

Alessandro Ventura



*REFLEXÃO SOBRE CONCEITOS
DE PRODUÇÃO MODULAR e
ARQUITETURA*

170

pós-

RESUMO

O artigo trata, primeiramente, da relação entre arquitetura, desenho industrial e produção seriada, considerada orientadora para os estudos iniciais da pesquisa Produção seriada e projeto arquitetônico: A escola secundária, desenvolvida com o apoio da Fapesp e do CNPq. Em seguida, são apresentadas idéias sobre matéria-prima, estrutura, rede modular, módulos e partido de projeto que, em seu conjunto, representam a reflexão inicial condutora da pesquisa. Concluímos, apontando para a necessidade de estudos sobre produção modular, versão mais recente da produção industrial, e de sua aplicação à arquitetura.

PALAVRAS-CHAVE

Arquitetura, desenho industrial, produção modular.

REFLEXIÓN SOBRE CONCEPTOS
DE PRODUCCIÓN MODULAR Y
ARQUITECTURA

pós- | 171

RESUMEN

El artículo trata, primeramente, de la relación entre arquitectura, diseño industrial y producción en serie, considerada como orientadora para los estudios iniciales de la investigación Producción en serie y proyecto arquitectónico: la escuela secundaria, desarrollada con el apoyo de la Fapesp y del CNPq. Luego son presentadas ideas sobre materia prima, estructura, red modular, módulos y partido de proyecto que, en su conjunto, representan la reflexión inicial conductora de la investigación. Concluyendo, señalamos la necesidad de estudios sobre producción modular, versión mas reciente de la producción industrial, y su aplicación en la arquitectura.

PALABRAS CLAVE

Arquitectura, diseño industrial, producción modular.

A REFLECTION ON THE
CONCEPTS OF MODULAR
PRODUCTION AND
ARCHITECTURE

ABSTRACT

The first part of the article discusses of the relation between architecture, industrial design, and industrial production. This relation bases the early development of the study called “Industrial production and architectonic design; the elementary school”, which was developed with the support of the governmental agencies Fapesp and CNPq. It then presents ideas on raw materials, structures, modularity, and preliminary design that represent the initial concepts that led this research. It concludes by pointing out the need for studies of modularity, which is the most recent version of industrial production, and its application to architecture.

KEY WORDS

Architecture, industrial design, modularity.

INTRODUÇÃO: CONSIDERAÇÕES SOBRE ARQUITETURA E DESENHO INDUSTRIAL

Conforme apontamos em artigo anterior (VENTURA, 2001), o desenho industrial reúne condições para a condução de uma análise do projeto arquitetônico quando este utiliza técnicas de manufatura.

Até o presente, o desenho industrial teve apenas uma colaboração indireta no setor da construção civil, por meio do trabalho junto da Indústria de Componentes da Construção.

É objeto do presente estudo a verificação de sua importância em um contexto global do edifício industrializado.

Naquele artigo apontamos algumas características da aplicação do desenho industrial na construção, que resultariam em uma efetiva industrialização da construção.

Destacamos os principais pontos dessa contribuição à arquitetura e à cidade ali citados:

- A mobilidade construtiva, que passa a adquirir características comuns aos produtos industriais de consumo durável;
- a alteração do perfil do construtor, o qual passa a incorporar novos métodos financeiros, administrativos, mercadológicos e produtivos;
- a alteração dos critérios de valor relativo dos imóveis e na possibilidade de reorganização urbana;
- as alterações de perfil do corpo produtivo por meio de uma crescente especialização;
- o aprimoramento dos produtos complementares à construção com a criação de padrões que servirão como parâmetro orientador, aumentando seu valor de uso;
- a eleição de uma matéria-prima de porte estratégico para o desenvolvimento desta nova indústria: a madeira reflorestada; e, principalmente;
- a criação de uma efetiva industrialização da construção.

Destacamos também que a principal contribuição do desenho industrial a esse processo de industrialização é metodológica, consistindo sua característica básica em procedimentos operacionais, pela construção constante de modelos de verificação e de reconstrução do projeto, a partir desses modelos. A adoção desses procedimentos leva à constante revisão dos componentes e de seu arranjo, favorecendo a criação de soluções.

Em seguida, vamos verificar como esses procedimentos são traduzidos em um projeto.

PRODUÇÃO SERIADA DE UMA ESCOLA SECUNDÁRIA: IDÉIAS INICIAIS E DIRETRIZES GERAIS

Descrevemos, a seguir, as principais etapas e idéias que orientaram os estudos de nossa pesquisa “Produção Seriada e Projeto arquitetônico: A escola secundária”, visando à verificação experimental dos procedimentos da manufatura seriada e modular aplicada à arquitetura.

a) A madeira como matéria-prima principal

Inicialmente, definimos um material de construção básico a partir do qual desenvolvemos um sistema construtivo coerente. Consideramos que a madeira, item tradicional na construção civil, poderia desempenhar papel preponderante na reformulação do setor, a partir das características de nosso território com extensas áreas para reflorestamento, fator diferencial em relação à maioria dos países. Além das vantagens territoriais, a madeira é material de fácil manipulação, depende de tecnologia relativamente simples, dominada e disponível no país, além de utilizar maquinaria de baixa complexidade.

