreendedores e projetistas da época, quanto à incorporação de inovações tecnológicas.

Ainda, segundo Brandão (2003), empreendimentos residenciais levam mais de três anos para serem concluídos, e, neste período, surgem diversas inovações tecnológicas, tornando inevitáveis as modificações de projeto, quando é proposta do empreendimento ser detentor de atualizadas tecnologias da informação, incorporadas à construção.

Quais os caminhos possíveis para esta atualização? Sem dúvida, os estudos e trabalhos atuais sobre o assunto apontam as técnicas projetuais que permitam uma atualização da construção baseada em um projeto flexível e aberto e uma tecnologia de construção que corresponda às necessidades deste projeto.

Como técnica projetual, destacam-se os conceitos de arquitetura simultânea e de projeto integrado e colaborativo, que não serão comentados neste trabalho, cuja abordagem principal será a construção industrializada e os princípios da coordenação modular, aplicado ao projeto e à construção, visando acelerar a entrega da obra, redução dos custos e flexibilidade da construção.

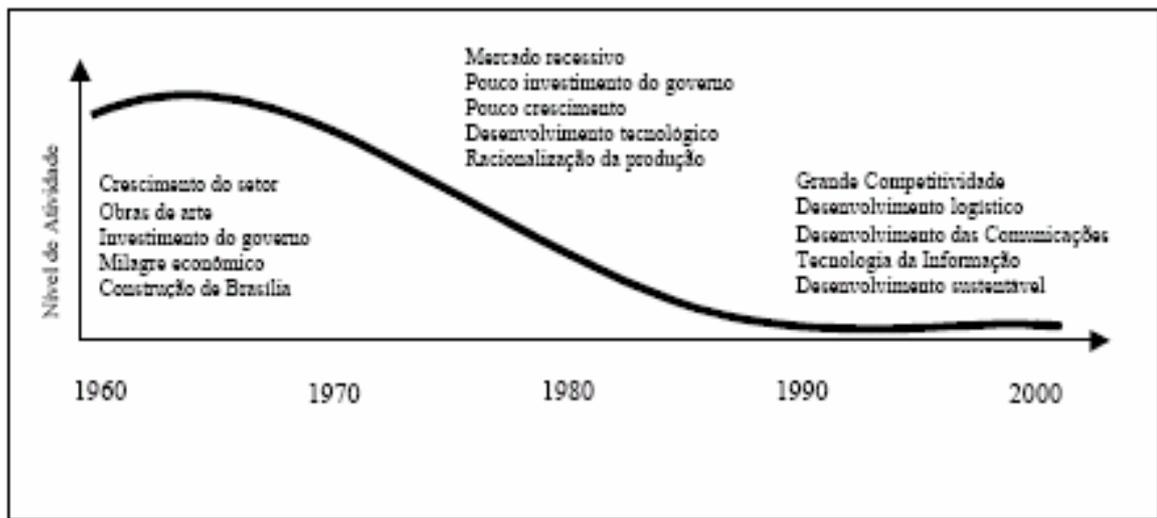
## **2.2. Coordenação Modular e Industrialização da Construção**

No Brasil, a construção civil tem se baseado num modelo de produção artesanal, e poucas são as empresas do setor que utilizam a montagem industrial para a execução de prédios e, menor e ainda, a utilização de componentes industrializados na elaboração dos projetos de arquitetura, resultando em uma produção muito onerosa, demorada e ineficiente.

De acordo com Toledo (2000), a indústria da construção civil, no Brasil, tem uma caracterização tradicional e conservadora, financiada por incentivos do Estado até o fim da década de 70, sem políticas ou programas de qualidade para a construção, sofrendo da falta de interesse na busca de inovações, utilizando uma mão de obra semi-analfabeta e despreparada, ao contrário da indústria de transformação.

Nascimento e Toledo (2003) consideram que mesmo com as mudanças ocorridas nas últimas décadas o setor da construção ainda não conseguiu se igualar ao nível de eficiência, produtividade, e qualidade dos outros setores da indústria.

A figura 1 é uma visão esquemática das mudanças que ocorreram no setor da construção civil no Brasil, desde 1960 até 2000. Nota-se o grande desenvolvimento alcançado com a construção de Brasília e com o "milagre econômico" na década de 70, e em seguida o início de uma recessão, que se prolonga até os dias atuais.