Partindo dessas considerações, procuramos desenvolver novas formas de aplicação da madeira, passando a explorar sua utilização sob a forma de pranchas laminadas e coladas (LVL – Laminated Veneer Lumber), visando mais economia de material e melhor aproveitamento de suas capacidades estruturais.

A madeira escolhida foi aquela proveniente do *Pinus elliottii* cortada em lâminas, com espessura variando de 0,8 a 1 mm e com largura e comprimento variáveis. Para sua manipulação e colagem baseamo-nos na tecnologia de fabricação de barcos de madeira, visto que essas estruturas estão permanentemente expostas à intempérie e, principalmente, à ação da água.

As informações fornecidas por Frina (FRINA, 1983), engenheiro naval e experiente construtor de barcos inglês, deram-nos a orientação para a construção dos primeiros modelos, definindo os limites para a curvatura e os melhores materiais para a colagem das lâminas de madeira.

Foi assim que optamos pelas colas de base epóxi e pelo raio de curvatura mínimo de 50 mm, considerando a espessura das lâminas com aproximadamente 0,8 mm.

Essa publicação ainda nos mostra que o procedimento de moldagem a frio dessas placas laminadas é uma técnica de grande simplicidade, podendo ser realizada com uso de ferramentas elementares e perfeitamente dominada por nossos técnicos.

O primeiro modelo em escala natural construído a partir dessas orientações, com equipamentos simples, confirmou as hipóteses consideradas e mostrou-se altamente satisfatório. Nesse modelo foi empregada uma cola de mercado para barcos, fabricada no Brasil, à base de epóxi, com o nome comercial de Cascophen.



Figura 1
Primeiro modelo

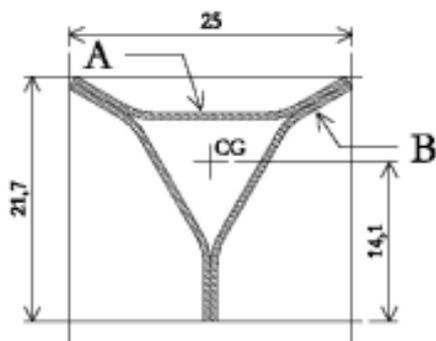


Figura 2
Construção da secção das vigas

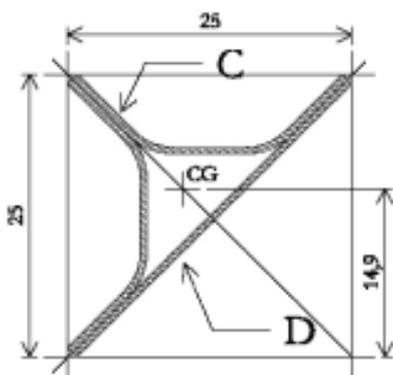


Figura 3
Construção da secção dos pilares

Uma vez escolhido o material básico empregado, sua forma de moldagem e colagem, iniciamos os estudos visando obter estruturas compatíveis com as exigências da construção civil (ver Figura 1).

A inovação representada pela forma de tratamento do material, gerando novas organizações espaciais, levou à busca de uma forma fechada, vazada e, se possível, com seção triangular. A seção triangular, por ser uma forma estável sob o ponto de vista estrutural; a forma vazada para eliminar peso desnecessário (e o princípio de uso de lâminas vem ao encontro deste requisito); e a forma fechada porque ela resiste melhor aos esforços de torção.

Partindo desses princípios de projeto, passamos a estudar uma forma construtiva que os contivesse. As dificuldades em prover uma forma com seção triangular, de adequada resistência e união em seus vértices, foi superada pela característica de moldagem do material (em curva) a permitir a colagem, aos pares, das extremidades retas dos elementos componentes da estrutura.

Essa ação resultou em duplicação da espessura do conjunto nesses vértices (detalhe B), dando-lhe maior resistência e convidando-os a serem os elementos de ligação da estrutura a seu componente adjacente.

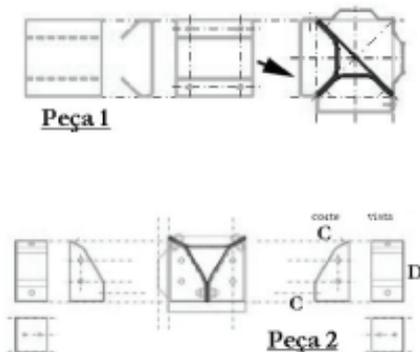
O desenho anexo mostra essa construção, no qual o elemento básico (A) é repetido, sucessivamente, em posições inclinadas a 60 graus, gerando uma seção triangular equilátera (ver Figura 2).

Outra vantagem dessa construção é permitir variar a espessura final dos elementos em toda a sua extensão, ou em parte dela, alterando as distâncias internas relativas dos elementos, sem alterar a figura básica do elemento estrutural. Essa característica permite alterar as condições de resistência ao momento de inércia do conjunto e assim variar os vãos a serem vencidos e as cargas suportadas, sem alteração do desenho estrutural básico.

Essa solução básica foi adotada para todos os elementos estruturais horizontais (vigas) e solução semelhante foi empregada para os pilares. Para estes alteramos apenas as dimensões dos elementos e sua angulação, com uma orientação principal a 45 graus. Nesse caso, definimos dois elementos iguais e com curvaturas (C) e um elemento reto (D) (ver Figura 3).