**Figura 1 - Atividade da Construção Civil no Brasil - (NASCIMENTO;TOLEDO, 2003)**

Uma das possibilidades de revitalização do setor passa por uma mudança neste processo de produção, com a utilização do conceito de montagem industrializada, determinando modificações também na concepção do projeto de arquitetura, incorporando produtos fabricados fora do canteiro de obra, que possuam uma possibilidade de intercâmbio com seus similares e com outros elementos construtivos, exigindo uma normalização, a produção de catálogos e armazenagem. Uma das ferramentas indispensáveis neste processo de normalização do componente é a coordenação modular.

Aqui vale ressaltar que abordagem de coordenação modular refere-se aos elementos que serão utilizados na produção da construção e não à construção em si, estando longe de propor edificações idênticas como solução do problema atual da construção no Brasil, ou representar qualquer limitação para a liberdade de projetar, pois, ao contrário, constitui-se em um incentivo, uma vez que facilita a percepção da relação entre os elementos do projeto, previamente conhecida e assim passível de um controle antecipado.

Esta padronização dos componentes facilita ao arquiteto a elaboração do projeto, reduzindo o excessivo desenho de detalhes que compõem usualmente um projeto de um edifício, além de encaminhá-lo para uma nova visão: a montagem destes componentes na obra.

Para que isso ocorra é necessária uma oferta de produtos no mercado abastecedor que possa satisfazer os anseios criativos do projetista, pois a pequena variedade de oferta reduziria substancialmente a utilização destes produtos e seria uma barreira para a real implantação desta proposta, oferta esta que deverá suprir as necessidades estéticas e de medidas exigidas.

O que se encontra hoje, em grande oferta, são produtos de grande variedade de acabamentos, materiais e formatos, porém sem uma específica relação entre eles, especialmente em relação a sua conectividade e dimensões projetuais, surgindo à necessidade de se racionalizar as dimensões entre todos estes componentes industriais do sistema construtivo e as exigências formais do projeto, resultando numa norma a ser utilizada em todas as etapas, no projeto, na execução e na manutenção do edifício.

Assim, a coordenação modular surge como uma ferramenta para buscar o controle, a estabilidade do produto (componente) e dos procedimentos da produção (construção), graças a uma hierarquia de normas, abrangendo tanto o total (unificação) como o individual (particular), compondo assim um claro sistema de integração de leis e princípios.

Como definição básica de coordenação modular, pode-se citar a NBR 5706 (1977) que diz: “Técnica que permite relacionar as medidas de projeto com as medidas modulares por meio de um reticulado espacial modular de referência”.

Para o estabelecimento de uma medida modular, é necessário que ela seja divisível por um coeficiente comum, possibilitando através das combinações destas medidas chegarmos a uma determinada dimensão.

Michalka Jr. (2004), sugere que adotar um sistema modular como base para a normalização dos elementos da construção é condição fundamental para a industrialização da produção, permitindo assim coordenar as dimensões dos elementos que constituem a edificação e possibilitar que o elemento possa ocupar diversas posições, tanto numa mesma construção como em construções distintas.

Assim, teremos como conseqüências do uso da coordenação modular:

- menor custo de fabricação dos materiais industrializados;
- aplicação mais maleável dos materiais;
- economia de tempo em relação à definição de detalhes e de métodos de montagem;
- possibilidade de mais tempo para trabalhos de organização;
- será evitado retoques, cortes e outros trabalhos de ajuste na obra;
- transporte e manutenção mais fáceis;
- maior rapidez na execução dos trabalhos na obra;
- redução, tendendo à eliminação, dos desperdícios.

No desenvolvimento do conceito de coordenação modular é preciso abordar os aspectos dimensionais dos componentes, o que é feito através da coordenação dimensional, ou correlação dimensional, e que deve estabelecer um mecanismo de simplificação e conexão entre os diversos objetos utilizados na montagem da construção, os quais deverão acoplar-se sem retoques ou ajustes na etapa de montagem.

A Coordenação Dimensional pode então ser obtida da seguinte maneira: efetuando-se, entre todas, nas dimensões possíveis de materiais ou componentes da construção, uma seleção conveniente (sucessão de valores), apta a facilitar sua produção industrial permitindo adequado controle destas dimensões, definindo um sistema de grandezas do tipo correlacionadas, definindo então de um conjunto de regras que resolvam as questões relativas a tolerâncias para os acoplamentos das partes, e a determinação de um conjunto de regras e instrumentos de controle de todas as dimensões da produção.