Definida a forma de construção dos componentes estruturais, passamos a estudar as formas de articulação ou conexão desses elementos entre si. A principal dificuldade foi a necessidade de encontrar uma solução que pudesse ser considerada genérica e, portanto, aplicável a todos os casos possíveis, com o menor número de variantes. A segunda dificuldade foi a busca de uma forma harmoniosa de conexão entre duas formas triangulares, diferentes entre si, em uma interseção a 90 graus.

O primeiro critério estabelecido foi construir esses elementos conectores em aço, e não em madeira, para garantir maior rigidez, e, portanto, maior estabilidade dos nós de encontro dos elementos estruturais.



Figuras 4 e 5
Conexões metálicas

Outro critério foi determinar que as fixações dessas peças metálicas aos elementos de madeira fossem sempre nas abas coladas nos vértices, região de maior resistência estrutural.

Os conectores estudados são de vários tipos, respondendo a diferentes situações, e seus desenhos, mostrados a seguir, representam os estudos preliminares.

Vamos iniciar pela descrição da conexão principal correspondente à ligação de um pilar a duas vigas horizontais a 90 graus (ver Figura 4).

É composta por uma chapa de aço dobrada, conforme indicado no desenho pela “peça 1”, com duas dobras terminais a 45 graus, parafusadas às abas de um lado do pilar. Peça semelhante será parafusada nas outras duas abas do mesmo pilar.

A função de cada uma dessas peças é criar um plano de apoio vertical para receber a testeira das vigas horizontais. Esse plano vertical fica afastado 50 mm dos limites externos do pilar, de modo a dar um espaço para os trabalhos de fixação das porcas, manutenção e outras eventuais operações.

As vigas horizontais são rematadas nas duas extremidades por uma testeira composta por um par de peças metálicas, descritas como “peça 2”, (ver Figura 5) cujas dobras (C) são parafusadas às abas da viga, de forma a torná-las solidárias com esta. As superfícies planas dessa testeira são parafusadas ao plano vertical, anteriormente descrito na “peça 1”, de maneira a formar um conjunto estável e sólido.

Partindo desses elementos descritos, estabelecemos um princípio construtivo suficientemente genérico e estável capaz de responder à maior parte das exigências do estudo da escola secundária.

b) A rede modular

O estudo modular, importante ferramenta de apoio a um projeto de produção seriada, tem como objetivo básico a busca da standardização dos componentes e de seu preciso posicionamento espacial, de modo a permitir uma completa referência dimensional a qualquer momento ou etapa do projeto.

Caporioni, em seu livro *La coordinación modular* (CAPORIONI et al, 1971), define **norma** como um conjunto de regras a unificar uma série de elementos produzidos por meio de um sistema industrial, e **normatização** como uma aplicação de normas a um ciclo produtivo. Define, ainda, coordenação modular como um meio eficaz de obter uma integração dimensional dos componentes.

A teoria do “método modular cúbico”, de Alfred Farwell Bemis (BEMIS, 1930), ilustrada em seu livro *The evolving house*, serviu de base para os primeiros estudos modulares na Inglaterra, América do Norte e Europa. Embora seja uma referência importante para o conhecimento das idéias seminais acerca do tema, sua

indisponibilidade em nossas bibliotecas impede uma confrontação com as proposições que aqui desenvolvemos.

Historicamente, as idéias de coordenação modular seguiram uma linha puramente matemática, procurando estabelecer relações lógicas entre séries simples ou compostas de números, eventualmente, ligando-as a justificativas pouco científicas.

Nossa proposta não apresenta a amplitude desses estudos, nem pretende buscar uma relação dimensional universal a ser usada em qualquer caso, mesmo de forma intensiva.

Trata-se bem mais de um estudo simples, circunscrito, tentando resolver um problema específico que pode se apresentar a um fabricante da construção civil manufaturada.

Assim, para o fabricante é oportuno que as várias dimensões dos materiais e peças por ele fabricadas tenham alguma constância dimensional as quais auxiliarão tanto na compra e estocagem da matéria-prima como na produção e na acoplagem dos vários componentes produzidos. Se essas relações dimensionais podem ser aplicadas a um segundo fabricante, não é tema relevante para o presente estudo, pois este não é seu objetivo.

Mas qual a relevância do estudo?

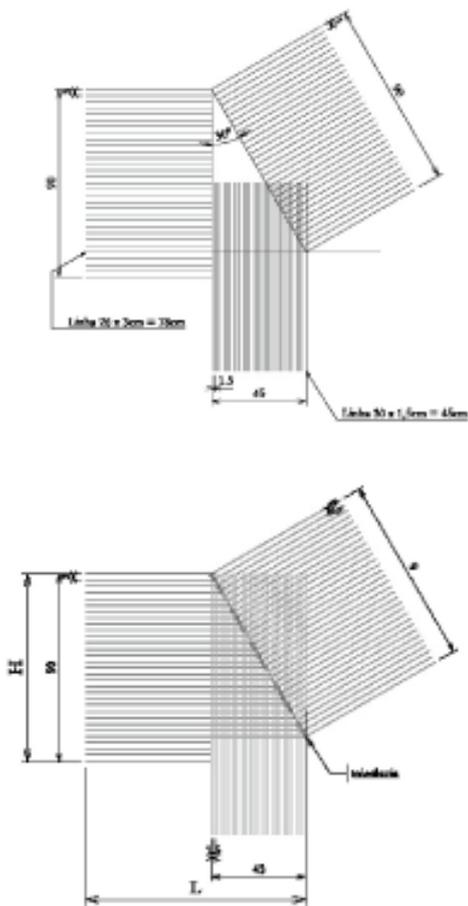
A construção de objetos tridimensionais de grande complexidade, a partir de componentes relativamente simples, exige um grande controle dimensional e de posicionamento no espaço.

Seu construtor deve dispor de instrumentos que lhe permitam prever as dimensões de um objeto isolado a ser construído e, ao mesmo tempo, fornecer os referenciais para seu acoplamento com outro ainda não-construído. Em outras palavras, ele fabrica e monta uma série de objetos, formando uma rede espacial complexa, e pode ser solicitado, no futuro, a produzir outros objetos os quais devem ser perfeitamente acoplados àqueles já existentes e montados. Para essa tarefa não é suficiente ter à mão séries de números a representarem uma evolução unidimensional, mas é preciso dispor de uma rede bidimensional, que, ao ser duplicada, pode resultar em uma rede tridimensional.

Em nosso caso, trabalhamos com construções, cujas dimensões se originavam em uma unidade básica aleatoriamente definida, de 90 centímetros e seus submúltiplos. Consideramos que essas construções poderiam ser acopladas a outras semelhantes no sentido ortogonal, ou a 30 e 45 graus. Definimos, assim, uma rede bidimensional que pudesse comportar essas três orientações, na qual fosse possível determinar com precisão a posição de qualquer ponto. Esse foi o objetivo e a relevância do estudo.

Vamos exemplificá-lo.

Consideremos a passagem de um módulo de 90 x 90 cm a outro que lhe é adjacente a 30 graus (ver Figuras 6 e 7). Para o caso de adjacência a 45 graus, seguiríamos a mesma linha de raciocínio e, por isso, não vamos examiná-lo.



Figuras 6 e 7
Acoplamento dimensional a 30°

Considerando esse desenho, verificamos que o traçado da base do triângulo formado pelo encontro de dois módulos de 90 x 90 cm a 30 graus tem uma dimensão de 45 cm.

Ao traçar 30 linhas verticais distantes 1.5 cm entre si, elas cobrirão os 45 cm e cortarão a face inclinada a 30 graus em 30 partes iguais, como decorrência do Teorema de Thales. Ora, esse corte em 30 partes iguais significa que a distância entre esses pontos será exatamente de 3.0 cm, nosso submódulo-base.

Examinando o segundo desenho com essas mesmas linhas verticais, e prolongando as 30 divisões horizontais até a face inclinada a 30 graus, e considerando que, em nosso caso, o grau de precisão deve ser o milímetro (na construção civil qualquer precisão acima desse valor será imperceptível, portanto desnecessária), verificamos:

- As linhas com inclinação a 30 graus, distantes 3 cm entre si, têm uma dimensão mensurável;
- as linhas horizontais, distantes 3 cm entre si, têm uma dimensão mensurável até o encontro com uma das verticais de espaçamento de 1,5 cm, mas existe uma descontinuidade com o encontro das linhas inclinadas a 30 graus;
- existem vários pontos, assinalados com um pequeno círculo, nos quais as retas horizontais, verticais e inclinadas encontram-se em uma zona de aproximação inferior a 1 milímetro, sendo consideradas coincidentes e, portanto, mensuráveis.

Concluimos que a eventual descontinuidade pode ser desprezada e qualquer ponto pode ser determinado com a precisão necessária. Finalmente, notamos que ao traçarmos uma reta horizontal, a partir do vértice inferior do módulo inclinado a 30 graus, ela divide o módulo horizontal em duas partes, sendo a parte inferior equivalente a uma distância de 12 cm, portanto, dentro de nosso submódulo de 3 cm.

Verificamos, com base nesse estudo, a possibilidade concreta de determinar a posição dimensional de qualquer ponto dentro de uma malha de 90 cm, e de seus submúltiplos, considerando, além de sua reprodução ortogonal, suas deflexões a 30 ou 45 graus.

c) O módulo-base

Módulo-base (ver Figura 8) é a menor unidade tridimensional com generalidade suficiente para abrigar, com pequenas adaptações, todas as funções típicas do projeto em estudo. Sua versatilidade deve ser suficiente para permitir sua utilização ao longo de toda a construção.

Trata-se de uma matriz.

Determina a orientação de toda a produção do edifício, a tipificação das peças, suas variações modulares, sua qualidade e aplicações.

Essa padronização de soluções e detalhes determina um processo de produção manufaturada.



Figura 8
Modelo do módulo-base

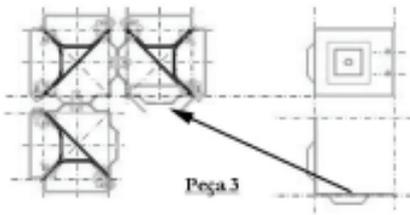
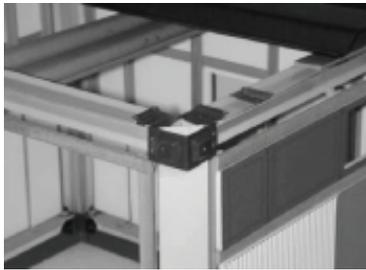