Assim, torna-se necessário o estabelecimento de uma série numérica (uma sucessão de números) como base das dimensões e do sistema fundamental de proporções, que estabelecerá uma dependência entre os elementos da série e o organismo arquitetônico, permitindo uma compatibilização dos elementos com dimensões padronizadas e as possibilidades de uso das proporções adotadas no projeto.

O uso de séries numéricas é fundamental para que se possa obter na prática o uso da coordenação modular nos projetos de arquitetura, reduzindo a variedade de dimensões, estabelecendo uma sucessão de números, correlacionados entre si.

Ainda, segundo Michalka Jr. (2004), a série escolhida deverá ter as seguintes características:

- de série aritmética de modo a cada termo poder ser substituído pela soma de termos menores;
- de série geométrica já que para um mesmo intervalo, conforme a dimensão é maior, menor precisa ser o número de elementos da construção contidos nele.
- conter as séries harmônicas, já que não se pode falar em arquitetura sem falar em proporções.

Sendo impossível satisfazer todas as unidades com uma única série, foi proposto o uso simultâneo de séries independentes que possuam características que permitam seu uso coletivo:

- série dobro: 1 2 4 8 16 ...
- série triplo: 1 3 9 27 ...
- série aditiva: 1 2 3 5 8 13 ... (ou de Fibonacci).

Quanto à execução, a sistematização das atividades operativas deve ser privilegiada, objetivando a máxima eficácia, o que pode ser atingido com a intensificação da racionalização, sendo necessário à preparação do pessoal envolvido nestas etapas, o que posteriormente resultará em um menor gasto de energia, de tempo e de materiais, reduzindo o desperdício na construção, que é uma das características da construção convencional.

Michalka Jr. (2004) considera que a finalidade da Coordenação Modular é obter uma maior integração entre as exigências de projeto dos arquitetos e o procedimento industrial com suas vantagens econômicas já abordadas. O objeto da Coordenação Modular são os elementos componentes da construção, devendo ser caracterizados, classificados e normalizados por critérios definidos pela teoria da Coordenação Modular.

Os elementos usados na composição da construção são fabricados em vários tamanhos, constituindo uma gama de tamanhos. Sua multiplicidade gera uma desordem, fruto da falta de ordenação e coordenação para correlação entre eles, sendo preciso uma produção de acordo com os critérios de normalização, levando então a uma definição da gama de tamanhos, que deverão obedecer alguns critérios:

- limites da gama; a maior e a menor dimensão do elemento, definindo assim suas medidas intermediárias;
- aditividade; obtenção de qualquer dimensão por justaposição de elementos múltiplos do módulo. Apenas três elementos são necessários, baseados na série 1,3 e 5.
- intercambialidade; possibilidade de colocar qualquer elemento em um grande número de posições
- Para facilitar a aplicação da flexibilidade utiliza-se o “teorema de par de números”, exposto a seguir:
- “teorema do par de números”, segundo o qual, se a e b são dois números inteiros e;

$$(a-1).(b-1) = N \quad [\text{Eq. 1}]$$

- demonstra-se que o número inteiro N e todos aqueles maiores que N podem ser expressos como combinação de a e b. Além disto existem abaixo de;

$$N (N/2) - 1 \quad [\text{Eq. 2}]$$

- números inteiros que podem ser expressos como combinação de a e b.

Passando-se para dimensões o teorema afirma que uma determinada dimensão N.t, assim como aquelas maiores que N.t, podem ser expressas como combinação das dimensões base a.t e b.t.

Como exemplo, se a=5, b=8 e t=1dm, a dimensão crítica será:

$$(5 - 1).(8 - 1) = 28\text{dm} \quad [\text{Eq. 3}]$$

sendo que abaixo de 28 só haverá:

$$(28 / 2) - 1 = 13 \quad [\text{Eq. 4}]$$

A coordenação modular necessita de um sistema de referências, e o adotado é o sistema reticular, coordenando a posição e as dimensões dos materiais e elementos que compõem a construção modular, reduzindo os cortes e ajustes na ocasião da montagem, permitindo o exato posicionamento dos acoplamentos dos elementos, constituindo-se na prática na ligação entre o produto industrial e o projeto individual.

- Para as medidas dos reticulados para as diferentes fases de projeto, pode-se efetuar a seguinte subdivisão:
- Reticulado modular propriamente dito, é usado nos desenhos de elementos tipo, na fase de estudo dos detalhes construtivos e visa o acoplamento e intercambiabilidade dos componentes. As linhas de referência estão distanciadas de 10cm entre si.
- Reticulado de projeto é utilizado na definição geral do projeto e tem espaçamento em múltiplos do módulo, geralmente de valores 6M, 8M, 9M, 10M, 12M e 15M.
- Reticulado estrutural, utilizado para locação de pilares e vigas e é espaçado geralmente de 20M a 30M.
- Reticulado da obra é usado como referência na execução da obra propriamente dita e tem espaçamento da ordem de 40M.