Figura 9
Ferragem para conexão no capitel dos pilares



Figuras 10 e 11
Modelos dos componentes superiores da estrutura

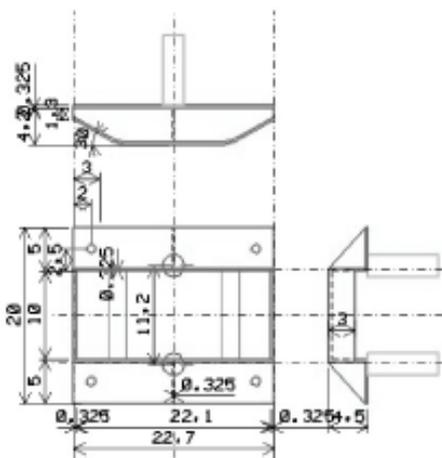


Figura 12
Detalhe do suporte para a forração

Para os primeiros estudos do módulo-base, definimos, em planta, as dimensões de 360 x 450 cm (correspondentes a 4 x 5 módulos de 90 cm), e, em elevação, a dimensão total de 360 cm (quatro módulos de 90 cm).

A dimensão de 360 cm foi considerada interessante por ser a maior largura possível para o transporte das unidades nas ruas da cidade, sem a necessidade de roteiros especiais.

A dimensão de 450 cm foi considerada adequada para responder a muitas das exigências do programa do projeto. Quando duplicada, é uma dimensão adequada para compor as salas de aula.

A estrutura é concebida com a locação de quatro pilares, com eixo principal a 45 graus nas extremidades do retângulo de 360 x 450 cm. Esses pilares são conectados nas alturas do piso e da cobertura, por vigas horizontais a 90 graus. O sistema de conexão é aquele descrito no item (a).

Completa-se o capitel dos pilares com a introdução de nova ferragem composta por duas peças iguais e que servirão para a conexão de um módulo-base ao seguinte, em qualquer direção ortogonal ao conjunto.

Essa ferragem é também colocada na base dos pilares com a mesma finalidade, e corresponde à “peça 3” (ver Figura 9).

As vigas superiores têm a função de suportar a cobertura, o forro e fixar os paramentos e janelas. Seu tratamento inclui uma série de ferragens destinadas a permitir o desempenho de suas várias funções e é completado por uma forração destinada à sua proteção contra as águas pluviais (ver Figuras 10 e 11).

O conjunto de vigas superiores, cobertura, forro e forração formam uma caixa, com ventilação permanente, cuja função básica é a proteção contra as intempéries e a garantia de adequado conforto térmico nas salas subjacentes.

Esse conjunto é completado por uma série de tubos verticais que ligam o fundo do forro até uma altura conveniente acima da linha de cobertura, os quais, por meio de um efeito chaminé, vão auxiliar na manutenção de temperatura adequada nas salas.

A forração que se interpõe entre as vigas e a cobertura é composta por placas de madeira plana com a geometria adaptada à sua posição particular. É revestida, em sua parte superior, por uma lâmina fina de neoprene.

As peças metálicas para suporte da forração (ver Figura 12) são dispostas ao longo das vigas transversais a cada 90 cm.

Além de dar suporte à forração, têm a função de fixar com parafusos as peças de cobertura.

A cobertura é composta por peças de madeira laminadas e coladas com o mesmo procedimento usado para a confecção das vigas. O material de base epóxi usado em sua colagem é também aplicado em sua superfície aparente, de maneira a proteger contra as



Figuras 13 e 14
Peças de cobertura

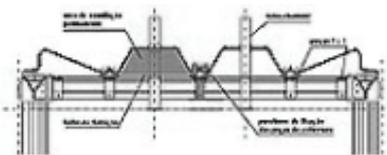


Figura 15
Posicionamento das peças de cobertura

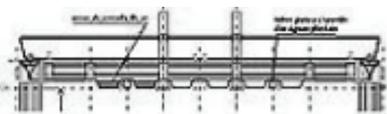


Figura 16 e 17
Detalhe do forro

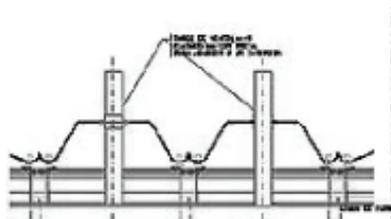


Figura 18
Exaustão do ar quente

intempéries. Foram traçados dois perfis diferentes para os elementos de cobertura (ver Figuras 13 e 14).

Aqueles usados na parte central têm seções simétricas, de modo a distribuir, igualmente, as águas pluviais. Aqueles usados nas extremidades têm seção assimétrica, de forma a dirigir as águas pluviais predominantemente para o centro da cobertura, protegendo, assim, o paramento externo subjacente.

As peças de cobertura vencem um vão livre de 450 cm por sua própria forma, apoiando-se nas vigas transversais, sendo a elas parafusadas. Seu perfil longitudinal é reto (ver Figura 15).

Ao longo das vigas transversais, esses elementos ficam, em sua maior parte, sobrelevados em relação ao nível da forração, permitindo a livre exaustão do ar quente acumulado sob a cobertura.

As águas pluviais são dirigidas às linhas de encontro longitudinal das peças de cobertura, sendo recolhidas pelas gárgulas e conduzidas para tubos coletores transversais a esse eixo longitudinal. Esses tubos são colocados abaixo do forro.

O forro das salas tem uma seção em forma de ziguezague (ver Figuras 16 e 17), sendo fixado às vigas longitudinais com ferragens apropriadas.

O perfil concede resistência a esses elementos e, ao mesmo tempo, permite acomodar, em seus recessos, os tubos de águas pluviais e o suporte de eventuais paramentos internos.

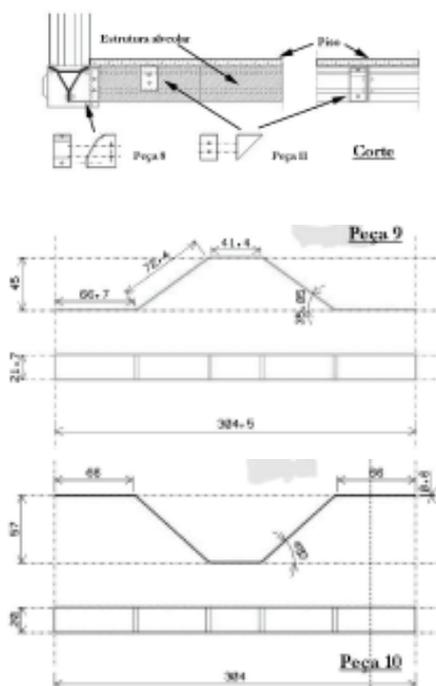
Outra razão para a escolha desse perfil é a criação de aberturas na parte alta do conjunto, facilitando a exaustão do ar quente acumulado na câmara formada pela cobertura e pelo forro.

Como foi dito anteriormente, esse sistema é completado com a instalação de tubos verticais que, saindo da linha inferior do forro, estendem-se acima da linha de cobertura.

Esses tubos, sendo pintados de preto, aquecem seu ar interno, provocando um efeito chaminé e auxiliando a exaustão do ar quente interno às salas (ver Figura 18).

A estrutura de suporte do piso foi especificada em madeira laminada, seguindo o conceito geral do projeto. Sua construção é baseada em dois módulos indicados nos desenhos como “peças 9 e 10”. Alternando de forma especular a posição de várias dessas peças e acoplando-as, geramos uma estrutura alveolar cuja resistência está baseada em sua solidariedade e no fato de estar parafusada em todo o perímetro às vigas horizontais por meio das ferragens “peça 8”. A solidariedade da estrutura alveolar ao piso é conseguida por meio da “peça 11” (ver Figuras 19, 20 e 21).

A “peça 10” é utilizada nas extremidades desse conjunto alveolar, com dimensões diferentes daquelas da “peça 9” devido à sua posição próxima às extremidades da estrutura. O piso, propriamente dito, foi pensado em grandes placas, com construção semelhante ao sistema comercial *wall*, e fixadas à estrutura alveolar pelas ferragens indicadas.



Figuras 19, 20 e 21
Suporte do piso

Consideramos que os paramentos devem ter grande flexibilidade para se adaptar às várias exigências do projeto. Todas as situações de completa ou parcial vedação, iluminação e ventilação devem ser contempladas. A rede dimensional adotada garante essa flexibilidade.

Adotamos o critério geral de emprego de peças móveis para efeito de ventilação, em áreas sempre acima do nível correspondente ao das portas. Abaixo desse nível, com exceção dos acessos, imaginamos usar painéis cegos ou de iluminação fixa.

Seguindo a premissa da produção seriada, procuramos a maior simplicidade construtiva possível. Evitando operações de ajuste típicas das obras tradicionais, limitamos as operações construtivas a tarefas de geometria e execução simples. Procuramos também a redução do número e simplificação das ferragens empregadas. Buscamos padronizar o movimento de rotação, comumente presente nos elementos móveis, adotando o sistema pivotante como norma. A qualidade de desempenho exigiu que esse movimento fosse executado a partir de boa solução mecânica.

Adotamos o rolamento SKF 51.100 como elemento base. Suas características (resistência de cerca de 500 kg de carga e suas dimensões pequenas, diâmetro de 25 mm e altura de 9 mm) pareceram ideais para uma primeira proposta de projeto. A complementação com duas peças de ferro fundido, uma para o berço e outra para o suporte da peça rodante, conforme pode ser observado nos desenhos de detalhe, é suficiente para prover o movimento desejado (ver Figura 22).

O uso de dois elementos como os descritos em pólos opostos completa a ferragem a um custo relativamente baixo e de fácil instalação.

Essa solução foi adotada seja para as portas, internas ou externas, seja para as janelas móveis, padronizando, assim, as ferragens de movimento.

Para os fechos das portas procuramos evitar o uso de maçanetas para não abrir recessos na folha, fazendo com que elas sejam fechadas ou abertas por simples pressão.

As janelas fixas e móveis também foram estudadas, visando simplificar e padronizar sua construção, mas aqui omitimos sua descrição, pois estamos elaborando o correspondente pedido de Registro de Patente.

Os paramentos fixos externos têm proposta de construção semelhante à dos painéis comerciais tipo *wall*. Em sua superfície externa pretendemos aplicar uma fina película de neoprene branco para garantir maior proteção contra as intempéries e fornecer o acabamento desejado.

Em suas superfícies internas pretendemos um acabamento com gesso cartonado. No espaço entre esses painéis externos (variável) pretendemos colocar material isolante, de acordo com as necessidades de conforto ambiental.