Os desenhos necessários para execução de um projeto baseado na coordenação modular são: desenhos para projetos de componentes e desenhos para execução da edificação.

Os desenhos para execução destinam-se aos acoplamentos de detalhes e acoplamentos de projeto.

O existem três tipos de desenho para o projeto modular: componentes (produto industrial), acoplamento de detalhes (colocação do elemento na posição designada) e acoplamento de projeto (desenhos do conjunto, ou a posição de todos os elementos dentro da edificação)

De acordo com o proposto por Michalka Jr. (2004), a posição física deste elemento deve ser observada da seguinte forma:

1. elemento não se acopla a outro elemento, ou seja, não apresenta problemas de união com outros elementos. Deve ser simplesmente posicionado na retícula modular (aparelhos sanitários, equipamentos de cozinha)
2. elemento acopla-se a outro do mesmo tipo. A junta deve ser dimensionada do modo mais econômico.
3. elemento deve acoplar-se a outro de tipo diferente, mas que seja conhecido. A junta também deve ser de modo a possuir a espessura mais econômica.
4. elemento pode ter que se acoplar a outro de características não definidas. Neste caso deve ser levado em conta que a separação modular deste elemento não conhecido pode ser praticamente nula.

Sendo o elemento compatível com o vão modular, sua dimensão deverá ser efetivamente inferior à medida modular, e a junta deverá ser preenchida com material apropriado, prevendo-se sempre o espaço para a execução desta junta, que deverá satisfazer as condições técnicas da união e a colocação correta das peças adjacentes.

Rosso (1990) definiu Racionalização como “o processo mental que governa a ação contra os desperdícios temporais e materiais dos processos produtivos, aplicando o raciocínio sistemático, lógico e resolutivo, isento do influxo emocional”. Assim podemos entender por racionalização de um processo de produção um conjunto de ações reformadoras que se propõe substituir as práticas rotineiras convencionais por recursos e métodos baseados em raciocínio sistemático, visando eliminar a causalidade nas decisões.

A ação da racionalização na construção deve ser sobre o produto final (edificação) e sobre o processo de execução (método).

Sobre esta ótica, o emprego da coordenação modular é ferramenta indispensável para o processo de industrialização da construção, reformulando os procedimentos de projeto e alcançando o canteiro de obras, introduzindo tecnologias, permitindo a flexibilidade do projeto e da construção, sendo necessário uma profunda revisão dos paradigmas organizacionais que compõem os setores envolvidos na construção civil no Brasil.

### 3. CONCLUSÃO

Pelo que foi visto na fundamentação do tema, observa-se que muitos aspectos são empecilhos para a rápida implantação da proposição, em especial de uma produção “inteligente” de edifícios inteligentes.

A maior batalha a ser vencida consiste em uma real e profunda modificação na organização dos envolvidos em todos os processos da construção civil, com a aceitação de um novo paradigma de projeto, permitindo uma participação integrada de todos os seus atores ao longo de todo processo de concepção, reduzindo a distância entre as intervenções técnicas e as concepções arquitetônicas, criando um ambiente favorável a uma concepção partilhada (ou arquitetura simultânea) e flexível, com um maior fluxo das informações necessárias.

A execução do projeto, o produto edificação, também é complexa, devido à resistência do setor executor da construção, tão tradicionalista no Brasil, tão ineficiente e pouco competitivo se comparado a outros setores da economia, mas que se recusa a encarar a industrialização como uma saída para a crise no setor, tendo escolhido como ferramenta para a competitividade apenas os programas de qualidade da construção, que, no entanto abordam principalmente os processos de gestão de serviços e materiais, sendo uma intervenção pontual e ainda muito isolada, vista caso a caso e não uma solução para racionalização da produção global (projeto e execução) da edificação.

A formação da mão de obra, elemento fundamental para a obtenção da qualidade da construção, também tem que passar por uma reestruturação, com um incentivo a uma formação especializada, capaz de compreender os novos materiais, as novas tecnologias de construção e serviços incorporados às edificações inteligentes, evitando perdas e aumentando a produtividade do setor.