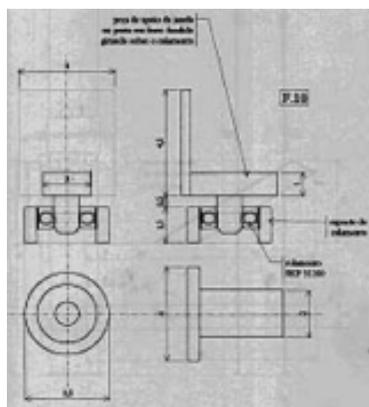


Figura 22
Sistema de rotação

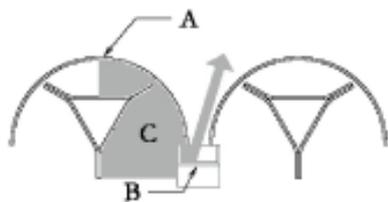


Figura 23
Condução de águas pluviais

d) Módulo de ligação (simples cobertura)

Consideramos a possibilidade de construção de módulos abertos, com função de ligação coberta entre os vários edifícios, para os quais empregamos os mesmos princípios construtivos dos conjuntos fechados.

Propusemos pilares e vigas como os anteriormente descritos, sendo completados por uma pequena abóbada em madeira laminada, na parte superior das vigas, com a função de receber e conduzir as águas pluviais (ver Figura 23).

A abóbada indicada por "A" é fixada por ferragem especial às vigas, deixando amplo espaço entre elas, permitindo a circulação do ar ali confinado de modo a evitar um aquecimento excessivo. Entre cada dupla de vigas existe uma calha metálica "B", responsável por recolher as águas pluviais e conduzi-las a uma das extremidades da viga de suporte. Essa calha tem inclinação de 2% e é alternada entre cada par de vigas, para não perturbar a horizontalidade do conjunto, e, ao mesmo tempo, dar-lhe ritmo visual.

A exaustão do ar quente, indicado por "C", é feito pela fresta existente entre a viga e a abóbada.

e) O partido do projeto

A primeira intenção foi demonstrar que apesar do grande número de módulos-base, iguais ou semelhantes, a solução final não seria, necessariamente, a repetição monótona, regular e ordenada desses elementos construtivos. As diferentes formas de organização, orientação, níveis de assentamento e variedade dos módulos-base resultam na criação de espaços ricos, diferentes e fluentes.

Outro objetivo foi obter modulações de caráter estético e dinâmico, contrapondo seqüências de volumes em direções diferentes e variando seus componentes. Em suma, a repetição dos manufaturados em momento algum significa ordenamento estático e monótono.

Considerando o terreno escolhido, suas curvas de nível e a orientação, traçamos três grandes eixos definindo os grupamentos principais: áreas de ensino, de encontros, de atividades esportivas e afins (ver Figura 24).

A organização modular é feita pela interseção de duas malhas com inclinação relativa de 30 graus. A função dessas malhas inclinadas entre si é auxiliar a composição geral do conjunto, permitindo criar mudanças de orientação dos espaços, contrapondo formas maciças e caminhos, e com isto permitir o surgimento intencional de uma modulação estética.

O primeiro eixo correspondente à área de ensino preserva sua privacidade reunindo as várias salas de aula, a sala dos professores e do coordenador, a biblioteca e os serviços que lhe são pertinentes. Sua organização foi pensada em torno de uma grande circulação, como se fosse um caminho de serviço, ligando os fundos das salas de

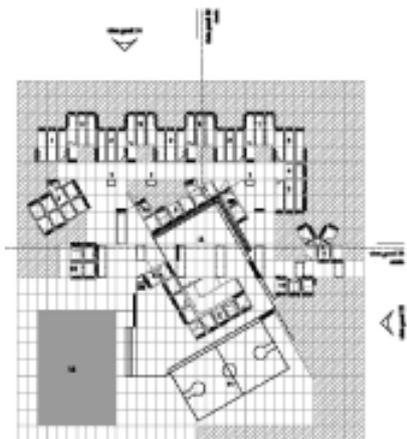


Figura 24
Um exemplo de aplicação

aula, cegas em sua maior parte, às outras áreas relacionadas ao ensino.

Essa grande circulação evita o desenho em “corredor”, ao dispor parte de suas construções em ângulo de 30 graus em relação às salas de aula. Essa disposição acaba gerando uma série de espaços diferentes entre si, articulando áreas verdes e áreas construídas, concedendo-lhe a fluidez desejada.

As salas de aula estão localizadas com orientação para a face nordeste, pois são espaços de longa permanência. Não há nenhum edifício que se interponha entre essa face das salas de aula e os limites do terreno, proporcionando-lhe a privacidade e o silêncio necessários.

Sua disposição em ziguezague evita que as aberturas para essa área privativa sejam contíguas. As entradas das salas de aula são aos pares e encontram-se em nível mais baixo que o corredor, gerando, com isso, um pequeno espaço privativo de acesso.

A sala de aula destinada às artes é voltada para o sudeste, de modo a obter iluminação mais difusa.

A biblioteca está locada em uma das extremidades do corredor de acesso e do próprio conjunto da escola, de forma a dar-lhe a privacidade e a concentração necessárias a seu desempenho.

Os professores e o coordenador têm suas salas locadas em uma posição central do conjunto, tendo o acesso facilitado a qualquer ponto da área de ensino.

Os sanitários gerais dos alunos encontram-se nessa área, por entendermos que aqui terão maior tempo de permanência. Completa-se o conjunto com pequenas construções destinadas a abrigar os bebedouros bem como um pequeno depósito para material de ensino.

O segundo eixo corresponde às atividades comuns e de encontro. Nessa área construímos, na posição central, um grande pátio, em parte coberto, no qual, além do encontro de recreação, podem ser desenvolvidas atividades de grupos. Essa área é também pensada como sendo o centro das eventuais atividades comunitárias. Sua construção limitada pelos edifícios inclinados a 30 graus é organizada como um contraponto intencional à área de entrada e à área coberta, ortogonais aos limites do terreno. Consideramos essa contraposição como um fator a ressaltar sua importância para o conjunto dos usuários, alunos, professores e comunidade.

As extremidades desse espaço são ocupadas, na entrada, pelo conjunto administrativo, e, no limite de fundo do terreno, pela cantina, por ser geradora de maior ruído.

Para o pátio se abre o edifício que abriga o grêmio dos alunos, e lateralmente os serviços médicos. Finalmente, o pátio dá acesso às áreas esportivas que compõem o terceiro eixo de atividades.

O terceiro eixo corresponde à área de jogos e outras atividades ao ar livre. Situado em posição oposta à área de ensino, procurando

preservar ali o baixo nível de ruído. O único conjunto construído que abriga essas atividades, vestiários, atendimento médico, e professor de educação física, completa o fechamento, a sudoeste, do pátio de recreação. Além de abrir-se para o pátio, essa construção se comunica diretamente com as quadras esportivas.

Esse setor é, assim, composto por pequena área construída, havendo grande predominância de áreas verdes e das áreas cimentadas dos campos de jogos.

A ordenação desses espaços e de suas diferentes atividades é reforçada pelo uso do recurso de variação dos níveis de piso e dos de cobertura. Consideramos o segundo eixo, desde a entrada até a cantina, como sendo o nível de piso de referência, pelo simples motivo de ser o plano de acesso ao conjunto. O pátio aí contido está 67,50 cm abaixo desse nível de referência, com a intenção de destacá-lo no conjunto por sua importância, além de aumentar o pé-direito sob a cobertura do galpão.

A área de ensino, em conjunto, está acima desse primeiro nível, com a intenção de atribuir-lhe importância e um certo isolamento necessário aos trabalhos de concentração e estudo.

Por outro lado, o nível do piso das salas de aula está 67.50 cm abaixo do nível desse conjunto, com o objetivo de maior privacidade e isolamento.

A área destinada às atividades esportivas foi locada em nível de piso inferior ao de referência, por ser uma atividade de grupo e exigir boa visibilidade de vários pontos para seu acompanhamento.

À diversidade de níveis de piso é contraposto o uso de apenas dois níveis de cobertura.

A razão está na intenção de proporcionar maior consistência ao conjunto ajudando sua identificação, visibilidade e orientação.

CONCLUSÃO

No presente texto procuramos tecer algumas considerações sobre a contribuição do desenho industrial à arquitetura e apresentamos as linhas gerais de uma proposta preliminar de aplicação dos princípios da produção seriada e modular a um edifício escolar.

O estudo dos conceitos da produção modular aplicados à arquitetura é urgente, e justifica-se, visto já serem assimilados e aplicados por vários e significativos setores produtivos.

As duas últimas décadas do século 20 presenciaram o início desse movimento global extremamente veloz e abrangente que, parece, significará uma alteração profunda na organização social e nas posturas e expectativas tecnológicas da maioria dos países do mundo nos próximos anos.

A idéia de industrialização, orientadora da grande parte das preocupações sociais e produtivas ao longo dos séculos 19 e 20, na

qual a principal fonte de desenvolvimento estava ligada à economia de energia e sua descentralização, começou a ceder espaço, de forma irreversível, a essa nova força revolucionária representada pela tecnologia da informação em escala global, na qual a principal fonte está na geração de conhecimentos e no processamento da informação.

Essa velocidade e disponibilidade de informação reformulam os meios produtivos e reorganizam as relações sociais, sendo o processo de globalização da economia sua face mais divulgada e aparente.

É diante dessa perspectiva que julgamos pertinente o presente estudo.

BIBLIOGRAFIA

BEMIS, Albert Farwell; BURCHARD, John. *The evolving house*. Cambridge, Mass.: The Technology Press. Massachusetts Institute of Technology, 1933.

CAPORIONI, Garlatti, Tenca-Montini. *La coordinación modular*. Barcelona: Instituto Universitario de Arquitectura de Venecia, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1971.

FRINA, Ian Nicolson. *Cold moulded and strip-planked wood boatbuilding*. Londres: Adlard Coles Nautical, 1983.

US CENSUS BUREAU, 1993. <http://www.census.gov/prod/www/abs/cbptotal.html>, 2003.

VENTURA, Alessandro. *Produção modular: seu reflexo na arquitetura*. Rio de Janeiro, 2001. *Revista Estudos em Design*, v. 11, n. 1, 2001.

Agradecimentos

As pesquisas relatadas neste artigo foram financiadas pela Fapesp (Projetos n. 00/14350-3 e 03/06276-6), pelo CNPq (Projetos n. 520.697/00-6 e 551.963/2002-6) e pela Pró-Reitoria de Pesquisa da USP pelo Projeto 1.

Alessandro Ventura

Professor associado do Departamento de Projeto/Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

e-mail: aventura@usp.br