Por este processo inovador, para o setor, a construção civil terá que passar inevitavelmente pela solução da industrialização, fato comprovado por sua implantação em países mais desenvolvidos econômica e socialmente, que já ultrapassaram a fase artesanal e adotaram a montagem industrial como alternativa para a competitividade e competência.

A utilização da coordenação modular é, assim, indiscutivelmente uma das soluções práticas para a implantação da montagem de componentes pré-fabricados na construção, devendo ser vista ainda na fase da concepção do projeto, facilitando tanto a flexibilidade inicial, como a posterior à entrega da obra.

Sem a utilização dos conceitos provenientes da coordenação modular, a implantação pura e simples de componentes pré-fabricados resultaria num caos, devido à falta de medidas padronizadas, de um módulo de referência e de detalhes de conexão previamente estudados.

A aplicação das tecnologias de ponta a uma edificação inteligente, como a automação e a tecnologia de informação, requisita um projeto também inteligente, que observe a sua implantação e funcionamento desde os primeiros esboços de projeto, evoluindo ao longo de toda a sua elaboração, evitando uma participação pontual e isolada, geralmente quase no final da obra, permitindo uma atualização de tecnologias, que podem tornar-se obsoletas devido à demora do término da obra.

A industrialização da construção é uma alavanca fundamental, inclusive na redução no prazo da execução da construção, permitindo uma maior redução entre o tempo de projeto e o tempo de execução, diminuindo a obsolescência das tecnologias escolhidas e permitindo também uma futura troca de componentes, auxiliando no *retrofit* das construções, fato inevitável para a permanência útil das construções em nossa sociedade.

Cabe então relacionar as seguintes observações:

- 1) A aplicação de inovações tecnológicas às edificações reflete o exato momento do momento tecnológico que uma sociedade vive;
- 2) Sua aplicação deve atender as reais necessidades dos usuários, sua perspectiva não deverá ser tecnocrática;

- 3) A implantação pode não ocorrer imediatamente, mas esta possibilidade deverá ser prevista no projeto. Deverão ser previstas as modificações futuras e as adaptações necessárias, resultantes da aplicação de tecnologias modernas e modificações sociais;
- 4) O projeto deverá ser desenvolvido de forma integrada. O resultado deverá ser uma concepção partilhada (ou arquitetura simultânea), e o seu resultado deverá proporcionar uma solução aberta, modular e flexível, dotada de interoperabilidade, capaz de permitir as modificações necessárias a qualquer tempo. É indispensável à implantação de um programa de gestão de qualidade e a utilização de ferramentas de desenho que possibilitem a visão espacial;
- 5) A concepção de projetos utilizando elementos componentes pré-fabricados não pode ser vista como um fator de inibição para a criatividade dos arquitetos, pelo contrário, quando corretamente utilizada propicia uma produção projetual mais eficiente, rápida e econômica, permitindo também uma escolha de componentes que resultarão em um projeto sem comprometimento das soluções estéticas;
- 6) A montagem industrializada da edificação permite uma maior flexibilidade de projeto e de execução, manutenção e revitalização futura, com um menor custo e maior eficiência, objetivos primordiais da racionalização da construção;
- 7) Para a efetivação da industrialização da construção é preciso a utilização de produtos que obedeçam as normas técnicas instituídas para a utilização da coordenação modular nos projetos e na execução da construção, atingindo uma maior;
- 8) A reformulação da organização dos setores envolvidos na cadeia de produção terá de ser vista, para que os propósitos sejam alcançados.

#### 4. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5706**. Coordenação modular da construção: procedimento. Rio de Janeiro: 1977
- BRANDÃO, Douglas Queiroz. A personalização do produto habitacional e as novas tecnologias no processo construtivo. *In*: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO DA UFSCar, 2003, São Carlos. **Anais Eletrônicos...** São Carlos, UFSCar, 2003
- CORCUERA, Daniela Karina. **Edifícios de escritórios na cidade de São Paulo**: o conceito de sustentabilidade nos edifícios inteligentes. São Paulo, SP. 1998. NUTAU'98.
- MICHALKA Jr., Camilo. **Coordenação Modular**. Apostila da disciplina Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos. Rio de Janeiro: PROARQ, FAU-UFRJ, 2004.
- NASCIMENTO, Luiz Antonio; SANTOS, Eduardo Toledo. **Indústria da construção na era da informação**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 69-81, jan./mar. 2003.
- ROSSO, Teodoro. **Racionalização da Construção**. São Paulo, SP, FAU-USP, 2ª reimpressão, 1990.